



USO DA ÁGUA EM SIPA

Roberto Giolo de Almeida¹, Mariana Pereira Barsotti², Rodrigo da Costa Gomes³, Alexandre Romeiro de Araujo³, Manuel Claudio Motta Macedo³, Julio Cesar Pascale Palhares⁴

¹ Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, autor por correspondência: roberto.giolo@embrapa.br

² Pesquisadora do AgResearch, Christchurch, Nova Zelândia.

³ Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

⁴ Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.

Resumo: Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), também chamados de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), têm sido estimulados e adotados no Brasil, com maior intensidade, a partir de 2010, com o Plano ABC e, a partir de 2021, com o Plano ABC+, com foco na descarbonização da agropecuária. Estes sistemas são caracterizados pela maior eficiência no uso dos recursos e fatores de produção e pela sinergia entre os componentes, com importantes resultados gerados em todos os biomas brasileiros, sobre diversos modelos de integração, principalmente, relacionados à produtividade dos diferentes componentes do sistema, ao carbono, ao bem estar animal, a variáveis microclimáticas e a variáveis socioeconômicas, com pouca informação sobre o uso da água. Neste contexto, este trabalho apresenta resultados de pesquisas realizadas no Brasil, sobre o uso da água em sistemas de produção de gado de corte e leite, em especial, em sistemas de integração.

Palavras-chave: Bovinocultura de corte e leite; Conservação do solo e da água; Eficiência de uso da água; Pegada hídrica.

Eficiência de uso da água na produção de gado de corte

Glatzle et al. (2024) monitoraram a dinâmica da umidade do solo em sistemas de pastagem extensiva (*B. decumbens*), integração lavoura-pecuária (ILP: rotação de 1 ano com soja em plantio direto seguido de 3 anos com pecuária, *B. brizantha* cv. BRS Piatã com adubação anual) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF: idem ILP com eucalipto em arranjo de 22 x 2 m) e no Cerrado, para comparação, em 100 cm de profundidade do solo. As curvas de retenção de água apresentaram maior teor de umidade do solo, nos mesmos valores de potencial hídrico do solo (pF), nos sistemas ILP e ILPF em comparação à pastagem extensiva, indicando o potencial dos sistemas de integração em melhorar a qualidade física do solo, a infiltração de água e a umidade do solo. A umidade média do solo foi maior em ILP, seguido pela pastagem extensiva e menor em sistemas com árvores (ILPF e Cerrado). No entanto, análises sazonais e espaciais revelaram diferenças pronunciadas entre camadas do solo e sistemas. A pastagem extensiva e o ILP perderam água principalmente das camadas superiores do solo, enquanto no ILPF, a maior depleção de água foi observada entre 40 e 100 cm de profundidade, e o Cerrado foi mais seco nos 40 cm superiores, mas o armazenamento de água foi maior abaixo de 60 cm de profundidade. Os autores sugerem que, em comparação com as práticas convencionais de uso da terra, os sistemas de integração, incluindo árvores, aumentam a reciclagem de água para a atmosfera via evapotranspiração e potencialmente compensam a perda de funções ecológicas essenciais do Cerrado.

Com o intuito de intensificação da agropecuária no bioma Cerrado, na região do bolsão sul-mato-grossense, com marcantes veranicos e solos arenosos, foi desenvolvido o Sistema São Mateus (SALTON et al., 2013). Esse sistema de ILP se inicia com a recuperação química do solo, seguida da implantação da pastagem, para melhorar as condições físicas do solo e permitir, com menos riscos de frustrações de safra, a implantação da cultura da soja, seguindo em rotação com a pecuária. Este sistema



se mostrou uma importante estratégia de adaptação frente às condições desafiadoras da região e, também, de resiliência quando comparado ao sistema tradicional da região, de pastagens extensivas, além de permitir a diversificação com a entrada da soja.

Silveira et al. (2023) avaliaram a produção de gado de corte em região de solos arenosos e com restrição hídrica do bioma Cerrado. Os estudos foram realizados em duas safras, 2019-2020 e 2020-2021, sendo que no segundo ano a precipitação foi menor do que a média histórica. Foram avaliados dois sistemas de produção: pastagem extensiva e pastagem renovada com ILP. Os resultados de produtividade forrageira e cobertura do solo, de produtividade animal, de intensidade de emissão de carbono da carne e de estoque de carbono no solo foram favoráveis para o sistema ILP nas duas safras, entretanto, em termos relativos, foram maiores no ano com maior déficit hídrico, indicando a maior resiliência do sistema de integração em relação à pastagem extensiva, de acordo com Salton et al. (2013), Barsotti et al. (2022) e Glatze et al. (2024).

Perdas de solo na produção de gado de corte

Sone et al. (2019) avaliaram o efeito da chuva simulada em diferentes sistemas de produção: ILP [rotação de 1 ano com soja em semeadura direta e 3 anos com pecuária (*B. brizantha* cv. BRS Piatã), com avaliação na fase de pecuária; rotação de 4 anos com soja sobre *Brachiaria* spp. + *Cajanus cajan* cv. BRS Mandarin e 4 anos com pecuária (*P. maximum* cv. Massai), com avaliação nas fases de lavoura e de pecuária], de ILPF (avaliação nas fases de lavoura e de pecuária), em sistemas monoespecíficos de lavoura (soja em semeadura direta sobre *Brachiaria* spp., com ou sem subsolagem a cada 4 anos) e de pastagens (*Brachiaria decumbens*, pastejo contínuo com taxa de lotação variável e com adubação), além do Cerrado, para comparação. A ILP possibilitou manter a produtividade, aumentar a taxa de infiltração de água no solo em 60% e reduzir a perda de solo em 50%, em relação ao Cerrado. A ILPF na fase de lavoura apresentou valores de taxa de infiltração de água no solo e de perda de solo semelhantes aos do Cerrado. De modo geral, os sistemas de ILP e de ILPF que estavam saindo da fase de pecuária e entrando na fase de lavoura apresentaram menor impacto no solo.

Na mesma área de estudo, com amostragens realizadas após a colheita da soja, Almeida et al. (2023) avaliaram a quantidade de raízes até 40 cm de profundidade nesses diferentes sistemas de produção, e observaram que nas áreas de pastagens bem manejadas, com adubação de manutenção e ajustes na taxa de lotação em função da disponibilidade forrageira, sejam elas em sistemas contínuos ou em ILP/ILPF (na fase pastagem), a quantidade de raízes foi superior quando comparadas a sistemas de lavouras contínuas, ILP/ILPF (fase lavoura) e pastagens degradadas.

Em outro estudo, Sone et al. (2020) avaliaram o efeito da chuva simulada em pastagens de *Panicum maximum* cv. Mombaça submetidas à adubação nitrogenada com 100, 200 e 300 kg/ha de N, e no Cerrado, para comparação. As pastagens foram manejadas com altura de pastejo de entrada e de saída, de 80-90 cm e de 40-50 cm, respectivamente, durante quatro anos. As taxas de lotação observadas foram de 3, 4 e 5 UA/ha, respectivamente, sendo que o sistema com maior adubação e taxa de lotação apresentou maior taxa de infiltração de água e menor perda de solo, semelhante à área de Cerrado. Os autores concluíram que a intensificação do uso de pastagens de *P. maximum* é possível para maior produção de carne e com menores impactos no solo desde que associada à adubação de manutenção e ao manejo do pastejo adequados, para promover maior cobertura do solo pela forrageira.



Pegada hídrica da carne

Um conjunto de três estudos de campo e de ciclo de vida (ACV) foi elaborado para avaliar os fatores determinantes dos fluxos de água relacionados à produção de gado de corte em sistemas de ILP e ILPF, comparados à pastagem extensiva, e estimou os impactos resultantes na pegada hídrica e de escassez no Cerrado brasileiro.

Com sensores de mastigação, câmeras em bebedouros e medições de ingestão e desempenho animal, Barsotti et al. (2024) verificaram que o ILPF melhora o ambiente térmico (menor exposição às horas mais quentes), alonga eventos de pastejo e eleva a taxa de ingestão forrageira. Como consequência, a conversão alimentar e a produtividade da água (kg de ganho por unidade de água) foram maiores em ILP e ILPF em comparação à pastagem extensiva. Os principais determinantes da eficiência e, portanto, da produtividade hídrica, foram o ambiente térmico e a estrutura do dossel forrageiro, com menor proporção de material morto e colmos no ILPF, o que modulou o comportamento ingestivo e o desempenho dos animais.

Na mesma área experimental, Barsotti et al. (2022) quantificaram os fluxos e o consumo de água doce, considerando a evapotranspiração de forragem e de árvores de eucalipto, a ingestão de água via bebedouro e via forragem, além do metabolismo e das perdas evaporativas dos animais, com foco em suas variações sazonais. Os resultados mostraram que, na estação chuvosa, o consumo associado à produção de forragem e aos animais foi maior na pastagem extensiva. Já na estação seca, o ILPF apresentou maior consumo relativo de água, indicando menor resiliência hídrica devido ao baixo crescimento de forragem, o que comprometeu a produção animal nesse período. Contudo, destacou-se que, embora árvores individuais tenham elevada demanda de água, a baixa densidade florestal no sistema ILPF limitou o aumento proporcional do consumo total. Além disso, os efeitos positivos da arborização, como sombreamento e moderação microclimática, contrabalançaram essa demanda, resultando em indicadores de consumo de água ainda mais favoráveis do que na pastagem extensiva. Na avaliação ACV “berço-fazenda”, a pegada hídrica total foi menor no ILP (18.332 L/kg carcaça), seguida do ILPF (31.024 L/kg carcaça), e maior na pastagem extensiva (60.023 L/kg carcaça). A pegada de escassez hídrica também foi reduzida nos sistemas de integração: ILP = 1.526 Leq/kg carcaça, ILPF = 1.846 Leq/kg carcaça, e pastagem extensiva = 2.446 Leq/kg carcaça. O indicador de escassez associada à água verde foi especialmente baixo no ILP (182–328 Leq/kg carcaça), sugerindo maior resiliência desse arranjo frente às limitações regionais de chuva. Em síntese, os sistemas de integração podem reduzir a pegada hídrica em até ~69% em relação à pastagem extensiva. No ILPF, eventuais limitações de produtividade devido à competição hídrica das árvores tendem a ser parcialmente compensadas pelos ganhos com a presença das árvores, reduzindo os indicadores por unidade de produto. Quando analisados por tipo de água: água verde (chuva infiltrada e incorporada nas pastagens) foi a fração dominante em todos os sistemas (99%); e água azul (dessedentação animal e insumos externos) teve baixa participação relativa, mas relevância local, especialmente em períodos secos.

Um ponto relevante apontado por Barsotti et al. (2025) é que os benefícios não dependeram de os animais permanecerem 100% do ciclo de vida em sistemas de integração. Mesmo com a fase de cria sendo realizada em pastagens extensivas, a recria e a terminação em ILP ou ILPF foram suficientes para diluir a pegada hídrica relativa, mostrando que a adoção parcial de sistemas de integração contribui significativamente para reduzir a demanda hídrica da carne bovina no bioma Cerrado.



Eficiência hídrica em gado de corte

Além da abordagem de sistemas de produção, outros aspectos vêm sendo investigados com intuito de contribuir para a redução da dependência hídrica da pecuária, em nível de indivíduo. Pereira et al. (2021) investigaram parâmetros genéticos para ingestão hídrica e medidas de eficiência calculadas relacionando a ingestão de água e o ganho de peso de bovinos em crescimento. Os autores relataram que a razão entre ingestão hídrica e ganho de peso, chamada de eficiência hídrica (EH), assim como a medida denominada consumo hídrico residual (CHR), possuem potencial de resposta à seleção genética e que em bovinos tais características permitiram identificar animais com menor ingestão hídrica, sem prejudicar seu desempenho de crescimento. Tais aspectos abrem a perspectiva da implementação de estratégias de melhoramento genético de bovinos para melhor eficiência no uso da água de dessedentação, contribuindo para uma menor dependência hídrica dos rebanhos de bovinos de corte. Mais recentemente, Souza (2025) demonstrou consistência da eficiência hídrica medida em diferentes fases do crescimento e sistema de produção. Bovinos Nelore identificados com melhor eficiência hídrica na fase de recria a pasto, também foram os mais eficientes na fase de terminação em confinamento. Tal fato, permite inferir que a melhoria da eficiência hídrica dos rebanhos de bovinos de corte pode ser obtida ao longo de diferentes fases do sistema produtivo.

Outros desafios e perspectivas para melhoria da eficiência hídrica em gado de corte, incluindo o uso de sistemas de integração, podem ser encontrados na revisão de Palhares et al. (2023).

Pegada hídrica do leite

Estudo de Palhares et al. (2025), com o objetivo de avaliar como boas práticas de produção e os impactos das mudanças climáticas influenciam a pegada hídrica do leite, foi desenvolvido em 67 propriedades localizadas em Lajeado Tacongava, na região Nordeste do Rio Grande do Sul. Do total, 57 delas são baseadas em pastagem; sete são semi-confinadas e três, confinadas. O estudo calculou a pegada hídrica do leite, seguindo as diretrizes do Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. Analisou-se as pegadas das fazendas referente ao uso direto de água na propriedade e uso indireto para produção dos alimentos. A estimativa de água verde considerou a água consumida na produção dos componentes da dieta animal, incluindo a evapotranspiração das culturas forrageiras e o teor de água no alimento. A azul contabilizou a água consumida de fontes superficiais e/ou subterrâneas, incluindo os consumos de todas as categorias animais, a lavagem da sala de ordenha e o resfriamento das instalações. O cálculo da água cinza foi realizado com base na quantidade total de água necessária para assimilar o nitrato (NO_3) que escoar para a água superficial quando o efluente da sala de ordenha é usado como fertilizante. Um total de 192 combinações entre boas práticas e cenários climáticos foram feitas para cada fazenda. A pegada hídrica média foi de 704 L de água por quilo de leite corrigido para o teor de proteína e gordura, com valores máximos de 1.058 L de água e mínimos de 299 L de água por quilo de leite corrigido. Para todos os sistemas produtivos, as combinações com as menores pegadas hídricas foram caracterizadas por alguns fatores principais. Para a água verde, aumento de 25% nas produtividades de milho e soja. No caso da água azul, redução no consumo de água de lavagem da sala de ordenha, aumento de um litro de leite por vaca ao dia, e/ou redução de um quilo na ingestão de matéria seca por vaca ao dia. Para a água cinza, tratamento do efluente da sala de ordenha. Os cenários de aquecimento global de 1,5 a 2,5 °C aumentam a pegada hídrica azul em 1% a 2%. O aumento dos rendimentos das culturas agrícolas, como milho e soja, seria a ação mitigadora de curto prazo para melhorar a eficiência hídrica na produção de leite. O impacto do aquecimento global ocorre para o consumo de água verde e da azul. Temperaturas



mais elevadas (1,5 °C ou 2,5 °C) levarão ao aumento do consumo de água pelos animais. Além disso, resultarão em menores rendimentos de milho, aumentando a pegada hídrica verde.

Sistemas de ILP podem contribuir para o aumento da produtividade de leite, durante a fase pecuária, bem como, na produção de alimentos para o gado, durante a fase de lavoura, para produção de forragem, conservada ou não (milho, sorgo, cana e capim), ou para concentrados (soja) e, com isso, diminuir o consumo de água verde. Já os sistemas de ILPF contribuem na melhoria das condições microclimáticas e de conforto térmico dos animais, que podem diminuir o consumo de água azul, em especial para dessedentação (BARSOTTI et al., 2022; 2024), além de favorecer o desempenho produtivo e reprodutivo do gado leiteiro (FERREIRA et al., 2021; MARTINS et al., 2021). Assim como para gado de corte, os sistemas de integração podem contribuir para melhorar a eficiência de uso da água e diminuir a pegada hídrica do leite.

Conclusões

A maior parte dos estudos disponíveis abordaram sistemas de produção de gado de corte no bioma Cerrado, envolvendo pastagem extensiva e sistemas de ILP e ILPF. Os sistemas de integração foram mais eficientes no uso da água e produziram carne com menor pegada hídrica; também, apresentaram menor comprometimento das funções do solo em relação à pastagem extensiva, sendo, em algumas situações, semelhantes à condição do Cerrado, e tendo como consequência, uma maior resiliência desses sistemas. Também foram abordados estudos em melhoramento genético que indicam o potencial de seleção para eficiência hídrica em bovinos de corte. Um estudo envolvendo a pegada hídrica do leite, indicou que sistemas mais eficientes na produção de alimentos como milho e soja contribuem na mitigação do consumo de água verde, a mais consumida, e que o impacto do aquecimento global concorre para o aumento no consumo de água verde e azul, entretanto, sistemas de integração podem contribuir para aumentar a resiliência da produção de leite.

Referências

- ALMEIDA, E. M.; ARAÚJO, A. R.; DIFANTE, G. S.; MACEDO, M. C. M.; MONTAGNER, D. B.; GURGEL, A. L. C.; ZIMMER, A. H.; FERREIRA, A. D. Do different soil use and management systems change root weight? **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 67, n. 4, p. 479-497, 2023.
- BARSOTTI, M. P.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; GOMES, R. C.; PALHARES, J. C. P.; MAZZETTO, A.; DICKHOEFER, U. A pathway for decreasing the water footprint from grazing based beef production systems in the Tropics. **Agricultural Systems**, v. 222, 104192, 2025.
- BARSOTTI, M. P.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; LAURA, V. A.; ALVES, F. V.; WERNER, J.; DICKHOEFER, U. Assessing the freshwater fluxes related to beef cattle production: a comparison of integrated crop-livestock systems and a conventional grazing system. **Agricultural Water Management**, v. 269, 107665, 2022.
- BARSOTTI, M. P.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; ZAWADA, P.; WERNER, J.; DICKHOEFER, U. Behavioural responses of beef cattle to different grazing systems and the influence of these responses on water productivity of livestock in a tropical savannah. **Animal**, v. 18, n. 4, 101117, 2024.
- FERREIRA, I. C.; FONSECA NETO, A. M.; MULLER, A. G.; MARTINS, C. F.; SILVA, F. A. M.; BRAGA, G. J.; MALAQUIAS, J. V.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; BALBINO, L. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Produção de leite em sistema de integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no bioma Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 26 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 375).



GLATZLE, S.; ALMEIDA, R. G.; BARSOTTI, M. P.; BUNGENSTAB, D. J.; GIESE, M.; MACEDO, M. C. M.; STUERZ, S.; ASCH, F. Integrated land-use systems contribute to restoring water cycles in the Brazilian Cerrado biome. **Land**, v. 13, 221, 2024.

MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R.; FONTANA, A. Teores e estoques de carbono no solo em sistemas integrados de produção agropecuários: 14 anos no bioma Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 4, 2025, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba, PR: Aliança SIPA, 2025. 5 p.

MARTINS, C. F.; FONSECA NETO, A. M.; CUMPA, H. C. B.; DODE, M. A. N.; LEME, L.; FRANCO, M. M.; MACMANNUS-PIMENTEL, C. M.; MALAQUIAS, J. V.; FERREIRA, I. C. Natural shade from integrated crop-livestock-forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. **Livestock Science**, v. 244, 104341, 2021.

PALHARES, J. C. P.; BUNGENSTAB, D. J.; MENEZES, G. R. O.; MALAFAIA, G. C.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R. **Produção de bovinos de corte e soluções tecnológicas para eficiência do uso da água**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2023. 35 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 310).

PALHARES, J. C. P.; SOUZA, D. P.; CARRA, S. H. Z.; DRASTIG, K. How do production practices and climate change impact the water footprint of dairy farms? **Science of The Total Environment**, v. 998, 180243, 2025.

PEREIRA, G. M.; EGITO, A. A.; GOMES, R. C.; RIBAS, M. M.; TORRES JUNIOR, R. A. A.; FERNANDES JUNIOR, J. A.; MENEZES, G. R. O. Water requirements of beef production can be reduced by genetic selection. **Animal**, v. 15, n. 3, 100142, 2021.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São Mateus**: sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 186).

SILVEIRA, M. C. T.; SANTOS, F. C.; ALMEIDA, R. G.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VIANA, J. H. M.; VILELA, L.; PEREIRA, M. A.; FEIJÓ, G. L. D.; MACEDO, M. C. M.; ALVES, F. V.; PAIVA, C. A. O.; MENDES, I. C.; SIMEAO, R. M.; FIGUEIREDO, A. B. A.; FREITAS, A. C. R.; BARBOSA, T. A. **Produção de carne com baixa emissão de carbono em pastagens tropicais**: resultados de validação das diretrizes técnicas em fazenda comercial. Bagé, RS: Embrapa Pecuária Sul, 2023. 44 p. (Embrapa Pecuária Sul. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 54).

SONE, J. S.; OLIVEIRA, P. T. S.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; ARAUJO, A. R.; ZAMBONI, P. A. P.; VIEIRA, N. O. M.; CARVALHO, G. A.; ALVES SOBRINHO, T. Effects of nitrogen fertilisation and stocking rates on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado farm. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 304, 107159, 2020.

SONE, J. S.; OLIVEIRA, P. T. S.; ZAMBONI, P. A. P.; VIEIRA, N. O. M.; CARVALHO, G. A.; MACEDO, M. C. M.; ARAUJO, A. R.; MONTAGNER, D. B.; ALVES SOBRINHO, T. Effects of long-term crop-livestock-forestry systems on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado site. **Sustainability**, v. 11, 5339, 2019.

SOUZA, A. C. D. V. **Eficiência do uso de água e de alimentos por bovinos Nelore a pasto e em confinamento**. 2025. 44f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2025.