

Capítulo 3

Produtividade agrícola das culturas no sistema de integração lavoura-pecuária

Emerson Borghi
Ramon Costa Alvarenga
Miguel Marques Gontijo Neto
Álvaro Vilela de Resende
Juliano Carlos Calonego
Márcia Cristina Teixeira da Silveira
Décio Karam
Rosângela Maria Simeão



Foto: Ramon Costa Alvarenga

Introdução

Em regiões onde períodos de restrição hídrica, mesmo no verão, são constantes e variam em intensidade, o uso dos recursos naturais disponíveis para potencializar a produção agrícola mostra-se um desafio constante. Ao longo dos anos, as possibilidades de cultivos que visam melhorar a conservação do solo e da água mostram-se importantes e imprescindíveis, ainda mais se levando em consideração o tempo em que estes sistemas de cultivo são explorados na propriedade rural.

A demanda mundial por alimentos deve estar em consonância com a possibilidade de otimização de uso da área agrícola sem a necessidade de abertura de novas áreas. Nesse sentido, a integração lavoura-pecuária (ILP) e o sistema de plantio direto (SPD), utilizando práticas culturais como a consorciação de espécies e a manutenção da rotação de culturas para incremento de palhada, são alternativas que potencializam a produtividade das espécies cultivadas na mesma área cultivada durante o ano agrícola, quando comparados aos modelos tradicionais e individualizados (Alvarenga et al., 2018).

Gontijo Neto et al. (2018a) mencionam que sistemas de produção atuais devem se embasar na intensificação sustentável, na utilização dos recursos disponíveis, compreendendo o uso de ativos naturais, sociais e capital humano combinados com o uso das melhores tecnologias e insumos disponíveis, que busquem minimizar ou reduzir ao máximo os danos ambientais. Além disso, Borghi et al. (2020) complementam que o uso de sistemas que permitem a intensificação sustentável no uso do solo é importante para melhoria dos índices de produtividades agropecuários e atendimento à demanda mundial por alimentos, fibras e bioenergia. Neste sentido, os autores concluíram que a construção e a manutenção da fertilidade dos solos agricultáveis, principalmente nas áreas com solos de baixa fertilidade natural, permitem exploração dos recursos naturais de forma sustentável e podem potencializar a produtividade agrícola e pecuária.

Implantação do sistema de integração lavoura-pecuária

Desde sua implantação, o sistema ILP abordado neste capítulo adota como princípio estratégias de cultivo que preconizam os preceitos do manejo conservacionista, como o SPD, utilizando-se da rotação de culturas entre as

glebas, além da consorciação das culturas agrícolas, em especial milho e sorgo forrageiro, com gramíneas forrageiras, permitindo a produção de grãos e silagem e, adicionalmente, pastagem para pastejo rotativo. Estas práticas culturais, adotadas ao longo dos 15 anos de implantação do sistema ILP, mostram-se eficientes para a região Central de Minas Gerais, onde o clima da região é classificado, segundo Köppen (1948), do tipo *Cwa* (com inverno seco e verão quente), com temperatura média anual de 21,8 °C e precipitação média anual de 1.345 mm, com períodos de restrição hídrica frequentes e aproximadamente cinco meses do ano sem registros de precipitação pluviométrica significativa.

Estratégias de implantação e avaliação das culturas

Priorizou-se o cultivo consorciado de culturas agrícolas com espécies forrageiras, pela oportunidade de produção de silagem associada à implantação de pastagens para utilização pelo gado no período de inverno. Ao longo dos anos, essa estratégia tem se mostrado muito eficiente para a região, em face das características climáticas que impedem cultivos em safrinha ou a semeadura de capins em pós-colheita das culturas. Nos últimos anos, conforme descrito no tópico anterior, no caso do milho, é efetuado o consórcio simultâneo com cultivares do gênero *Urochloa*, e no sorgo forrageiro o consórcio simultâneo ocorre com cultivares do gênero *Megathyrsus* (Figura 3.1). As forrageiras foram escolhidas em razão do potencial de produção de biomassa e de convivência no consórcio, sem ocorrer competição com as culturas do milho ou sorgo forrageiro. A semeadura simultânea ocorre com semeadora-adubadora com acoplamento de caixa adicional para sementes das forrageiras específicas para esta finalidade.

A partir da correção no esquema de rotação de culturas ocorrido no ano agrícola 2007/2008, a soja é semeada em sistema de plantio direto, após dessecação da rebrota do capim *Megathyrsus* proveniente do período de pastejo rotacionado, também utilizando semeadora-adubadora específica para este sistema de cultivo (Figura 3.2). A única exceção no esquema de rotação ocorreu na safra 2015/2016, na qual foi registrado um veranico no mês de novembro, que resultou em perda de estande inicial de plantas, fazendo com que a soja fosse substituída pelo feijoeiro de inverno.

Fotos: Emerson Borghi



Figura 3.1. Imagens de (A) sorgo forrageiro consorciado com *Megathyrsus maximum* 'Mombaça' e (B) milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*.

Fotos: Emerson Borghi



Figura 3.2. Cultura da soja semeada sobre a palhada de *Megathyrsus maximum* 'Mombaça': (A) cultivares semeadas na safra 2018/2019 e (B) cobertura do solo no estágio V4 da soja com palha proporcionada pela forrageira.

As adubações de semeadura e de cobertura (esta última para as culturas do milho e do sorgo forrageiro) foram dimensionadas conforme os resultados de análise de solo e as recomendações regionais. As práticas agrícolas de controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram sempre realizadas seguindo o conceito de boas práticas agrícolas para cada cultura em específico. Todas as operações foram mecanizadas, simulando as condições de uma propriedade rural.

Até o ano agrícola 2011/2012, o milho era colhido exclusivamente para produção de grãos. Assim, após a colheita mecanizada com colhedora automotriz, o capim remanescente era beneficiado com o final do período chuvoso para se estabelecer e ser utilizado pelos animais no período de maio-setembro (Figura 3.3). A partir de 2012/2013, o milho foi direcionado exclusivamente para produção de silagem e ceifado juntamente com o capim, sendo utilizado pelos animais no período de confinamento. Dentro da gleba semeada com milho, pequenas parcelas amostrais são distribuídas aleatoriamente para avaliação da produtividade de grãos, permitindo estimar a produtividade potencial de grãos do milho, por meio de simulação, mesmo não tendo mais a finalidade de produção de grãos.



Foto: Emerson Borghii

Figura 3.3. Detalhe da massa de forragem após a colheita do milho destinado à produção de grãos.

Toda a silagem, tanto de sorgo forrageiro e capim quanto de milho e capim, é colhida com colhedora de forragem automotriz, adotando-se, para cada cultura em específico, as épocas ideais de colheita preconizadas pela literatura.

A depender das condições climáticas do ano agrícola, na gleba onde é semeada a soja, há rebrota do capim em razão do final do período chuvoso. Nesta situação, esta área também é utilizada no pastejo rotacionado durante o período da seca (março a agosto) auxiliando, assim, a atividade pecuária, com a possibilidade de ganho de peso a pasto com os animais recebendo apenas suplementação mineral. Em todos os anos agrícolas, no período das águas (outubro a março), os animais permanecem em pastejo rotacionado na gleba com pastagem, onde foi semeado sorgo forrageiro e *Megathyrus* no ano agrícola anterior (Figura 3.4).

Após o período de pastejo, toda a estrutura de cerca elétrica dos piquetes é desmontada, e, no mês de outubro, a pastagem remanescente e as áreas que receberão os cultivos de milho e de sorgo forrageiro são dessecadas para a semeadura das culturas em sistema de plantio direto, iniciando um novo ciclo de rotação.

As cultivares de soja, milho e sorgo forrageiro são escolhidas em razão da adaptabilidade do material à região, do desempenho produtivo e do potencial de utilização. Normalmente, informações são obtidas com as empresas de sementes presentes na região Central de Minas Gerais.



Figura 3.4. Animais em pastejo em piquete de *Megathyrus maximum* 'Mombaça' semeado no ano anterior (safra 2019/2020).

Antecedendo a colheita, em cada gleba, são realizadas amostragens para coleta de dados agronômicos e de produtividade das espécies. Por meio do caminhamento na área, de forma aleatória, cada amostragem compõe uma repetição, e o conjunto destas repetições compõe a produtividade média da cultura. Considerando que cada gleba apresenta uma área de 5,5 ha, é possível estimar, além da produtividade por hectare, o volume total produzido por cada componente do sistema rotacionado. Os dados de produtividades de grãos de soja e de milho foram convertidos a 13% de umidade (base úmida).

Considerando os 15 anos de implantação do sistema ILP, na Tabela 3.1 constam o número de cultivos e a ocupação das glebas por cada componente da rotação, considerando a alteração no esquema de rotação ocorrido na safra 2007/2008.

Tabela 3.1. Número de cultivos de soja, milho e capim, sorgo forrageiro e capim, e pastagem oriundos do cultivo consorciado do ano anterior, em cada uma das glebas, desde a sua implantação (ano agrícola 2005/2006).

Cultura	Número de cultivos			
	Gleba 1	Gleba 2	Gleba 3	Gleba 4
Soja	4	4	4	3
Milho e capim	3	4	4	4
Sorgo forrageiro e capim	4	3	4	5
Pastagem	4	4	3	3

Produtividade das culturas

Na Tabela 3.2, constam os dados de produtividades médias de grãos e de silagem, produção de cada cultura considerando a área de cada gleba (5,5 ha), assim como a indicação de ocorrência e a intensidade de veranicos em cada ano agrícola durante os 15 anos de condução da ILP.

Observa-se que, nos 15 anos de implantação do sistema de rotação de culturas, somente em dois anos agrícolas (2006/2007 e 2019/2020) não houve a ocorrência de veranico. Nos demais anos, a presença deste fenômeno ocorreu em diferentes proporções, porém sempre com grande impacto na produtividade das culturas. De acordo com a Tabela 3.2, foram três anos agrícolas com veranicos considerados leves (2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010), um ano agrícola com ocorrência de veranico moderado (2010/2011) e nos demais anos agrícolas o veranico foi severo (2011/2012, 2014/2015, 2016/2017, 2017/2018 e

2018/2019), e em três anos agrícolas (2012/2013, 2013/2014 e 2015/2016) a ocorrência de dois períodos de veranico (novembro e janeiro) impactou de forma significativa a produtividade das culturas da soja e do milho. Independentemente da espécie, as semeaduras ocorrem preferencialmente no mês de novembro. Assim, o período de maior demanda por água, que ocorre por ocasião do florescimento das culturas, ocorre sempre no mês de janeiro ou início de fevereiro.

No ano agrícola 2008/2009, a soja foi semeada após rebrota de capim mombaça pastejado entre maio e agosto de 2008. Nesta condição, a quantidade de massa residual pós-pastejo foi suficiente para formação de cobertura do solo que, ao ser dessecada para a semeadura da soja em novembro de 2008, possibilitou produtividade acima da média, mesmo com a ocorrência de veranico. Com essa estratégia de rotação, a soja apresentou produtividades acima da média no período nos demais anos, com exceção dos três anos agrícolas em que houve dois períodos de veranico. O veranico no mês de novembro dos três anos agrícolas, embora menos intenso que o registrado nos meses de janeiro de cada ano agrícola, foi preponderante para a menor produtividade de soja no período (850 kg ha⁻¹ no ano agrícola 2012/2013), além da ausência de produtividade (perda de área) nos anos agrícolas 2013/2014 e 2015/2016.

A partir do ano agrícola 2016/2017, as produtividades de soja foram superiores à média geral do período de condução do sistema ILP (2.560 kg ha⁻¹), mesmo com a ocorrência de veranicos severos. Ressalta-se a produtividade obtida no ano 2018/2019 (4.110 kg ha⁻¹), a maior registrada, mesmo na presença de um período de veranico de 31 dias, que se iniciou em 4/1/2019 e finalizou em 5/2/2019, justamente no estágio de florescimento pleno da soja. Tal fato demonstra a assertividade na escolha do esquema de rotação de culturas. Após o quarto cultivo de soja na gleba 3, a estabilidade do sistema plantio direto, com aporte constante de palha na superfície proveniente da rebrota do capim pós-pastejo, proporcionou condições para a soja suportar o período de restrição hídrica sem maior comprometimento à sua produtividade. A manutenção de condições satisfatórias de fertilidade química no perfil do solo ao longo do tempo certamente também contribuiu para esse desempenho (conforme o Capítulo 6, sobre evolução da fertilidade do solo). No decorrer de 15 anos de cultivo de soja, em 5,5 ha, foram produzidas 197,2 t de grãos da oleaginosa (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Produtividade média (kg ha^{-1} , Mg ha^{-1}) e produção (Mg) das culturas da soja, milho e capim, e sorgo forrageiro e capim, entre os anos agrícolas 2005/2006 a 2019/2020, nas glebas conduzidas em esquema de rotação de culturas do sistema integração lavoura-pecuária, em Sete Lagoas, MG.

Ano agrícola	Produtividade e produção								Ocorrência de veranicos
	Soja		Milho e capim				Sorgo forrageiro e capim		
			Grão		Silagem				
	Mg ha^{-1}	$\text{Mg}^{(3)}$	Mg ha^{-1}	Mg	Mg ha^{-1}	Mg	Mg ha^{-1}	Mg	
2005/2006	1,80	9,9	N. A.		N. A.		31,0	170,5	Severo = S
2006/2007	2,43	13,4	6,40	35,2	N. A.		53,0	291,5	Ausente = A
2007/2008	1,98	10,9	8,17	44,9	N. A.		41,4	227,7	Leve = L
2008/2009	2,80	15,4	8,07	44,4	N. A.		40,3	221,6	Leve = L
2009/2010	2,20	12,1	8,72	47,9	N. A.		36,6	201,3	Leve = L
2010/2011	2,37	13,0	6,09	33,5	N. A.		37,7	207,3	Moderado = M
2011/2012	2,90	15,9	7,15 ⁽²⁾	39,3	N. A.		20,1	110,5	Severo = S
2012/2013	0,85	4,67	7,28		53,0 ⁽²⁾	291,5	52,2	287,1	Dois (Nov. = L e Jan. = S)
2013/2014	N. A. ⁽¹⁾	N. A.	6,67		32,0	176,0	32,0	176,0	Dois (Nov. = L e Jan. = S)
2014/2015	2,24	12,3	5,14		39,0	214,5	43,2	237,6	Severo = S
2015/2016	1,24 (Feijão)	6,82	9,01		45,9	252,5	50,0	275,0	Dois (Nov. = M e Jan. = S)
2016/2017	3,81	20,9	7,67		49,8	273,9	25,4	139,7	Severo = S
2017/2018	3,65	20,1	8,53		30,2	166,1	37,2	204,6	Severo = S
2018/2019	4,11	22,6	6,12		21,2	116,6	31,4	172,7	Severo = S
2019/2020	3,51	19,3	8,42		43,3	238,1	43,3	238,1	Ausente = A
Produtividade									
Máxima	4,11		9,01		53,0		53,0		
Mínima	0,85		5,14		21,2		20,1		
Média	2,56		7,39		39,3		38,3		
Produção									
Máxima	22,6		35,2		291,5		291,5		
Mínima	4,67		47,9		116,6		110,5		
Média	13,15		33,5		216,1		210,7		
Acumulada	197,3		245,2		1.729,2		3.161,2		

⁽¹⁾ N. A. = Não avaliado.

⁽²⁾ A partir do ano agrícola 2012/2013, a área de 5,5 ha foi destinada totalmente para a produção de silagem.

⁽³⁾ Para o cálculo da produção, foi considerada a área de cada gleba (5,5 ha). Mg = tonelada (t).

A Figura 3.5 traz uma análise da produtividade da soja durante os 15 anos de implantação da ILP, em comparação com a produtividade do estado de Minas Gerais e com o Brasil. Além da análise do período 2005/2006 a 2019/2020, foram separados períodos de cinco anos agrícolas para que seja possível analisar, mesmo que subjetivamente, quais foram os períodos mais críticos para a produtividade da soja. No primeiro quinquênio (safras 2005/2006 a 2009/2010) a produtividade foi baixa, comparativamente à média nacional e estadual. Contudo, foi um período em que várias intempéries climáticas comprometeram grandes regiões produtoras, uma vez que as produtividades médias neste período foram significativamente inferiores às demais.

O período de 2010/2011 a 2014/2015 foi o mais crítico para a soja do sistema, com dois anos agrícolas consecutivos apresentando produtividades abaixo de 1.000 kg ha⁻¹ (850 kg ha⁻¹ em 2012/2013 e zero em 2013/2014). Mesmo com a adubação para a cultura visando produtividades próximas da média estadual, o fator clima foi preponderante para a frustração da expectativa de produtividade, com dois anos de veranico severo (2011/2012 e 2014/2015) e dois anos com a ocorrência de dois veranicos no mesmo ano agrícola (2012/2013 e 2013/2014).

Na análise do período 2015/2016 a 2019/2020, a produtividade da soja na ILP foi muito próxima à média regional e nacional, mesmo com forte ocorrência de veranicos, porém, com a maior produtividade de soja registrada no período (4.110 kg ha⁻¹ em 2018/2019). Considerando o desempenho médio nos 15 anos, pode-se inferir que a produtividade média do sistema ILP é satisfatória perante os resultados da cultura em Minas Gerais e no Brasil (Figura 3.5).

Embora sejam reconhecidas as particularidades das diferentes regiões produtoras, esta análise comparativa tem por objetivo demonstrar que o cultivo da soja é possível mesmo em região com restrições climáticas, como é o caso do cerrado central mineiro. Entretanto, é preciso levar em conta os resultados ao longo dos anos, tendo como ponto principal o planejamento de semeadura utilizando as premissas do sistema de plantio direto e a rotação com *M. maximum*. Tais práticas, à medida que aumenta o tempo de cultivo da área, permitem potencializar os benefícios dos sistemas conservacionistas de solo e, principalmente, de água, como é o caso do sistema ILP implantado na Embrapa Milho e Sorgo.

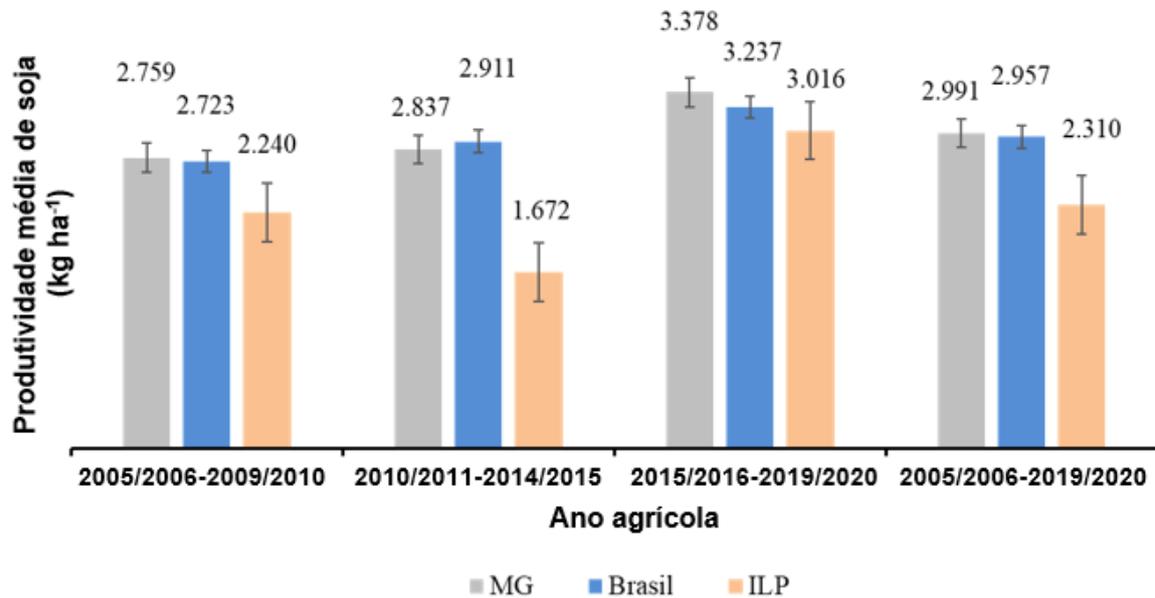


Figura 3.5. Produtividades médias de soja a cada cinco anos e integrando o período de 2005/2006 a 2019/2020, em Minas Gerais, no Brasil e na integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo. Barras verticais demonstram o erro padrão da média em cada ano.

De acordo com Simão (2020), a adoção de rotação de culturas com a utilização de espécies forrageiras para formação de cobertura morta para o sistema plantio direto pode proporcionar melhores condições para a soja suportar os períodos de baixa precipitação, resultando em maiores rendimentos de grão, o que é extremamente importante nesta região, face às condições climáticas restritivas. Em pesquisa avaliando sistemas de cultivo em rotação, sucessão e consórcio, em Sete Lagoas, MG, este autor observou que a produtividade de soja no sistema de monocultivo resultou na redução da produtividade com os anos de cultivo subsequentes, o que não ocorreu nos sistemas rotacionados.

Na análise da produtividade do consórcio milho e *Urochloa*, é importante ressaltar que até o ano agrícola 2011/2012 todo o milho era destinado à produção de grãos. Assim, em 5,5 ha cultivados anualmente entre os anos agrícolas de 2005/2006 e 2011/2012, o total de milho produzido foi de 245,2 t de grãos (Tabela 3.2). A partir do ano agrícola 2012/2013, o cultivo de milho e *Urochloa* foi direcionado para produção de silagem, que é utilizada anualmente pelos animais durante o período de confinamento. Entre 2012/2013 até o presente ano agrícola, foram produzidas 1.728,9 t de massa verde de milho consorciado com *Urochloa*.

Os dados de produtividade de grãos de milho a partir do ano agrícola 2012/2013 foram estimados com a finalidade de simular uma oportunidade para os produtores, no caso de optar pela produção de grãos ao invés de silagem. Esses dados são coletados anualmente através de subamostras separadas aleatoriamente dentro da gleba antes da colheita da silagem.

De acordo com o modelo de rotação de culturas utilizado na Unidade de Referência Tecnológica (URT), o cultivo do milho e *Urochloa* é semeado no ano seguinte após o cultivo da soja no verão. Assim, os mesmos efeitos já demonstrados pela literatura sobre a importância da rotação anual soja/milho podem ser visualizados pelo histórico de produtividade do cereal. A produtividade média de grãos no período de condução do sistema ILP foi de 7.310 kg ha⁻¹ (Tabela 3.2).

Na fase de implantação do sistema (2005/2006), em decorrência do processo de recuperação da fertilidade da área associado à ocorrência de um veranico severo, a produtividade de grãos de milho foi muito prejudicada, não sendo possível sua estimativa, principalmente pela concorrência com o capim-tanzânia, notadamente mais competitivo para o consórcio em comparação às braquiárias, principalmente na ausência de água. No ano agrícola seguinte (2006/2007), mesmo na ausência de veranico, a produtividade ainda foi baixa (6.400 kg ha⁻¹), menor que a média registrada para o período.

A menor produtividade de grãos de milho ocorreu no ano agrícola 2014/2015 (5.140 kg ha⁻¹) com a ocorrência de um veranico severo. No ano agrícola seguinte (2015/2016), em que o milho foi semeado com a ocorrência de dois veranicos de média e alta severidade, foi registrada a maior produtividade de grãos no período (9.010 kg ha⁻¹). Embora as produtividades ocorressem em glebas diferentes em razão do esquema de rotação adotado, constata-se o evidente benefício da rotação de culturas. Analisando os dados de produção de grãos destes dois anos agrícolas (2014/2015 e 2015/2016) com as respectivas produtividades de silagem em cada ano agrícola correspondente, é possível observar que, embora o veranico de 2015 tenha sido agravante para a produção de grãos, a produtividade de silagem não foi a menor registrada no período de condução do sistema ILP (39 Mg ha⁻¹ de massa verde).

Da mesma maneira, a maior produtividade de grãos em 2015/2016 não representou a maior produtividade de silagem (Tabela 3.2). Portanto, é possível

inferir que, associado ao esquema de rotação, a época de ocorrência da restrição hídrica face ao estágio fenológico do milho foi determinante para as produtividades obtidas. Na menor produtividade de grãos registrada (5.140 kg ha⁻¹ em 2014/2015), é provável que o veranico tenha ocorrido durante o período de enchimento de grãos, reduzindo consideravelmente a massa de grãos. Já no ano agrícola seguinte (2015/2016), em razão de dois veranicos durante o estágio vegetativo, houve comprometimento no acúmulo de massa seca pelo milho, mas, como a produtividade de silagem leva em consideração também a presença do capim, não é incorreto afirmar que grande parte da massa verde colhida na época da silagem tenha sido proveniente da forrageira, a qual acaba sendo favorecida no consórcio durante os veranicos.

As produtividades de milho, mesmo numa região com ocorrência frequente de veranicos, foram superiores à média do estado de Minas Gerais e do Brasil. Assim, evidencia-se o efeito positivo do sistema plantio direto com a rotação de culturas para o sistema adotado na ILP, inclusive com a presença do capim. De modo análogo às comparações feitas para a soja (Figura 3.5), a produtividade média de grãos milho em consórcio com *Urochloa* foi constante, ao observar os valores a cada cinco anos de cultivo (Figura 3.6). A análise de cada um dos períodos demonstra que, enquanto as produtividades em Minas Gerais e no Brasil foram crescentes por período avaliado, no sistema ILP a produtividade foi constante. Na média dos 15 anos de implantação do sistema (6.787 kg ha⁻¹), a produtividade foi bem superior à de Minas Gerais e do Brasil (5.523 kg ha⁻¹ e 4.747 kg ha⁻¹, respectivamente).

Com base em tais resultados é possível inferir que, além dos efeitos benéficos do esquema de rotação de culturas adotado, a presença do capim *Urochloa* em consórcio com o milho, embora possa proporcionar competição com a cultura principal em anos com veranicos severos, possibilita produtividades de grãos acima das médias regional e nacional. Desta forma, a rotação de culturas e a inserção do capim *Urochloa* em consórcio com o milho constituíram uma opção tecnicamente viável nas condições do sistema ILP de Sete Lagoas, como demonstrado na Figura 3.6.

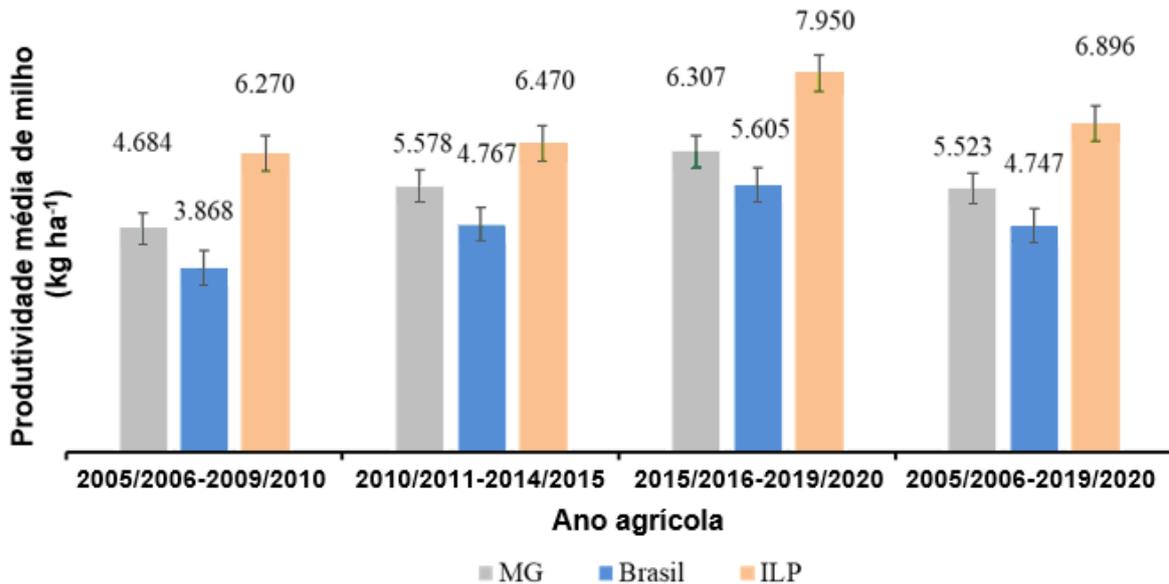


Figura 3.6. Produtividades médias de grãos de milho a cada cinco anos e integrando todo o período de 2005/2006 a 2019/2020, em Minas Gerais, no Brasil e no sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Conforme ilustrado na Figura 3.7, além da produção de biomassa da parte aérea que contribui para o incremento de palhada no sistema de plantio direto, a abundante biomassa de raízes em profundidade no perfil do solo é um diferencial da presença de espécies forrageiras tropicais no sistema de produção. Os benefícios desse sistema radicular agressivo se refletem em melhoria significativa da qualidade química, física e biológica do solo. Por causa principalmente da incorporação de carbono das raízes mortas, com o tempo, há aumento da matéria orgânica, da CTC (Resende et al., 2019), da estruturação e estabilidade de agregados (Mota et al., 2020) e da atividade e diversidade biológica (Mendes et al., 2020), favorecendo também a infiltração e retenção de água no perfil (Bergamin, 2020). Gradualmente, esses fatores em conjunto tendem a condicionar ambientes de potencial produtivo mais elevado, como é o caso da ILP.



Foto: Emerson Borghi

Figura 3.7. Perfil de solo demonstrando o sistema radicular de *Urochloa ruziziensis* após período consorciado com milho. Ipameri, GO, 2019.

Com relação à produtividade de silagem de milho e capim (Tabela 3.2), a média geral registrada no período foi de 39 Mg ha⁻¹ de massa verde. Importante ressaltar que nessa quantidade há, também, a forrageira que, mesmo sob consórcio simultâneo, tem participação importante na massa produzida, em especial nos anos com veranicos. Desde que a estratégia de produção de grãos de milho passou a ser para produção de silagem houve influência de veranicos de diferentes intensidades. Embora nas avaliações não tenham sido quantificadas as participações de cada espécie no volume total de massa verde produzido, outras pesquisas já demonstraram que há forte competição entre as duas espécies, principalmente quando fatores associados ao clima comprometem o desenvolvimento do milho nos estádios vegetativos (Simão, 2020).

A menor produtividade de silagem foi registrada no ano agrícola 2018/2019 (21,2 Mg ha⁻¹ de massa verde), em que o período de veranico de 31 dias entre os meses de janeiro e fevereiro de 2019 reduziu de forma significativa o potencial produtivo do milho e da braquiária. Melo et al. (2019), utilizando simulação e modelos matemáticos, encontraram resultados de produtividade de silagem de milho (sem capim) para o município de Sete Lagoas de aproximadamente 17,5 Mg ha⁻¹ de massa seca.

As produtividades de massa verde de silagem de sorgo forrageiro e capim foram satisfatórias quando comparadas à média regional, à exceção dos anos agrícolas 2011/2012 e 2013/2014, em que, em razão da ocorrência de dois períodos de veranico e da época de semeadura do consórcio, houve severo

comprometimento ao desenvolvimento do sorgo forrageiro, produzindo apenas 20,1 e 25,4 Mg ha⁻¹ de massa verde, respectivamente (Tabela 3.2). A escolha do consórcio com *Megathyrus*, sob consórcio simultâneo, tem participação importante na massa verde produzida, em especial nos anos com veranicos, em que a cultura do sorgo sofre maior competição por água, sendo dominada pela espécie forrageira, muito embora o sorgo seja reconhecidamente mais resistente aos períodos de restrição hídrica quando comparado ao milho.

Gontijo Neto et al. (2018b), ao avaliarem um sistema de recuperação/renovação de pastagens na Fazenda São Pedro, município de Unaí, MG, utilizando consórcios de milho com *U. brizantha* 'Marandu', milheto com *M. maximum* 'Zuri' em preparo convencional do solo, e o consórcio de sorgo forrageiro com *U. brizantha* 'Marandu' em SPD, concluíram que nos consórcios com milho e sorgo os custos decorrentes do preparo do solo, aquisição e distribuição de corretivos e fertilizantes e sementes do capim, necessários para a recuperação da pastagem, não apenas foram totalmente cobertos pela receita auferida com a possível venda da silagem produzida na safra como, também, obtiveram lucro de R\$ 1.798,67 e R\$ 322,88 por hectare para as áreas com milho e sorgo, respectivamente. No consórcio de milheto com *M. maximum* 'Zuri' houve prejuízo de R\$ 110,87 por hectare, pois não houve venda da silagem em razão da baixa produtividade de forragem e de seu menor valor comercial. Assim, numa área de 15,4 ha utilizando estes sistemas foi possível produzir 549,3 Mg de silagem para serem consumidas pelos animais no período outono-primavera.

Ao final do ano agrícola 2019/2020, considerando os 15 anos de atividades agrícolas na ILP e o tamanho das glebas (5,5 ha), foram produzidas 442,5 t de grãos de soja e milho e 4.890,3 t de massa verde de silagem de milho e capim, e sorgo forrageiro e capim (Tabela 3.2), o que demonstra a versatilidade de produção vegetal utilizando essa estratégia delineada para a região Central de Minas Gerais.

Miranda (2019), ao analisar o balanço econômico deste sistema entre os anos agrícolas 2013/2014 a 2016/2017 (Tabela 3.3), demonstrou que a forma de exploração utilizando a rotação de atividades entre as glebas, a produtividade de grãos e de silagem, associada ao ganho de peso dos animais na pastagem, representou com exatidão uma experiência positiva do sistema de ILP para produção de carne numa pequena propriedade rural. A sobra de grãos e de

silagem que não foram consumidos na fase animal durante o confinamento foi responsável pela rentabilidade média no período avaliado de R\$ 261,34 por hectare por ano (R\$ 5.749,46 considerando a área total do sistema). Caso parte da produção de milho fosse também para grãos, o lucro operacional passaria a R\$ 7.468,68. Mesmo considerando as baixas produtividades de milho (ano agrícola 2014/2015), soja (ano agrícola 2015/2016) e silagem de sorgo forrageiro e capim (ano agrícola 2016/2017), os lucros operacionais com a atividade agrícola somaram R\$ 29.874,74 no período, representando 42% do lucro operacional total adquirido no período avaliado. Adicionalmente, o sistema implantado diminuiu riscos da atividade pecuária, pois mesmo em anos de cotações altas dos grãos, como ocorreu em 2015/2016 e 2016/2017, os resultados foram positivos, já que o custo de produção dos concentrados e volumosos na propriedade foi consideravelmente menor do que sua aquisição no mercado, possibilitando, ainda, poder comercializar o excedente. Miranda (2019) concluiu que o modelo implantado permite ao produtor usufruir de amplas oportunidades de mercado, com menor desprendimento de recursos para compra de insumos externos na fase pecuária, aliado a possibilidade de ganhos expressivos com a venda do excedente da produção. Este modelo de exploração se diferencia das atividades agrícolas e pecuárias modais na região, tradicionalmente exploradas exclusivamente com uma única atividade, apresentando baixos índices zootécnicos e, conseqüentemente, menor rentabilidade.

Tabela 3.3. Lucro operacional (R\$) correspondente ao excedente de grãos de soja e milho, silagem de milho e capim, e sorgo forrageiro e capim, entre os anos agrícolas de 2013/2014 a 2016/2017, em glebas conduzidas em esquema de integração lavoura-pecuária com rotação de culturas no sistema de Sete Lagoas, MG.

Ano agrícola	Lucro operacional (R\$)				Total
	Soja	Milho e capim		Sorgo forrageiro e capim	
		Silagem	Grãos ⁽¹⁾		
2013/2014	-	179,61	180,69	1.722,57	2.082,87
2014/2015	3.3110,04	353,91	-901,16	4.195,97	6.959,77
2015/2016	-4.614,61	277,70	5.932,34	4.743,17	6.338,60
2016/2017	14.398,55	115,59	126,47	-147,12	14.493,50
Média	4.365,00	249,07	1.719,22	2.930,68	7.468,68
Total	13.094,99	926,82	5.338,34	10.514,59	29.874,74

⁽¹⁾ Caso a produção do milho fosse direcionada para grãos.

Fonte: Adaptado de Miranda (2019).

Considerações finais

De acordo com Moraes et al. (2018), a resiliência promovida pela adoção de sistemas integrados de produção agropecuária, como a ILP, através da diversificação dos modelos produtivos pautados na melhoria contínua do uso do solo, é capaz de promover ganhos em longo prazo entre os componentes do sistema como um todo, como visto neste capítulo. Assim, de acordo com os autores, pode-se promover o uso de áreas que possam não ser exploradas de forma contínua o ano todo, através da exploração pecuária em pastos produtivos no inverno, aumentando a rentabilidade da propriedade rural e explorando de maneira sustentável o solo.

A diversidade de plantas e a rotação de culturas entre as glebas adotada no sistema ILP apresentado neste capítulo permitem inferir que, em 15 anos de implantação do sistema, as produtividades agrícolas, mesmo em situações de restrição hídrica moderada e severa, aumentaram a resiliência das culturas agrícolas e permitiram, ao menos, melhorias incrementais para o sistema ILP ao longo do tempo.

Embora não possa ser possível separar as produtividades agrícolas sem a análise de todos os componentes que compõem o modelo ILP discutido neste livro, é possível inferir que as produtividades das culturas da soja, milho e sorgo forrageiro são reflexos dos efeitos benéficos que a rotação de culturas em SPD promoveu no sistema solo-planta e, adicionados ao componente animal em pastejo utilizando boas práticas de utilização da pastagem, possibilitaram receitas econômicas positivas do sistema ILP em comparação aos modelos tradicionais de exploração pecuária adotados na região Central de Minas Gerais.

Referências

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; SÂMIA, L. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. 2. ed. rev. ampl. e atual. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico).

BERGAMIN, A. C. Importância da qualidade física do solo e como avaliar no campo. In: KAPPES, C. (ed.). **Boletim de Pesquisa 2019/2020 Fundação MT**. Rondonópolis: Fundação MT, 2020. p. 84-99.

BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; SIMÃO, E. de P.; ABREU, S. C.; GIEHL, J.; SANTANA, D. P.; ALVARENGA, R. C.; CAMPANHA, M. M.; RESENDE, R. M. S. **Intensificação agropecuária no cerrado**: implantação de sistema ILPF com as culturas do sorgo forrageiro, capim Marandu e eucalipto na região central de Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 57 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 207).

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do cerrado. **Informações Agrônomicas**, n. 161, p. 9-21, mar. 2018a.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C.; RESENDE, A. V. de; VIANA, M. C. M. Milho e sorgo: culturas estratégicas para arranjos produtivos em integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil**: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018b. p. 397-434.

MELO, M. L. A. de; CAMILO, J. A.; ANDRADE, C. L. T. de; AMARAL, T. A.; TIGGES, C. H. P. **Simulação da produtividade potencial de silagem de milho em municípios de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 23 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 234).

MENDES, I. C.; ONO, F. B.; OLIVEIRA, M. I. de; SILVA, R. G. da; KAPPES, K.; REIS-JÚNIOR, F. B. dos; ZANCANARO, L. Rotação de culturas, bioindicadores e saúde do solo. In: KAPPES, C. (ed.). **Boletim de Pesquisa 2019/2020 Fundação MT**. Rondonópolis: Fundação, MT, 2020. p. 84-99.

MIRANDA, R. A. de. Integração Lavoura-Pecuária (ILP): análise econômica da Unidade de Referência Tecnológica sobre Integração Lavoura-Pecuária de Corte em Sete Lagoas/MG. In: PEREIRA, M. de A. (ed.). **Avaliação econômica de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**: as experiências da Embrapa. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2019. p. 18-22. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 268).

MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F.; PELISSARI, A.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; ASSMANN, T. S.; DEISS, L.; NUNES, P. A. de A. Sistemas integrados de produção agropecuária: conceitos básicos e histórico no Brasil. In: SOUZA, E. D. de; SILVA, F. D. da; ASSMANN, T. S.; CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, P. C. de F.; PAULINO, H. B. (ed.). **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. Tubarão: Copiart, 2018. p. 13-28.

MOTA, P. K.; SILVA, B. M.; BORGHI, E.; VIANA, J. H. M.; RESENDE, A. V. de; MOURA, M. S. de. Soil physical quality in response to intensification of grain production systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 647-655, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n10p647-655>.

RESENDE, A. V. de; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; CARVALHO, M. da C. S.; KAPPES, C. Balanço de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída. In: SEVERIANO, E. da C.; MORAIS, M. F. de; PAULA, A. M. de (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p. 342-398.

SIMÃO, E. de P. **Desempenho produtivo e avaliação econômica de sistemas intensificados de cultivo de grãos na região Central de Minas Gerais**. 2020. 60 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 2020.

Literatura recomendada

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária**: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 93).