

# Quinze anos de integração lavoura-pecuária e dez anos de integração lavoura-pecuária-floresta na Embrapa Milho e Sorgo



*Ramon Costa Alvarenga  
Miguel Marques Gontijo Neto  
Derli Prudente Santana  
Márcia Cristina Teixeira da Silveira  
Emerson Borghi  
Editores Técnicos*



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura e Pecuária*

**Quinze anos de integração lavoura-pecuária e  
dez anos de integração lavoura-pecuária-floresta  
na Embrapa Milho e Sorgo**

*Ramon Costa Alvarenga  
Miguel Marques Gontijo Neto  
Derli Prudente Santana  
Márcia Cristina Teixeira da Silveira  
Emerson Borghi*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
*Brasília, DF*  
2024

**Embrapa**  
Parque Estação Biológica  
Av. W3 Norte (final)  
70.770-901 Brasília, DF  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Responsável pelo conteúdo**  
Embrapa Milho e Sorgo  
Rod. MG-424, Km 45  
Caixa Postal 151  
35791-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31)3027-1100  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
Presidente  
*Maria Marta Pastina*

Secretária-executiva  
*Elena Charlotte Landau*

Membros  
*Antonio Claudio da Silva Barros*  
*Cláudia Teixeira Guimarães*  
*Maria Cristina Dias Paes*  
*Mônica Matoso Campanha*  
*Roberto dos Santos Trindade*  
*Rosângela Lacerda de Castro*

**Responsável pela editoração**  
Embrapa Milho e Sorgo

Revisão de texto  
*Antonio Claudio da Silva Barros*

Normalização bibliográfica  
*Rosângela Lacerda de Castro*

Projeto gráfico  
*Elena Charlotte Landau*  
*Ingrid Carina Landau Hirsch*  
*Lúcio Rogério Bastos Cavalcanti*

Diagramação  
*Elena Charlotte Landau*  
*Lúcio Rogério Bastos Cavalcanti*  
*Ingrid Carina Landau Hirsch*

Fotos da capa  
*Leandro Sâmia Lopes, Miguel Marques*  
*Gontijo Neto, Álvaro Vilela de Resende,*  
*Márcia Cristina Teixeira da Silveira (foto*  
*central), Ramon Costa Alvarenga, Sandra*  
*Maria Brito e Isabella Cristina de Faria Maciel.*  
*(respectivamente, da esquerda para a direita*  
*e de cima para baixo)*

**1ª edição**  
Publicação digital (2024): PDF

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Milho e Sorgo

---

Quinze anos de integração-lavoura-pecuária e dez anos de integração-lavoura-pecuária-floresta na Embrapa Milho e Sorgo / Ramon Costa Alvarenga... – Brasília, DF : Embrapa, 2024.  
PDF (345 p.) : il color.

ISBN 978-65-5467-046-3.

1. Sistema de produção. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Integração lavoura-pecuária-floresta. I. Alvarenga, Ramon Costa. II. Gontijo Neto, Miguel Marques. III. Santana, Derli Prudente. IV. Silveira, Márcia Cristina Teixeira da. V. Borghi, Emerson. VI. Embrapa Milho e Sorgo.

CDD (21. ed.) 633.2

# Editores técnicos e autores

## **Adriana Monteiro da Costa**

Geógrafa, doutora em Ciência do Solo, professora da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG

## **Alexandre Ferreira da Silva**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Álvaro Vilela de Resende**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Anderson de Oliveira Latini**

Zootecnista, doutor em Ecologia (Ecologia Aplicada), professor da Universidade Federal de São João del-Rei - Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas, MG

## **Ângela Maria Quintão Lana**

Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento, professora da Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG

## **Antônio Marcos Coelho**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Agricultura de Precisão (Qualidade do Solo, Nutrição de Plantas e Agricultura de Precisão), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Bárbara Martins Rodrigues**

Zootecnista, doutora em Zootecnia (Produção de Ruminantes), pesquisadora no Grazingland Animal Nutrition Laboratory na Texas A&M University, Texas, Estados Unidos da América

## **Carlos Henrique Lima e Silva**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias, professor do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO

## **Daniel Pereira Guimarães**

Engenheiro florestal, doutor em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Décio Karam**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência das Plantas Daninhas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Derli Prudente Santana**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo (Qualidade do Solo), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Eduardo de Paula Simão**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, gerente comercial da Vetquímica Ltda., Curvelo, MG

## **Elena Charlotte Landau**

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Elwira Daphinn Silva Moreira**

Engenheira-agrônoma, doutora em Zootecnia (Nutrição de Ruminantes), consultora autônoma em Nutrição Animal, Montes Claros, MG

## **Emerson Borghi**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia (Energia na Agricultura), doutor em Agronomia (Agricultura), pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

**Fabiano Alvim Barbosa**

Médico-veterinário, doutor em Zootecnia (Produção de Ruminantes), pesquisador Global Ruminantes na De Heus Animal Nutrition B.V., Ede, Gelderland, Holanda

**Flávia Cristina dos Santos**

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas (Fertilidade do Solo), pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Fredson Ferreira Chaves**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Entomologia, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Gabriel Ribeiro Brandão**

Estudante de graduação da Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Sete Lagoas, bolsista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Guilherme Ferreira Viana**

Jornalista, especialista em Jornalismo e Mídia, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Isabella Cristina de Faria Maciel**

Médica-veterinária, doutora em Zootecnia (Produção de Ruminantes), Systems Research Manager no Noble Research Institute, Ardmore, Oklahoma, Estados Unidos da América

**Ivênio Rubens de Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Jason de Oliveira Duarte**

Economista, doutor em Economia Agrícola, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**João Herbert Moreira Viana**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**José Heitor Vasconcellos**

Jornalista, doutor em Comunicação, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Juliano Carlos Calonego**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Agricultura), professor da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Campus de Botucatu, SP

**Leandro Sâmia Lopes**

Zootecnista, doutor em Zootecnia (Nutrição de Ruminantes), professor da Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG

**Maíse Soares de Moura**

Engenheira-agrônoma, doutora em Geografia, professora substituta da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG

**Manoel Ricardo Albuquerque Filho**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas (Gênese e Classificação do Solo), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Márcia Cristina Teixeira da Silveira**

Zootecnista, doutora em Zootecnia (Manejo e Avaliação de Plantas Forrageiras e Pastagens), pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Marco Aurélio Guerra Pimentel**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia (Manejo de Pragas de Grãos Armazenados e Armazenagem de Grãos), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Marco Aurélio Noce**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Extensão Rural, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Marina Torres Pessoa**

Jornalista, mestre em Ciências da Informação, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Maurilio Fernandes de Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal (Sistemas de Produção), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Miguel Marques Gontijo Neto**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Mônica Matoso Campanha**

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Paulo Afonso Viana**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Paulo Emílio Pereira de Albuquerque**

Engenheiro agrícola, doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Ramon Costa Alvarenga**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas (Manejo de Solos), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Rosângela Maria Simeão**

Bióloga, doutora em Genética, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

**Rubens Augusto de Miranda**

Economista, doutor em Finanças, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Sandra Maria Brito**

Jornalista, especialista em Comunicação e Marketing e em Gestão Estratégica de Negócios, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Silvio Torres Pessoa**

Engenheiro-agrônomo, especialista em Agronegócio, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Simone Martins Mendes**

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Thomaz Correa e Castro da Costa**

Engenheiro florestal, doutor em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG



Os autores agradecem aos colegas da Embrapa e, de maneira muito especial, aos colegas Sérgio Teixeira Guimarães, Leonardo Pereira Carvalho e Dilherme Lúcio de Oliveira, da Embrapa Milho e Sorgo, que não economizaram esforços na condução das atividades de campo da Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa com sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta de Sete Lagoas.

Os autores agradecem também às instituições parceiras e aos professores e estudantes de pós-graduação que contribuíram para a condução de estudos de campo e laboratório e de unidades de validação aqui apresentadas.

Agradecem ainda a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta obra, especialmente por sugestões apresentadas, revisões realizadas e apoio prestado.



# Apresentação

---

Agendas globais de desenvolvimento focadas em competitividade, sustentabilidade e territorialidade buscam nos argumentos da bioeconomia e da descarbonização uma intensificação produtiva agropecuária, via sistemas organizados por conhecimento e técnicas, empreendedorismo e políticas públicas voltadas para a integração dos recursos naturais e aqueles construídos pela inteligência humana.

Desde o final do século passado, instituições de pesquisa e de extensão do Brasil, apoiadas pelos governos federal e estadual, passaram a dedicar maior atenção à divulgação dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), visando à diversificação sustentável da agropecuária e à renovação de pastagens, cujo processo de degradação é considerado um dos principais gargalos da atividade agropecuária no País.

No processo de expansão dessas estratégias, a Embrapa sempre atuou como protagonista, tanto em pesquisa, desenvolvimento e inovação quanto em ações estruturadas de transferência de tecnologia. Nessa ótica, com o objetivo de gerar e validar tecnologias e sistemas integrados de produção agropecuária, visando à disponibilização de alternativas sustentáveis para os produtores rurais da região do Cerrado mineiro, a partir de 2005, foi delineado e implantado o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) de corte, na Embrapa Milho e Sorgo. Em 2010, como forma de ampliar o escopo das pesquisas, foi implantado um novo sistema intensificado, que incluiu o componente florestal, tratando-se, portanto, de um sistema ILPF.

Os dois sistemas, ILP e ILPF, constituem o que é chamado de Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) Sete Lagoas. Uma equipe multidisciplinar tem dedicado esforços para gerar informações nesses sistemas integrados de produção, contribuindo efetivamente para o fortalecimento da pesquisa agropecuária com visão sistêmica. Além de gerar informações básicas, a URTP tem sido utilizada como base para realização de eventos-âncora de divulgação das tecnologias associadas ao sistema integrado para produtores, técnicos e estudantes, e para a capacitação técnica de

multiplicadores públicos (da Emater-MG e do Senar) e privados. A URTP também tem sido utilizada por profissionais para aprimoramento de conhecimentos técnico-científicos, gerenciais e mercadológicos, via trabalhos de pós-graduação com universidades parceiras.

O presente livro tem por objetivos registrar experiências e resultados alcançados durante os 15 anos e os 10 anos de implantação dos sistemas ILP e ILPF, respectivamente. Os resultados comprovam que estratégias de ILPF adaptadas aos condicionantes local e regional configuram um passo importante para a evolução dos sistemas de produção agropecuária tradicionais.

A presente publicação não esgota o tema, mas se propõe a contribuir para o aprimoramento das estratégias em sistemas ILPF com vistas à ampliação de sua adequada adoção no Brasil.

*Frederico Ozanan Machado Durães*  
Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

# Prefácio

---

Esta obra relata experiências e resultados de 15 anos de um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e de 10 anos de um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) instalados na Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) Sete Lagoas, na Embrapa Milho e Sorgo.

No Capítulo 1, descrevem-se os históricos dos sistemas, desde a implantação, com vistas à produção de grãos, madeira, forragem e carne bovina, numa realidade de convivência com problemas de clima da região Central de Minas Gerais. O Capítulo 2 refere-se aos estudos de riscos climáticos devidos a estiagens, que provocam deficiência hídrica para a agricultura de sequeiro na região.

No Capítulo 3, ressaltam-se a importância do planejamento adequado da rotação e os consórcios lavoura-capim para garantir a produção de grãos ou silagem, e, no Capítulo 4, faz-se uma abordagem sobre espécies forrageiras, método de pastejo e produção animal, de forma que reflitam a importância da fase pastagem dentro dos sistemas integrados. O Capítulo 5 aborda confinamento e a estratégia complementar de intensificação em sistemas integrados, sendo discutidas as dietas, as raças utilizadas e os desempenhos alcançados.

O Capítulo 6 abrange a evolução da fertilidade do solo em ILP, e faz uma análise das relações entre nutrientes, atributos de solo e os indicadores do potencial produtivo do solo nas glebas. Na sequência, o Capítulo 7 apresenta o ILP como estratégia mitigadora de carbono. A análise temporal do teor de matéria orgânica mostra o incremento anual de carbono orgânico total até a estabilização, na faixa de 4% de matéria orgânica, semelhante ao Cerrado, contribuindo para a melhoria da qualidade do solo e a redução das emissões.

O Capítulo 8 detalha o trabalho de manejo integrado de pragas (MIP), a tomada de decisão sobre soltura de inimigos naturais e a necessidade de controle químico. O Capítulo 9 aborda o controle das plantas daninhas e destaca estratégias de manejo com rotação, consorciação e sucessão lavoura-pastagem.

No Capítulo 10, são mostrados impactos econômicos, sociais e ambientais positivos dos sistemas implantados na região Central de Minas Gerais.

O Capítulo 11 tem como principal objetivo gerar e validar tecnologias, em sistema de ILPF. O acompanhamento do sistema foi fundamental para a identificação e a mensuração das interações entre os componentes e a determinação de coeficientes técnicos e econômicos necessários para subsidiar o planejamento e a condução de sistemas de produção em escala comercial.

A quantificação das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) é abordada no Capítulo 12, mediante apresentação dos dados do sequestro de carbono pelo componente arbóreo, emissão de metano por bovinos de corte em ILP e emissão de óxido nitroso e metano pelas excretas de bovinos em confinamento. O sistema com componente florestal foi destacado como estratégia de produção agropecuária com grande potencial de redução de GEEs.

Nos Capítulos 13 e 14, são retratadas a divulgação, a capacitação e ações de comunicação ocorridas nos sistemas da URTP no decorrer dos 15 anos. Foi expressivo o número de eventos, que culminaram na capacitação de 5.055 participantes, dentre técnicos, estudantes e produtores rurais. Já a comunicação se fez mediante o uso de instrumentos didáticos como folders, cartazes, maquetes, publicações, vídeos, veículos digitais e aplicativos que auxiliaram nas ações de transferência de tecnologia. Por fim, esta publicação lista as produções técnicas e científicas geradas nos sistemas ILP e ILPF ao longo de 15 anos.

Reconhece-se que a presente obra apresenta contribuições para o atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), como a meta 2.4 do ODS 2 – “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável” e a meta 12.2 do ODS 12 – “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”.

*Os Editores Técnicos*

# Sumário

<b>Capítulo 1</b>	<b>Caracterização e histórico da Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa</b>	<b>19</b>
	Introdução	20
	Histórico do sistema de integração lavoura-pecuária	24
	Histórico do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta	32
	Considerações finais	34
	Referências	35
<b>Capítulo 2</b>	<b>Resiliência de sistemas de integração lavoura-pecuária a veranicos na região Central de Minas Gerais</b>	<b>37</b>
	Introdução	38
	Caracterização do local	40
	Bases de dados climatológicos	40
	Climatologia e riscos climáticos	41
	Caracterização e tendências climáticas	43
	Coeficiente de cultivo	47
	Veranicos e Índice de Satisfação de Necessidade de Água	48
	Índice de Satisfação de Necessidade de Água versus Produtividade	50
	Considerações finais	52
	Referências	52
<b>Capítulo 3</b>	<b>Produtividade agrícola das culturas no sistema de integração lavoura-pecuária</b>	<b>55</b>
	Introdução	56
	Implantação do sistema de integração lavoura-pecuária	56
	Estratégias de implantação e avaliação das culturas	57
	Produtividade das culturas	61
	Considerações finais	72
	Referências	72

<b>Capítulo 4</b>	<b>Produção e produtividade da fase pastagem no sistema de integração lavoura-pecuária</b>	<b>75</b>
	Introdução	76
	Estratégias de implantação e avaliação na fase pastagem	76
	Produção de forragem do sistema integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo	81
	Adubação dos pastos no sistema integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo	88
	Produção animal do sistema integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo	89
	Considerações finais	93
	Referências	94
<b>Capítulo 5</b>	<b>Confinamento como estratégia de intensificação em sistema de integração lavoura-pecuária</b>	<b>95</b>
	Introdução	96
	Animais utilizados no confinamento oriundos do sistema de integração lavoura-pecuária	98
	Experimentos e principais resultados	104
	Considerações finais	118
	Referências	119
<b>Capítulo 6</b>	<b>Evolução da fertilidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária</b>	<b>123</b>
	Introdução	124
	Material e métodos	124
	Amostragens de solos e análises laboratoriais	125
	Histórico de calagem e adubação	127
	Evolução da fertilidade do solo	128
	Indicadores do potencial produtivo do solo	128
	Indicadores da “biodisponibilidade” de macronutrientes	134
	Indicadores da “biodisponibilidade” de micronutrientes	140
	Cronograma de manejo da fertilidade do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária	147

	Considerações finais	149
	Referências	150
<b>Capítulo 7</b>	<b>Evolução dos teores de matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária</b>	153
	Introdução	154
	Matéria orgânica do solo	155
	Resultados	157
	Considerações finais	169
	Referências	169
<b>Capítulo 8</b>	<b>Monitoramento e manejo de pragas na fase agrícola do sistema de integração lavoura-pecuária</b>	173
	Introdução	174
	Manejo integrado de lagarta-do-cartucho do sistema de integração-lavoura-pecuária	174
	Controle integrado do sistema de integração lavoura-pecuária	179
	Resultados do controle integrado do sistema de integração lavoura-pecuária	183
	Considerações finais	186
	Referências	186
	Literatura recomendada	187
<b>Capítulo 9</b>	<b>Monitoramento e manejo de plantas daninhas no sistema de integração lavoura-pecuária</b>	189
	Introdução	190
	Material e métodos	192
	Resultados e discussão	195
	Considerações finais	210
	Referências	211
	Literatura recomendada	212

<b>Capítulo 10</b>	<b>Análise socioeconômica do sistema de integração lavoura-pecuária</b>	213
	Introdução	214
	Método para a avaliação econômica expedita	215
	Resultados da avaliação econômica expedita do sistema de integração lavoura-pecuária	220
	Impactos econômicos, sociais e ambientais do sistema de integração lavoura-pecuária nas pequenas propriedades da região Central de Minas Gerais	227
	Sustentabilidade	227
	Impacto ambiental	229
	Impactos sociais	231
	Impactos econômicos	232
	Considerações finais	234
	Referências	234
	Literatura recomendada	235
<b>Capítulo 11</b>	<b>Avaliação do consórcio eucalipto-milho-capim do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta</b>	237
	Introdução	238
	Descrição dos sistemas integração lavoura-pecuária-floresta implantados	240
	Resultados obtidos no componente lavoura	245
	Resultados de qualidade de grãos de milho nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta	251
	Resultados obtidos no componente pastagens	256
	Produção florestal nos sistemas avaliados	264
	Resultados observados no componente florestal	265
	Projeções de produção e de estratificação do componente florestal	269
	Resultados de estoque de carbono no solo dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta	272
	Considerações finais	273
	Referências	275
	Literatura recomendada	277

<b>Capítulo 12</b>	<b>Emissões de gases de efeito estufa e sequestro de carbono em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta</b>	279
	Introdução	280
	Avaliação do sequestro de carbono nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta	281
	Avaliação da emissão de metano em bovinos de corte em sistema integração lavoura-pecuária	288
	Avaliação da emissão de óxido nitroso e metano pelas excretas de bovinos de corte em confinamento complementar ao sistema de integração lavoura-pecuária	293
	Considerações finais	295
	Referências	296
<b>Capítulo 13</b>	<b>Ações de transferência de tecnologias em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta</b>	299
	Introdução	300
	A Embrapa Milho e Sorgo na pesquisa e na divulgação da estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta	302
	Considerações finais	314
	Referência	314
	Literatura recomendada	314
<b>Capítulo 14</b>	<b>Ações de comunicação em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta</b>	315
	Introdução	316
	Atividades de Comunicação	317
	Notícias publicadas no informativo Grão em Grão, da Embrapa Milho e Sorgo, e no Portal Embrapa de 2014 a 2020	326
	Considerações finais	332
	Referências	333

<b>Apêndice</b>	<b>Produção técnico-científica gerada nos sistemas integração lavoura-pecuária e integração lavoura- -pecuária-floresta da Embrapa Milho e Sorgo</b>	<b>335</b>
	Artigos Científicos	336
	Publicações Técnicas	336
	Resumos em Congressos, Simpósios, etc.	337
	Teses	345
	Iniciação científica (bolsistas)	345

# Capítulo 1

## Caracterização e histórico da Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa

Ramon Costa Alvarenga  
Miguel Marques Gontijo Neto



Foto: Ramon Costa Alvarenga

## **Introdução**

Sistemas de produção mais eficientes na utilização dos recursos naturais, financeiros, insumos e mão de obra, além de ambientalmente mais adequados, são fundamentais para o atendimento, atual e futuro, das demandas do setor produtivo e da sociedade como um todo. Assim, a coexistência de sistemas integrados de produção de grãos e pecuária, bem estruturados, será um dos fatores que contribuirão de forma determinante para aliar o aumento na produtividade de alimentos, a otimização no uso de insumos, a renda ao agropecuarista e a sustentabilidade ambiental, especialmente em pequenas e médias propriedades onde existem limitações para obtenção dos benefícios advindos da escala de produção.

Em Minas Gerais, o bioma Cerrado compreende a maior parte do estado, sendo o principal responsável pela produção pecuária (corte e leite), de grãos e de florestas plantadas. Da área total do estado, em cerca de 54,5 milhões de hectares, as pastagens plantadas ocupam 13,7 milhões de hectares (25,1%), as áreas com grãos ocupam 3,98 milhões de hectares (7,3%) e florestas plantadas, 1,9 milhão de hectares (3,5%). Minas Gerais possui o segundo maior rebanho bovino do Brasil, com 23,6 milhões de cabeças (10,8% do Brasil), e na safra de grãos 2017, apresentou uma produção de 14,2 milhões de toneladas.

A pastagem tradicional, extensiva e com baixo ou nenhum nível de investimento, ainda constitui o alimento mais importante nas propriedades para a manutenção do rebanho e a produção de leite e carne. Da mesma forma, a agricultura com lavouras anuais apresenta desafios para sua sustentabilidade, pois ainda se baseia em monocultivos e dificuldades para produção de palhada e implementação do sistema de plantio direto (SPD). Tal conjuntura é mais desafiadora nas áreas que têm sido fortemente afetadas por déficit hídrico durante a estação seca e os veranicos no período chuvoso.

A despeito das dificuldades, graças aos esforços em pesquisa e inovação de várias instituições e produtores, o Brasil ocupa um lugar de destaque no desenvolvimento e na promoção de sistemas produtivos sustentáveis, destacando-se, entre eles, os sistemas contemplados nas estratégias de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Esses sistemas de cultivo têm sido reconhecidos como alternativa para a sustentabilidade econômica e ambiental do

agronegócio brasileiro, ao promover a intensificação e a integração da produção animal e vegetal, com ganhos de produtividade, rentabilidade e aumento da oferta de alimentos, com reflexos na redução da pressão para a abertura de novas áreas. Além disso, oferecem uma série de serviços ambientais, cujos benefícios extrapolam os limites da propriedade rural.

Assim, no início dos anos 2000, intensificaram-se os esforços para divulgar sistemas de produção intensivos e sustentáveis com objetivo de aumentar a produtividade da agropecuária numa base sustentável em que, também, se valorizava a preservação ambiental. Primeiramente, foram divulgados os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), que preconizavam a alternância, de forma planejada, das atividades pecuária e agrícola nas glebas da propriedade rural e ênfase inicial em recuperação das pastagens degradadas mediante cultivos de lavouras consorciadas com capins. A hipótese fundamentada na época era a de que a produção oriunda do cultivo dessas lavouras pagaria, em curto prazo, todo o custo de recuperação das pastagens ou a maior parte dele. A estratégia de rotação lavouras-pastagens garantiria a manutenção deste novo patamar de produtividade.

Não demorou muito para serem agregadas a esses sistemas as árvores, evoluindo para os sistemas ILPF, com a proposta de, além de produtividade e sustentabilidade, agregação de valor mediante a produção de madeira cultivada em detrimento da extração das florestas. Naquela época, era estimado que mais de 60 milhões de hectares de pastagens estavam degradadas, somente na região dos Cerrados.

De uma maneira geral, a realidade da agropecuária na região Central do estado de Minas Gerais, onde está situada a Embrapa Milho e Sorgo, convive com dois problemas de clima que são determinantes no rendimento das lavouras e da pecuária: o veranico durante o período chuvoso, com duração e período de ocorrência incerta, e o outono e o inverno secos. Apesar de importante bacia de pecuária leiteira e de corte, a maioria das pastagens apresenta-se degradada, sobre solos quimicamente esgotados. São comuns evidências de erosão nos seus estágios mais avançados, com grande população de plantas invasoras perenes e de cupinzeiros. Esse quadro contribui para aumentar os riscos e custos de produção, fazendo com que muitas fazendas de pecuária trabalhem no vermelho.

A atividade agrícola regional é na sua maioria complementar à pecuária, e mais de 95% das lavouras são de sequeiro. A maioria dos produtores de grãos ou silagem adota baixo nível tecnológico, o que contribui para diminuir a média regional de produtividade. Para o caso do milho, as lavouras são tecnicamente de baixo investimento tecnológico, e o estande final raramente ultrapassa as 40 mil plantas por hectare. A região apresenta uma média de produtividade de grãos desse cereal e silagem da ordem de 3.335 kg ha<sup>-1</sup> e 35 Mg ha<sup>-1</sup> de massa verde, respectivamente, conforme estimativa da Emater-MG. Dados dessa instituição apontavam, em 2002, déficit de quase 600 mil toneladas de grãos de milho. Sabe-se que essa demanda aumentou consideravelmente por causa da ampliação da avicultura de corte na região e da instalação da empresa Ambev, em Sete Lagoas, havendo especulações de que as exigências já ultrapassam um milhão de toneladas de grãos.

A comercialização de silagem é um negócio que vem aumentando bastante nos últimos anos. Pecuáristas que não dimensionam bem a sua atividade recorrem à compra deste alimento como maneira de contornar o problema de falta de forragem no período seco do ano. Entretanto, mesmo aqueles que produzem a própria silagem pagam um alto preço, principalmente pela falta de planejamento e de adoção de boas práticas agrícolas no manejo das lavouras de milho e de sorgo forrageiro.

Nos últimos anos agrícolas, a maioria dos produtores rurais perdeu parte significativa de suas colheitas em razão do veranico que ocorre em novembro, de menor intensidade e frequência, e de outro mais severo, em janeiro. Assim, inserida nessa realidade edafoclimática e socioeconômica, a Embrapa Milho e Sorgo iniciou em Minas Gerais, na década de 1990, suas ações de pesquisa e de transferência de tecnologias sobre recuperação de pastagens com o sistema Barreirão, mediante apoio dessas atividades lideradas pela Embrapa Arroz e Feijão. Ainda naquela década também houve aproximação com os centros de pesquisa da Embrapa Cerrados, Embrapa Gado de Corte e Embrapa Arroz e Feijão, em parcerias de pesquisa com sistema consorciado lavoura-capim.

Em 2004, a Embrapa Milho e Sorgo e parceiros aprovaram no Fundo Setorial do Agronegócio (Finep) o projeto Programa de Transferência de Tecnologias sobre Integração Lavoura-Pecuária (Protilp), que contou com a parceria de mais nove Centros de Pesquisas da Embrapa para fazerem um

programa amplo de transferência de tecnologias sobre ILP para a região do Cerrado brasileiro. Neste início, não faltou o apoio do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) e de empresas de pesquisa e de extensão rural públicas e privadas de vários estados inseridos no bioma Cerrado. Destaca-se o apoio incondicional dado pelo ex-ministro Alysson Paolinelli, também produtor rural e entusiasta dessa estratégia. Uma das metas desse projeto era apoiar a instalação de Unidades de Demonstração (UD) com estratégias de ILP ajustadas a diferentes regiões do bioma Cerrado.

Dentro desse contexto, foi delineada e instalada uma Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa com sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta de Sete Lagoas (URTP-Sete Lagoas). A URTP-Sete Lagoas instalada na Embrapa Milho e Sorgo é composta por dois sistemas de produção: o primeiro é o sistema de integração lavoura-pecuária de corte (Sistema ILP) e o segundo é o de integração lavoura-pecuária-floresta (Sistema ILPF). Inicialmente, eram considerados como Unidades de Referência Tecnológica (URTs), definidos como modelos físicos de sistemas de produção, visando à validação, demonstração e transferência de tecnologias geradas, adaptadas e/ou recomendadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), considerando as peculiaridades de cada região. Diante das inúmeras atividades de pesquisa que passaram a ser conduzidas nessas URTs, elas passaram a ser denominadas Unidades de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTPs). Neste documento, elas serão tratadas simplesmente como sistema ILP e sistema ILPF. Os sistemas ILP e ILPF estão situados nas coordenadas geográficas 19° 29' 4,37" latitude sul e 44° 10' 25,66" longitude oeste e altitude de 755 m. O clima local e predominante em quase toda a região dos Cerrados é classificado, de acordo com a classificação de Köppen, como *Aw* – Tipo A: megatérmico (tropical úmido) – com temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C e subtipo *w*, inverno seco e chuvas máximas de verão. A precipitação média anual é de 1.350 mm distribuída entre os meses de outubro e março, com a ocorrência marcante de veranico nos meses de janeiro e fevereiro. Segundo Panoso et al. (2002), o solo dos sistemas estudados está inserido na unidade de mapeamento Latossolo Vermelho distrófico. Entretanto, a análise de perfis de solo descritos nas glebas do ILP, conforme mostrado no Capítulo 7, resultou na classificação do solo local como Latossolo Vermelho Amarelo argiloso e relevo suave ondulado.

Após 15 anos de suas implantações, os sistemas ILPF são testemunhos de como é possível conviver com os problemas de clima, superando-os mediante um planejamento criterioso e um cronograma de atividades levando em consideração práticas sustentáveis, como plantio direto, consorciação, rotação e sucessão de culturas, tanto quanto recria e terminação de bovinos destacados para a produção de carne. Diante dessa trajetória de sucesso, este documento visa relatar a contribuição desses sistemas nesses 15 anos e como eles ajudaram e continuam ajudando a disponibilizar opções tecnológicas para o desenvolvimento da agropecuária na região Central de Minas Gerais. Eles têm possibilitado maior interação com centros de ensino, de pesquisa e de assistência técnica e extensão rural, ampliando o escopo de suas pesquisas, treinamentos de técnicos e de estudantes.

### **Histórico do sistema de integração lavoura-pecuária**

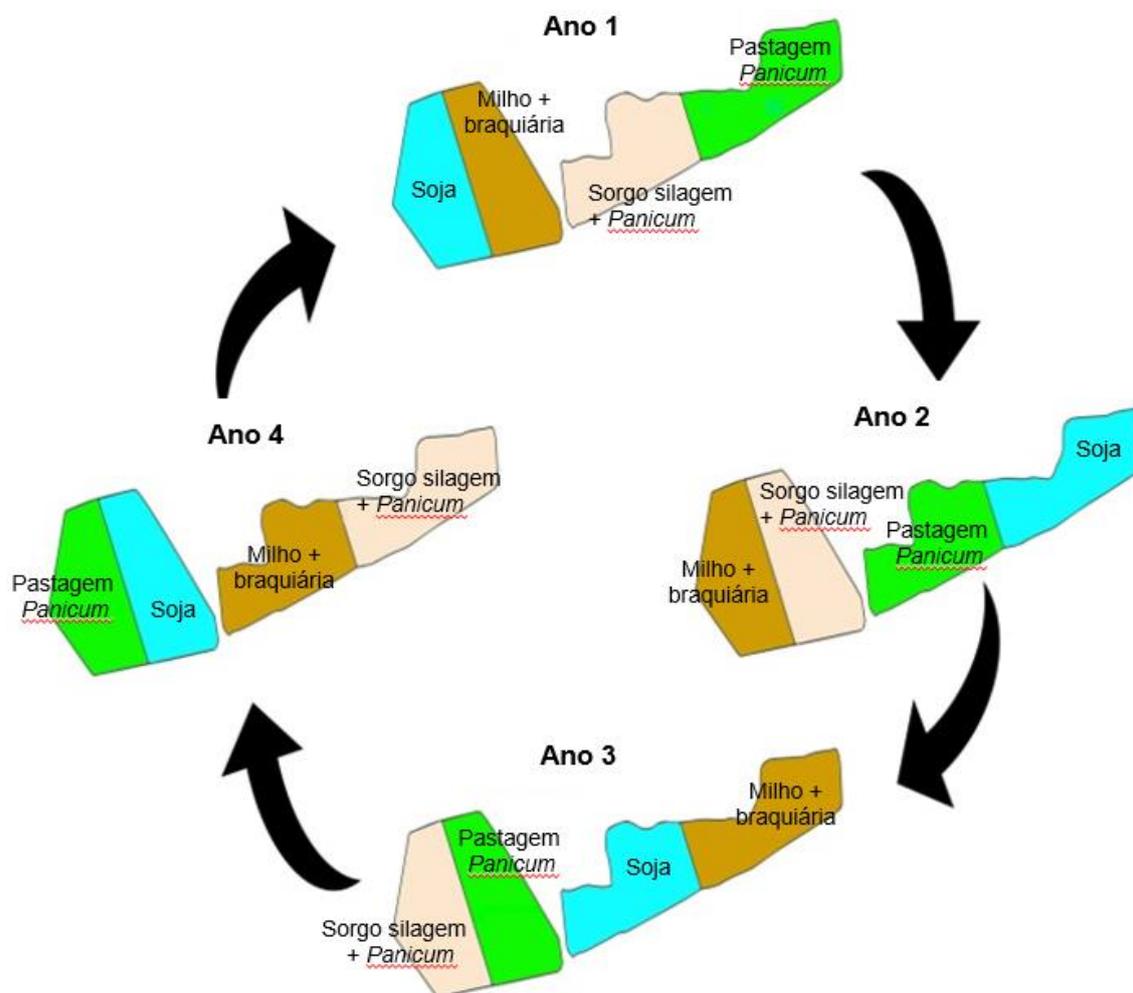
O sistema ILP foi iniciado em 2005, concebido sob as bases de boas práticas agrícolas e pecuárias, e adotou um planejamento conservacionista dos solos com terraços de base larga e sistema de plantio direto com rotação, sucessão e consorciação de lavouras com capins. O monitoramento de insetos-praga, plantas daninhas, doenças e da fertilidade do solo e das adubações completa esta estratégia, permitiu melhorar a capacidade produtiva dos solos e intensificar a produção de grãos, silagem e pastagens, visando, em especial, à atividade pecuária, que desempenha papel de destaque na economia regional e estadual, que detém o segundo maior rebanho bovino do Brasil, com cerca de 24 milhões de cabeças. Uma primeira aproximação deste documento foi o Comunicado Técnico “Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como Estratégia de Produção Sustentável em Região com Riscos Climáticos” (Alvarenga et al., 2018).

Este sistema visa demonstrar alternativas tecnológicas em produção de grãos, forragens e de carne bovina utilizando cultivos em rotação, sucessão e consórcio. As pesquisas ali realizadas têm como foco principal demonstrar a viabilidade de implantação de sistemas agropecuários sustentáveis de maneira a permitir a convivência com os problemas do clima da região Central de Minas Gerais. Para isso, a adoção do sistema de plantio direto foi decisiva. Por serem sistemas de múltiplos propósitos, as alternativas tecnológicas desenvolvidas nas

áreas podem ser extrapoladas também para a bovinocultura leiteira ou criação de outras espécies de animais, sem restrição, necessitando apenas de adaptação.

Antes da implantação do sistema ILP, a área de 24 ha apresentava um histórico de uso que se iniciou com a supressão da vegetação nativa de Cerrado em 1968. Daí até o final da década de 1970, houve diversos cultivos de algodão, e, da metade da década de 1980 até 1999, cultivos de milho e de sorgo exclusivamente para produção de silagem. Entre 1999 até meados de 2005, a área permaneceu em pousio. Na segunda metade do ano de 2005, foi implantado o sistema ILP. Com base na análise de solo coletada durante a fase de planejamento da área, foi acrescentada, por meio da aplicação superficial,  $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso agrícola. Nessa região, face ao déficit hídrico provocado pelo veranico durante o período de verão, o condicionamento químico de subsuperfície é decisivo. Portanto, a localização de bases trocáveis ao longo do perfil, associada à complexação do alumínio, o que acontece com a aplicação do gesso, permite às raízes, além de explorar maior volume de solo em busca de nutrientes, absorver água em camadas superiores a 60 cm de profundidade, o que garante superação à restrição hídrica imposta pelo veranico.

O sistema ILP esquematizado na Figura 1.1 representa uma propriedade rural da região. São 24 ha de área total, sendo 22 ha divididos em quatro glebas de 5,5 ha, onde, a cada ano, são rotacionadas as culturas para produção de grãos (soja e milho) ou silagem (milho e sorgo) consorciadas com capins dos gêneros *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) ou *Megathyrsus* (sin. *Panicum*), para pastagem. Representa um modelo de exploração agropecuária com o objetivo principal de possibilitar a demonstração de tecnologias para a conversão de pastagens degradadas em áreas de produção intensificadas utilizando-se as premissas da ILP, utilizando espécies vegetais e genética bovina factíveis com o perfil da região. As culturas para compor o sistema de rotação foram selecionadas por causa do diagnóstico da região, não só pelas condições climáticas, mas também pelas oportunidades de mercado.



**Figura 1.1.** Sistema de integração lavoura-pecuária mostrando esquema de rotação de culturas nas glebas. Sete Lagoas, 2019.

Desde o início do trabalho na ILP, foram seguidas as recomendações de boas práticas de manejo de solo, das culturas e dos animais. Assim, todas as sugestões e recomendações desta publicação têm sua viabilidade técnica passível de utilização em qualquer propriedade rural que deseje implementar um modelo ILP, bastando realizar ajustes para a realidade local e preferências do produtor. Nele, a cada ano, na primavera/verão, são cultivadas lavouras em três glebas, e a quarta gleba permanece com pastagem de *Megathyrus* (sin. *Panicum*). As culturas são implantadas de acordo com as premissas do sistema plantio direto e semeadas sobre a cobertura vegetal morta (palha) do ano anterior. No primeiro ano agrícola (2005/2006), os cultivos foram Gleba 1: soja; Gleba 2: milho grão com *Megathyrus maximum* ‘Tanzânia’; Gleba 3: sorgo pastejo com *M. maximum* ‘Tanzânia’; Gleba 4: sorgo silagem com *M. maximum* ‘Tanzânia’. Nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008, o esquema de rotação de culturas

e pastagem nas glebas seguiu a seguinte sequência: soja/sorgo forrageiro com *M. maximum* ‘Tanzânia’/milho com *M. maximum* ‘Tanzânia’/pasto de *M. maximum* ‘Tanzânia’ oriundo do consórcio do ano anterior. A partir do ano agrícola 2007/2008, o esquema de rotação nos piquetes foi alterado para soja/milho com *Urochloa*/sorgo forrageiro com *Megathyrus*/pastagem de *Megathyrus* oriunda do consórcio com sorgo forrageiro do ano anterior. Essa rotação permaneceu até a safra 2019/2020 (Figura 1.2).

	Gleba 1	Gleba 2	Gleba 3	Gleba 4
(2005-2006) Ano 1	Soja	Milho grão + <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia	Sorgo Pastejo + <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia	Sorgo Silagem + <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia
(2006-2007) Ano 2	Sorgo forrageiro + <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia	<i>M. maximum</i> cv. Tanzânia	Soja	Milho grão + <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia
(2007-2008) Ano 3	<i>M. maximum</i> cv. Tanzânia	Soja	Milho grão + <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia	Sorgo Silagem + <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia
(2008-2009) Ano 4 (2012-2013) Ano 8 (2016-2017) Ano 12	Soja	Milho grão + <i>Urochloa</i>	Sorgo forrageiro + <i>Megathyrus</i>	<i>Megathyrus</i>
(2009-2010) Ano 5 (2013-2014) Ano 9 (2017-2018) Ano 13	Milho grão + <i>Urochloa</i>	Sorgo forrageiro + <i>Megathyrus</i>	<i>Megathyrus</i>	Soja
(2010-2011) Ano 6 (2014-2015) Ano 10 (2018-2019) Ano 14	Sorgo forrageiro + <i>Megathyrus</i>	<i>Megathyrus</i>	Soja	Milho grão + <i>Urochloa</i>
(2011-2012) Ano 7 (2015-2016) Ano 11 (2019-2020) Ano 15	<i>Megathyrus</i>	Soja	Milho grão + <i>Urochloa</i>	Sorgo forrageiro + <i>Megathyrus</i>

■ Rotação de cultura nos três primeiros anos   
 ■ Modelo de rotação adotado no quarto ano até os dias atuais

**Figura 1.2.** Evolução da rotação de culturas do sistema de integração lavoura-pecuária ao longo de 15 anos.

Desse modo, na gleba onde foi semeada soja no ano anterior será cultivada a lavoura de milho/braquiária; onde foi milho/braquiária será sorgo/*Megathyrus*; onde foi sorgo/*Megathyrus* será pastagem de *Megathyrus*; e onde foi pastagem será soja, conforme ilustrado na Figura 1.3. Após a colheita da soja, do sorgo e do milho, e depois da rebrota dos capins braquiária, *Megathyrus* e do capim com semeadura intercalar na soja, essas glebas também passam a ser utilizadas no

pastejo rotacionado, na entressafra. Desde os primeiros ciclos de rotação do sistema, foram realizadas tentativas de sobressemeadura de capins na gleba com soja, entretanto, a sobressemeadura a lanço do capim ao final do ciclo da soja não apresentou os resultados esperados, por coincidir com o final do período das chuvas. Por outro lado, a semeadura em sulcos, intercalar às linhas da soja no estágio reprodutivo R<sub>5</sub>, tem mostrado potencial para estabelecimento de pastagem de entressafra.

Fotos: Ramon Costa Alvarenga



**Figura 1.3.** Sequência da rotação anual de culturas (soja; milho e capim; sorgo e capim) e a pastagem conduzida nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária.

Embora a região não tenha restrição climática ao cultivo da soja, ela não tem tradição no cultivo dessa oleaginosa. A soja é importante em um sistema de rotação de culturas com gramíneas, e seus grãos têm amplo uso na alimentação animal. Dessa forma, a soja foi selecionada para compor o sistema ILP. A rotação permite alternar principalmente o uso de herbicidas, além dos inseticidas e até de

fungicidas. Isso contribui para diminuir a incidência de plantas daninhas, insetos-praga e doenças das plantas. Além disso, os grãos dessa oleaginosa podem ser destinados tanto para ração animal na fazenda quanto para a comercialização. Embora na região o cultivo ainda seja incipiente e dificulte muitas vezes o acesso a serviços de maquinário, como colhedora, por exemplo, existem opções de maquinários para atender áreas médias e pequenas, como pulverizadores ou mesmo colhedoras de pequeno porte que podem ser acopladas a tratores. Os resultados com a soja demonstram a viabilidade técnica e econômica dela para a região.

A lavoura mais cultivada na região é a de milho, especialmente para atender a demanda de silagem na entressafra para a pecuária. Esse cereal também é o mais utilizado no consórcio com capim, razão pela qual é uma cultura-chave no sistema ILP idealizado. Em várias regiões brasileiras, o consórcio viabiliza a produção de silagem e/ou grãos, e a introdução da forrageira consorciada ainda viabiliza seu pastejo semanas após a colheita do milho. No sistema ILP, nos dois primeiros anos de cultivo (2005/2006 e 2006/2007), o milho foi consorciado com capim-tanzânia (*Megathyrsus maximum* 'Tanzânia'). Nos anos subsequentes, o consórcio passou a ser feito com cultivares de braquiária (*Urochloa brizantha*), em razão da melhor adaptabilidade dessa espécie ao sistema produtivo proposto. Até 2012, o milho destinou-se somente para grãos, e, a partir da safra 2012/2013, a maior parte da área foi destinada à produção de silagem, e o restante para grãos. Essa alternativa é importante para o produtor, que pode conduzir o consórcio normalmente. A possibilidade de poder realizar a colheita para silagem de acordo com a sua demanda para o período de outono/primavera, e ainda adicionar à renda da propriedade a venda dos grãos excedentes, passa a ser uma alternativa econômica interessante. Igualmente importante é a pastagem consorciada que, após a colheita do milho, independentemente da época, aproveita o final do período chuvoso e das temperaturas altas para se estabelecer e possibilitar forragem de qualidade e quantidade para os animais no início do outono, reduzindo, ainda mais, os custos da atividade pecuária, estrategicamente, garantindo forragem em um período crítico para a região.

A inclusão do sorgo forrageiro no sistema de produção foi decorrente da sua maior adaptação às condições de clima regional, em especial, tolerância ao déficit hídrico por ocasião dos veranicos, que vêm se tornando mais acentuados.

A produção do sorgo forrageiro consorciado com capim do gênero *Megathyrsus* é destinada exclusivamente para silagem (Figura 1.4). Existem vários resultados de pesquisa que comprovam a viabilidade técnica desse sistema de cultivo, principalmente em regiões onde a restrição hídrica é mais severa. Além do perfilhamento, outra grande vantagem do sorgo forrageiro é a possibilidade de rebrota após a colheita da silagem que, junto ao capim, aumenta a produção de forragem para ser ensilada ou pastejada pelos animais no início do outono. Além dessas vantagens, e apesar de sua exigência nutricional, o sorgo é uma cultura que pode ser utilizada em solos onde a fertilidade está sendo reconstruída, ou quando o produtor dispõe de poucos recursos financeiros para o cultivo agrícola. Nesse caso, deve-se utilizar menos densidade de plantas e, certamente, a produtividade será menor.

Após a produção de grãos ou silagem, formam-se os pastos de entressafra. Em regiões onde a ausência de precipitação pode chegar a 5 meses do ano, a consorciação de culturas viabiliza a produção vegetal de duas espécies por proporcionar condições favoráveis ao crescimento e estabelecimento, sem comprometimento à produtividade de ambas. Nas glebas de lavouras, após a colheita de silagem ou de grãos, as áreas permanecem vedadas por um período para que a forrageira possa recuperar sua produção de perfilhos e folhas. Ao chegar à altura de manejo recomendada para cada espécie, a atividade pecuária se inicia nas glebas. Animais são colocados para pastejo rotacionado por gleba.

Na gleba onde foi cultivado o sorgo com *Megathyrsus*, em razão do seu maior potencial de produtividade de forragem, aliado à boa recuperação no início do próximo ciclo chuvoso do ano seguinte, a área é utilizada para pastejo, permanecendo, assim, por um período de 18 meses somente para pastejo dos animais. Decorrido este período, a pastagem é dessecada para semeadura da soja na sequência, em sistema plantio direto. Assim, durante o período da seca (entre maio e outubro), os animais pastejam as quatro glebas, recebendo apenas suplementação mineral. No período das águas (entre novembro e abril), pastejam apenas a gleba de pastagem subdividida por meio de cerca elétrica, em cinco piquetes, em um sistema rotacionado com aproximadamente 7 dias de ocupação e 28 de descanso, e avançando para o uso da altura como meta de manejo para entrada e saída dos animais nos piquetes.

As glebas onde serão cultivadas as lavouras são dessecadas em outubro, e a semeadura da nova safra é realizada preferencialmente em início de novembro, pois, para essa região, é o período em que as chuvas já estão com maior frequência e o solo já tem umidade suficiente. Assim, a cada ano agrícola, 75% da área no verão é ocupada com atividades agrícolas e 25% da área (uma gleba) fica com pastagem. No outono-primavera, 100% da área fica com atividade pecuária.

Atualmente, a cada novo ano agrícola, são feitas análises de solo para orientar as correções e adubações com base nos critérios de exigência das culturas e de produtividade. O monitoramento do potássio é de extrema importância nesses sistemas intensivos de produção que envolve silagem e pastagens, pois essas duas atividades extraem muito desse nutriente do solo em relação à produção de grãos (conforme capítulo sobre fertilidade do solo). No período chuvoso, na gleba ocupada com pastagem, são realizadas aplicações em cobertura com nitrogênio e, mais recentemente, com potássio.

Em relação à fase pastagem, nos primeiros anos de condução do sistema (2005 a 2008), foram utilizados bovinos machos de três graus de sangue para corte (Nelore, Nelore com Girolando e Nelore com Red Angus) em pastejo contínuo na gleba de pastagem. Nos anos seguintes, outros graus de sangue foram utilizados, sendo que nos anos de 2009, 2011/2012 e 2012/2013, frente à indisponibilidade de aquisição de bovinos machos, foram utilizadas no sistema vacas e novilhas girolandas, disponibilizadas pela Epamig, apenas como ferramenta para manutenção do manejo das pastagens, sem avaliação do desempenho animal. Em julho de 2013, com a formalização de parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e com um pecuarista local, garantiu-se o fornecimento dos animais nelores e provenientes de cruzamento industrial para recria e terminação no sistema. A partir de então, em resposta ao aumento na capacidade de suporte das pastagens, o número de animais foi ampliado, e verificou-se incremento no desempenho animal, repercutindo em um aumento significativo na produtividade de arrobas de carne no sistema ILP.

A partir de julho de 2015, como estratégia de intensificação, os bovinos passaram a ser terminados em confinamento visando ao atendimento do mercado frigorífico por animais com elevados nível de rendimento de carcaça e grau de acabamento. Além disso, havia a possibilidade de agregação de valor aos grãos e

à silagem produzidos no próprio sistema ILP. Então, esses animais chegavam ao sistema em julho de cada ano com peso médio de 180–200 kg, permaneciam nas pastagens até julho do ano seguinte, quando iam para o confinamento, com peso médio de 380–450 kg e, depois de 100 a 120 dias, eram abatidos com idade de 22 meses, peso vivo médio de 600–660 kg e rendimento de carcaça superior a 55%.

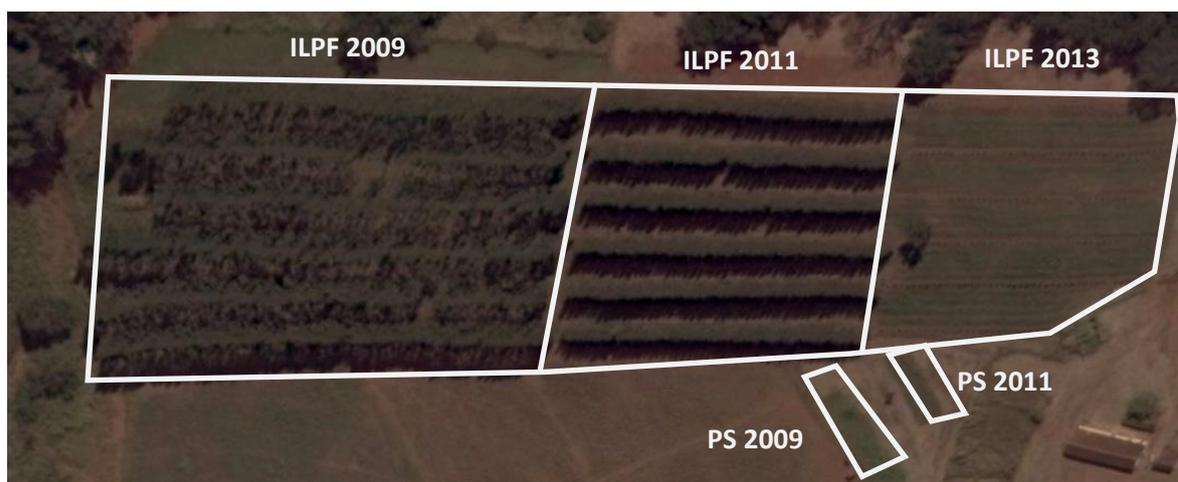
### **Histórico do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**

O estado de Minas Gerais possui grande potencial para exploração florestal, com condições de solo e clima propícias ao cultivo de espécies florestais, grãos, pecuária de leite e de corte. A região Central de Minas Gerais apresenta grande número e propriedades rurais focadas na produção pecuária. Entretanto, ela é um polo siderúrgico de grande expressão no estado, com demanda crescente por madeira reflorestada.

Neste sentido, a ILPF, utilizando o eucalipto como componente florestal, desponta como alternativa, por ser mais diversificada e potencialmente mais produtiva e estável do que as monoculturas e/ou os sistemas de produção tradicionais, com diversos benefícios e vantagens. Economicamente, diminuem-se os custos e diversifica-se a produção, o que, de certa forma, permite reduzir os riscos e a incerteza do mercado. Sob a ótica agrônômica, existem a melhoria química, física e biológica do solo, a intensificação da reciclagem de nutrientes e a redução acentuada da erosão hídrica, e, do ponto de vista zootécnico, há a melhoria na ambiência e no conforto animal.

Com o objetivo de gerar e validar tecnologias e sistemas integrados de produção agropecuária, visando disponibilizar alternativas sustentáveis para os produtores rurais da região do Cerrado Mineiro, bem como servir de base física para treinamentos e capacitações técnicas no tema, foi delineada e implantada, a partir de 2009, a URTP-Sete Lagoas em ILPF focada na avaliação do consórcio eucalipto-milho-capim. Conceitualmente, o sistema consiste na implantação de renques com fileiras simples de eucalipto e cultivo, nas faixas entre os renques, de milho consorciado com capim nos três primeiros anos de implantação. Já após a colheita do milho na terceira safra, o sistema entra na fase silvipastoril, com pastagem nas faixas entre os renques.

Assim, nos anos de 2009, 2011 e 2013, foram implantados seis renques de eucaliptos (*Eucalyptus urophylla*) com 100 m de comprimento no espaçamento 15 x 2 m, resultando em 333,3 árvores por hectare (Figura 1.4). No decorrer dos anos após a implantação dos sistemas foram realizadas, nas árvores de eucalipto, práticas silviculturais como a desrama e o desbaste, visando melhorar o ambiente para as culturas e pastagens nas faixas entre os renques.



**Figura 1.4.** Imagem aérea dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), composta pelos consórcios de eucalipto-milho-braquiárias e áreas a pleno sol (PS) implantados nos anos de 2009, 2011 e 2013.

Fonte: *Google Earth*. Edição: Miguel Marques Gontijo Neto.

Nos anos de implantação dos sistemas (2009, 2011 e 2013), nos três primeiros ciclos agrícolas, nas faixas entre os renques de *Eucalyptus* spp., foi realizada a semeadura simultânea em sistema de plantio direto do milho consorciado com diferentes cultivares de capim braquiária (*Urochloa brizantha*) respeitando-se uma distância de 1 m entre a primeira linha de semeadura do milho/braquiária da linha dos renques de eucalipto (Figura 1.5). As mesmas culturas também foram implantadas anualmente, a pleno sol, em áreas adjacentes.

Em todas as safras onde foi implantado o consórcio milho-capim e nas faixas entre os renques de eucalipto foram realizadas avaliações de produtividade de silagem e de grãos. Após a colheita do milho na terceira safra após a implantação de cada talhão, ficaram estabelecidas as pastagens que, então, foram avaliadas quanto à produtividade e qualidade de forragem até outubro de 2019.



**Figura 1.5.** Vista geral dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com (A) o consórcio eucalipto-milho-capim e (B) na fase silvipastoril subsequente.

Atualmente, as áreas implantadas consistem em seis sistemas integrados com diferentes épocas de implantação, densidades de árvores e arranjos espaciais das árvores mais os sistemas de lavouras e pastagens a pleno sol (PS) implantados e conduzidos da mesma forma que as faixas entre os renques dos sistemas ILPF. Os detalhes técnicos da implantação dos sistemas e os resultados de produtividade dos componentes agrícolas, pecuários e florestais serão apresentados e discutidos posteriormente em um capítulo específico.

### **Considerações finais**

Dados o grande número de variáveis, fatores não controlados e complexidade inerente ao tema, os avanços na identificação e recomendação de práticas de manejo precisam ser embasados em experimentação regionalizada e de longa duração, demandando gerenciamento estratégico das intervenções de campo, avaliações em sistemas manejados em escala comercial, análise de dados e construção das soluções para o produtor.

Assim, nos sistemas produtivos intensificados conduzidos na URTP ILPF da Embrapa Milho e Sorgo, nestes 15 anos, além dos aspectos de produtividade e de viabilidade econômica, contemplou-se também a ampliação de serviços ecossistêmicos, especialmente os associados às mudanças climáticas, que resultaram em diversas recomendações técnicas e práticas agropecuárias associadas à estratégia ILPF.

Dentre essas orientações, destacam-se:

- a) Identificação e indicações técnicas de alternativas de consorciações e de rotações de culturas para o aperfeiçoamento de sistemas ILP adaptados à região do Cerrado mineiro.
- b) Estratégias de construção da fertilidade química do solo para o estabelecimento de sistemas integrados na região Centro-Norte de Minas Gerais.
- c) Indicação de alternativas culturais e práticas de manejo associadas à melhoria da qualidade do solo e ao uso eficiente de nutrientes e água em sistemas ILP e ILPF no Cerrado mineiro.
- d) Práticas agropecuárias e silviculturais para sistemas de integração Lavoura-Pecuária-floresta na região do Cerrado de Minas Gerais.
- e) Práticas agropecuárias para a intensificação pecuária em sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado de Minas Gerais.
- f) Estratégias e potencial de neutralização de GEEs em sistemas ILPF.
- g) Software destinado ao público externo, para rendimento florestal e de desdobro de madeira, além de inúmeras ações de transferência de tecnologias.

Portanto, com os resultados alcançados nestes 15 anos de pesquisas, é possível afirmar que a região possui vocação para desenvolver sistemas intensivos e sustentáveis de produção agropecuária e madeireira. Além disso, os sistemas demonstrados servem de exemplo ou referência, mas não se pode deixar de alertar que algumas das tecnologias adotadas deverão ser ajustadas para uma nova realidade. Finalizando, a vocação do produtor rural e o capital disponível darão o tom na intensidade dessa mudança, reforçando mais uma vez que, havendo um planejamento prévio, as coisas acontecerão ao seu tempo e o objetivo final será alcançado.

## 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, 237).

PANOSO, L. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo**: suas características e classificação no novo Sistema Brasileiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 92 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).



## Capítulo 2

# Resiliência de sistemas de integração lavoura-pecuária a veranicos na região Central de Minas Gerais

Daniel Pereira Guimarães  
Paulo Emílio Pereira de Albuquerque  
Elena Charlotte Landau  
Ramon Costa Alvarenga  
Gabriel Ribeiro Brandão



Foto: Daniel Pereira Guimarães

## **Introdução**

As excelentes condições edáficas e climáticas dos Cerrados permitiram a rápida expansão da agropecuária nacional, fazendo com que o setor agrícola tenha grande contribuição no produto interno bruto do País e em sua pauta de exportações. A oferta hídrica proporcionada pelo regime de chuvas no Brasil permite que 92,5% das lavouras sejam cultivadas pelo uso de águas oriundas do ciclo hidrológico e apenas 7,5% sejam dependentes do aporte de água de irrigação (Agência Nacional de Águas, 2020), enquanto, de acordo com Mantovani et al. (2012), a metade dos alimentos produzidos no mundo depende do uso da irrigação. Por outro lado, a incidência de chuvas de altas intensidades e altas temperaturas e radiação solar são fatores que contribuem para a degradação dos solos e a consequente perda de produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários. De acordo com Santos e Martins (2016), a agricultura constitui uma ação de alto risco, com sérias consequências para a sociedade e reflexos na segurança alimentar e na área econômica. As perdas relacionadas aos riscos climáticos são provocadas por vendavais, chuvas de altas intensidades, alagamentos, geadas, granizos, altas temperaturas e, principalmente, pela ocorrência de períodos de estiagens durante o crescimento das culturas, denominados de veranicos.

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (Zarc), instrumento orientador das épocas mais adequadas para o plantio das principais culturas agrícolas no Brasil, tem como base a disponibilidade hídrica durante as fases críticas de crescimento que correspondem ao florescimento e ao crescimento dos frutos. Essa metodologia vem sendo aprimorada desde a elaboração do primeiro zoneamento agrícola realizado no Brasil, em 1995 (Steinmetz; Silva, 2017). A análise do Índice de Satisfação da Necessidade de Água (Isna) trata exatamente da ocorrência de estiagens durante a estação chuvosa, ou seja, dos veranicos. Melo et al. (2020) mostram a importância de incluir outras fases do crescimento das culturas nas análises de riscos climáticos. Monteiro et al. (2019) apontam que a deficiência hídrica responde pela explicação de 83% das variações de produtividade da soja na região Sul do Brasil.

A disponibilidade hídrica dos solos depende também das características inerentes ao solo, como textura, profundidade, teor de matéria orgânica e cobertura da superfície. Santos (2017) mostra o impacto da cobertura morta de

palhada de cana-de-açúcar em decomposição sobre a temperatura e umidade de diferentes tipos de solo em São Paulo, SP. A adoção dos sistemas de plantio direto na palha trouxe expressivos ganhos em produtividade e na sustentabilidade ambiental da agricultura brasileira.

Sistemas de produção agrícola sustentáveis, resistentes às adversidades climáticas e altamente produtivos são fundamentais para garantir a segurança alimentar no futuro tendo em vista a expansão populacional do planeta para cerca de 9,7 bilhões de indivíduos em 2050, de acordo com as projeções feitas pela Organização das Nações Unidas (ONU). Na área agrícola, foram observados grandes avanços nesse sentido com o uso de plantas de cobertura do solo e o uso de plantio direto na palha. Ainda existem grandes áreas de pastagens degradadas no Brasil, locais onde os avanços são menos proeminentes. A implantação das áreas de pastagens na região dos Cerrados foi feita sem levar em conta muitos critérios técnicos. De acordo com Kichel et al. (2019), foram estabelecidas em solos ácidos e de baixa fertilidade natural, sendo usados, em muitos casos, solos marginais e inadequados para o uso agrícola. De acordo com a FAO (Bruinsma, 2003), as áreas de pastagens correspondem ao dobro das áreas destinadas à agricultura e culturas permanentes e são responsáveis por grandes impactos ambientais, como o desflorestamento, especialmente na América Latina, a degradação dos solos em função do sobrepastoreio, o aumento da desertificação, a redução da biodiversidade, o aumento da poluição e a emissão de gases de efeito estufa. Carvalho et al. (2017) informam que 80% das pastagens cultivadas no Brasil encontram-se degradadas, ou seja, incapazes de suprir os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais nos sistemas de produção agropecuários. Com a utilização de geotecnologias, Andrade et al. (2016) mostram que em Minas Gerais cerca de 2 milhões de hectares de áreas de pastagens apresentam tendências de aumento nos processos de degradação. Broom (2019) mostra a grande importância do uso de sistemas agropastoris no aumento da produtividade, redução da área plantada, melhoria no conforto animal e ganhos na sustentabilidade ambiental. Gontijo Neto et al. (2018) citam ainda melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, redução dos custos de produção, otimização do uso de máquinas, implementos, insumos e mão de obra, redução no uso de agroquímicos, melhoria na qualidade da água e recarga

do lençol freático, fixação do carbono no solo e menor emissão de gás metano de origem animal.

Este capítulo tem o objetivo de avaliar o impacto causado pela incidência de veranicos sobre o desempenho de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), em Sete Lagoas, Minas Gerais, com relação à temperatura, à evapotranspiração, à disponibilidade hídrica e à análise de riscos climáticos.

### **Caracterização do local**

Com o objetivo de buscar mais conhecimentos sobre os consórcios de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), a Embrapa Milho e Sorgo vem conduzindo diferentes arranjos experimentais desde 2005, na cidade de Sete Lagoas, MG. O estado de Minas Gerais é o principal produtor leiteiro e detém o quarto maior rebanho bovino do País. O clima local e predominante em quase toda a região dos Cerrados é classificado, de acordo com a classificação de Köppen, como *Aw* – Tipo *A*: megatérmico (tropical úmido) – com temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C e subtipo *w* – inverno seco e chuvas máximas de verão (Macena et al., 2008). A área experimental foi instalada em Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa e relevo suavemente ondulado.

### **Bases de dados climatológicos**

A Estação Climatológica Principal de Sete Lagoas pertence à rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, órgão oficial da meteorologia no País. A estação convencional, operada manualmente, foi instalada nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, Minas Gerais, coordenadas geográficas 19°29'4,37" latitude S e 44°10'25,66" longitude W e altitude de 755 m. A estação convencional operou desde 3 de maio de 1926, sendo que a partir de abril de 2016 foi substituída pela estação meteorológica de superfície automática com as coordenadas geográficas 19°27'18,69" latitude S, 44°10'22,89" longitude W e altitude de 728 m. Nas estações convencionais, as variáveis atmosféricas registradas pelos sensores são: pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, insolação e direção e velocidade do vento. Nas estações automáticas é avaliada a

incidência de radiação solar ao invés do número de horas de brilho solar (insolação). A caracterização climática de Sete Lagoas envolveu a série histórica de 90 anos entre 1930 e 2020.

### Climatologia e riscos climáticos

A série histórica permitiu a determinação das normais climatológicas de chuva, temperatura, umidade relativa para análises de tendências futuras. Determinaram-se também as normais de evapotranspiração potencial ou de referência calculadas pelo método de Penman Monteith (Allen et al., 1998), Equação 2.1:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \lambda \frac{900}{(T + 273)} U_2(es - ea)}{\Delta + \lambda (1 + 0,34U_2)} \quad (2.1)$$

em que

$ET_o$  = evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ ).

$R_n$  = saldo de radiação na superfície ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ).

$G$  = fluxo de calor sensível no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ).

$T$  = temperatura média do ar a 2 m do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$U_2$  = velocidade do vento a 2 m ( $\text{m s}^{-1}$ ).

$es$  = pressão de saturação de vapor (kPa.),

$ea$  = pressão parcial de vapor (kPa).

$\Delta$  = declividade da curva de pressão de vapor de saturação ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

$\lambda$  = coeficiente psicrométrico ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

A caracterização dos veranicos não tem um padrão definido. Magalhães et al. (2019) e Nogueira (2019) usaram como critério o número de dias consecutivos sem a ocorrência de chuvas ou com precipitações inferiores a  $2 \text{ mm dia}^{-1}$ , de acordo com os conceitos adotados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) (Moreira, 2018). Gaia et al. (2017) e Jacondino et al. (2018) consideram precipitações nulas ou inferiores a  $1 \text{ mm dia}^{-1}$ . Silva e Rao (2002), analisando a probabilidade da ocorrência de veranicos no Ceará, adotaram a ausência de chuvas ou incidência de precipitações inferiores a  $5 \text{ mm}$  durante o decêndio. Santos e Ferreira (2016) optaram por caracterizar a

duração dos veranicos tendo como base o número de dias em que a precipitação foi inferior à metade da evapotranspiração ocorrida.

Os impactos ocasionados pelos períodos de estiagens (veranicos) durante a estação chuvosa na agricultura variam em função da água disponível no solo anteriormente à ocorrência do fenômeno, condições atmosféricas reinantes, capacidade de retenção de água pelos solos (textura, profundidade), cultura agrícola e fase de crescimento.

A adaptação da planilha de irrigação desenvolvida por Albuquerque (2007) para a avaliação do balanço hídrico diário das culturas traz uma nova abordagem ao conceito de veranico na agricultura. O balanço hídrico leva em consideração a disponibilidade hídrica em relação à estiagem tendo em consideração fatores como chuva efetiva (realmente internalizada no solo), capacidade de retenção da água no solo (CAD), evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e potencial ou máxima (ET<sub>c</sub>), demanda hídrica em função do tipo de cultura e fase de crescimento. Embora a planilha de manejo de irrigação (Albuquerque, 2007) tenha sido criada para o cálculo de lâminas de irrigação, há também indicação de déficits de água no solo, caso a irrigação não seja realizada no dia indicado, ou há indicação de excessos (água acima da capacidade de campo), caso seja aplicada água excessiva de irrigação ou de precipitação pluviométrica. Também com essa planilha é possível verificar a evapotranspiração real, condição que ocorre em situação de déficit de água no solo. Com isso, pode-se calcular o  $I_{sna}$ , que é a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>r</sub>/ET<sub>c</sub>). No presente estudo, foi condicionado que, quando o armazenamento de água no solo estivesse abaixo de 35% da CAD, havia limitação sobre a evapotranspiração máxima da cultura de tal forma que  $ET_r < ET_c$  linearmente até o esgotamento quase total da água no solo na profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z_{max}$ ).

O coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) do sistema de integração lavoura-pecuária teve como base uma adaptação dos resultados obtidos por Fietz et al. (2019) para o consórcio de milho safrinha com braquiária em Dourados, MS. As tendências de variação do  $K_c$  ao longo do ciclo das culturas consorciadas e a transformação de informações obtidas em intervalos de cinco dias para estimativas diárias de demanda hídrica foram obtidas pelo ajuste da função de

densidade probabilística de Weibull de dois parâmetros, dada pela Equação 2.2:

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad (2.2)$$

em que

$f(x)$  = variabilidade do coeficiente de cultivo ao longo do ciclo.

$x$  = tempo decorrido após a semeadura (dias).

$b$  = parâmetro referente à taxa de expansão (escala) da distribuição probabilística.

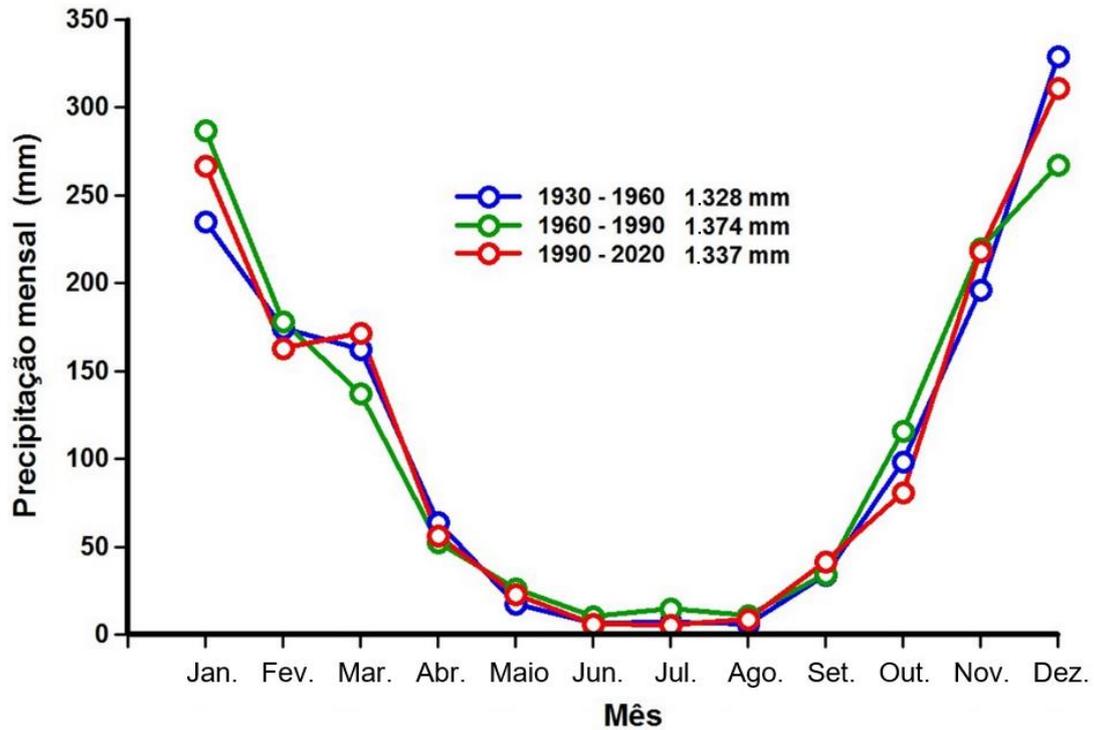
$c$  = parâmetro referente à forma (inflexão) da distribuição probabilística.

$e$  = base do logaritmo neperiano.

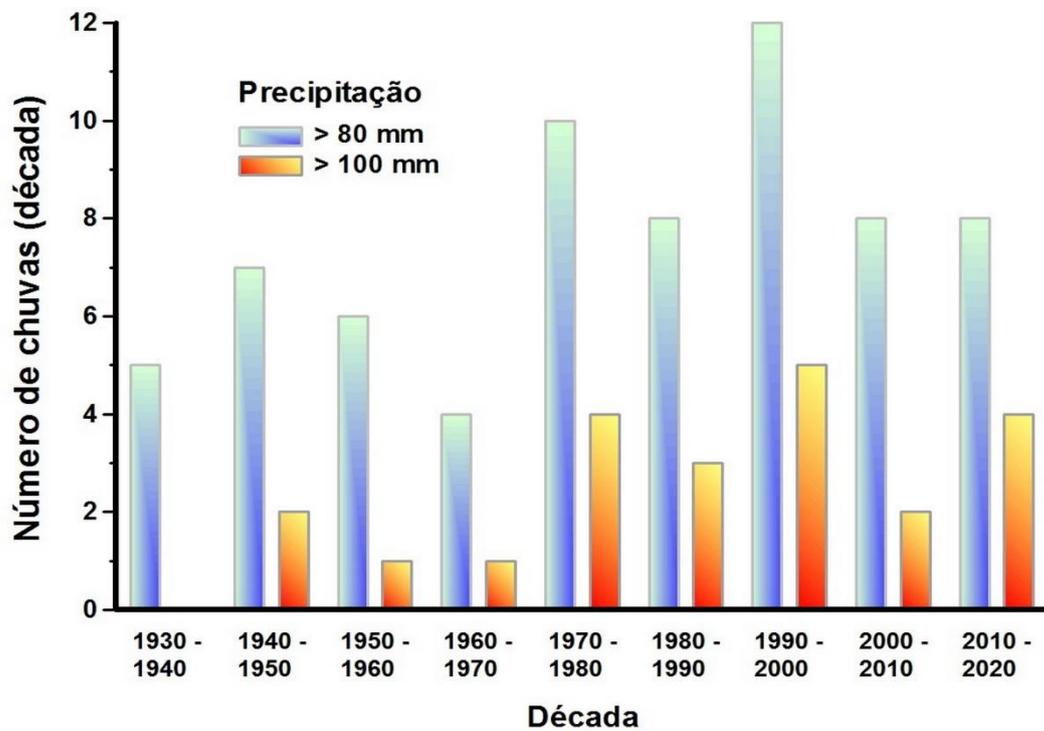
A partir das informações da evapotranspiração potencial de Penman Monteith e da incidência de chuvas na área experimental, foi possível determinar o Isna para as diferentes fases de crescimento do sistema consorciado com o uso da planilha de irrigação.

### **Caracterização e tendências climáticas**

A análise de 90 anos da série histórica de variáveis meteorológicas permitiu estabelecer padrões e tendências das chuvas, temperatura e umidade relativa. As informações sobre a incidência de ventos são inconclusivas em função da falta de manutenção do anemômetro. A Figura 2.1 ilustra a ocorrência das chuvas em Sete Lagoas com base em três normais climatológicas, evidenciando não haver tendências de mudanças nos padrões de precipitação nos últimos 90 anos. A Figura 2.2 mostra a tendência de ocorrência de chuvas de altas intensidades. Verifica-se uma tendência de aumento na ocorrência de chuvas acima de 80 e 100 mm dia<sup>-1</sup> a partir da década de 1970.



**Figura 2.1.** Normas de precipitações pluviométricas em Sete Lagoas nos últimos 90 anos.



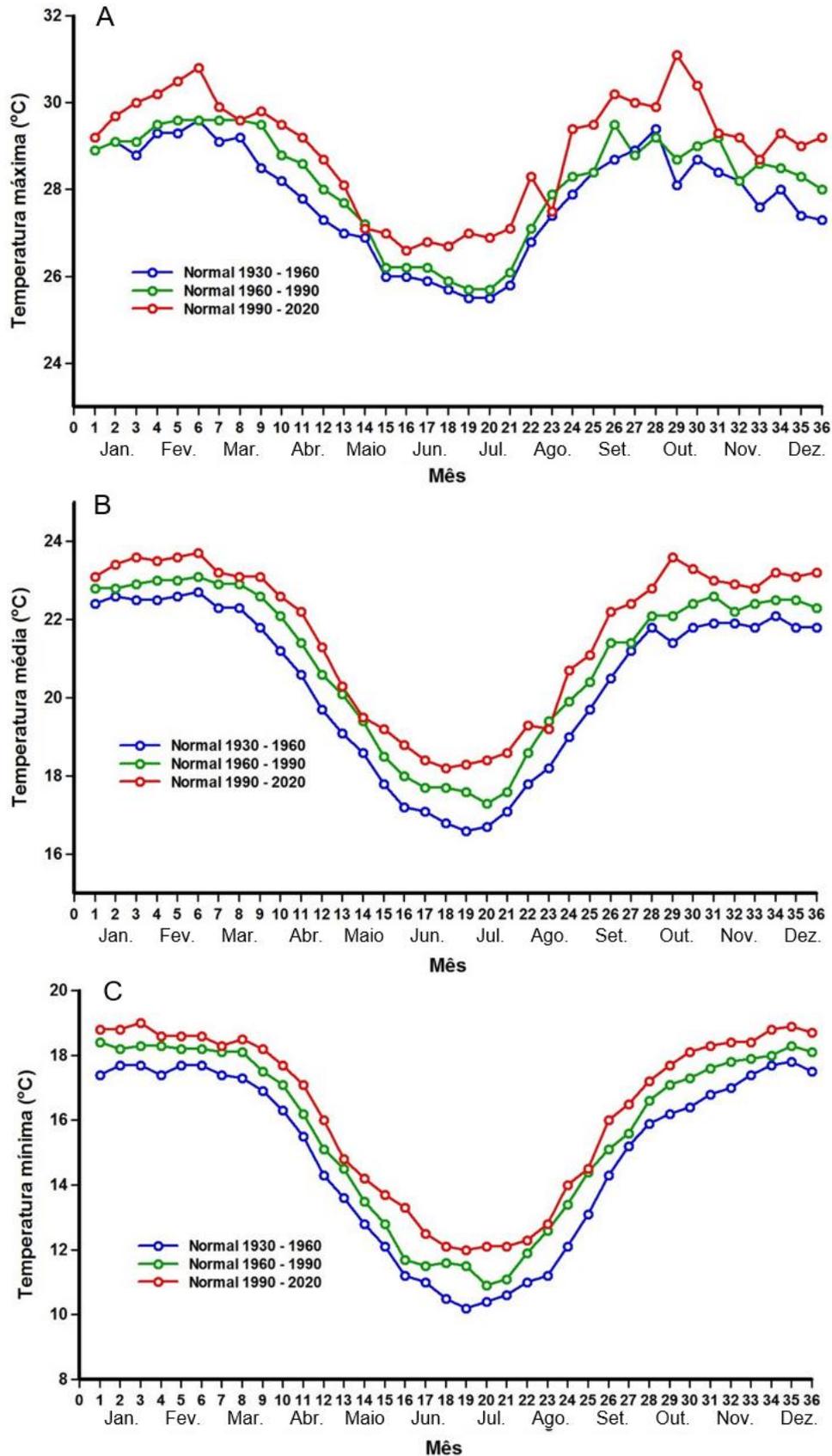
**Figura 2.2.** Ocorrências de precipitações diárias acima de 80 mm e 100 mm por década entre 1930 e 2020 no município de Sete Lagoas, MG.

As variações das temperaturas máximas, médias e mínimas em Sete Lagoas são mostradas na Figura 2.3, e evidenciam tendências de aumentos ao longo do tempo. As temperaturas mínimas seguem padrões mais definidos de mudanças e variações ao longo dos meses, enquanto as temperaturas máximas apresentam maiores variabilidades mensais, indicando a ocorrência de eventos extremos. Essas tendências podem estar associadas às mudanças climáticas globais como a redução do albedo<sup>1</sup> em função da redução da cobertura vegetal e expansão das áreas urbanizadas. A análise das alterações nas temperaturas máxima, mínima e média ao longo de 90 anos mostrou que para todos os meses do ano existe uma tendência de aumento ao longo do tempo.

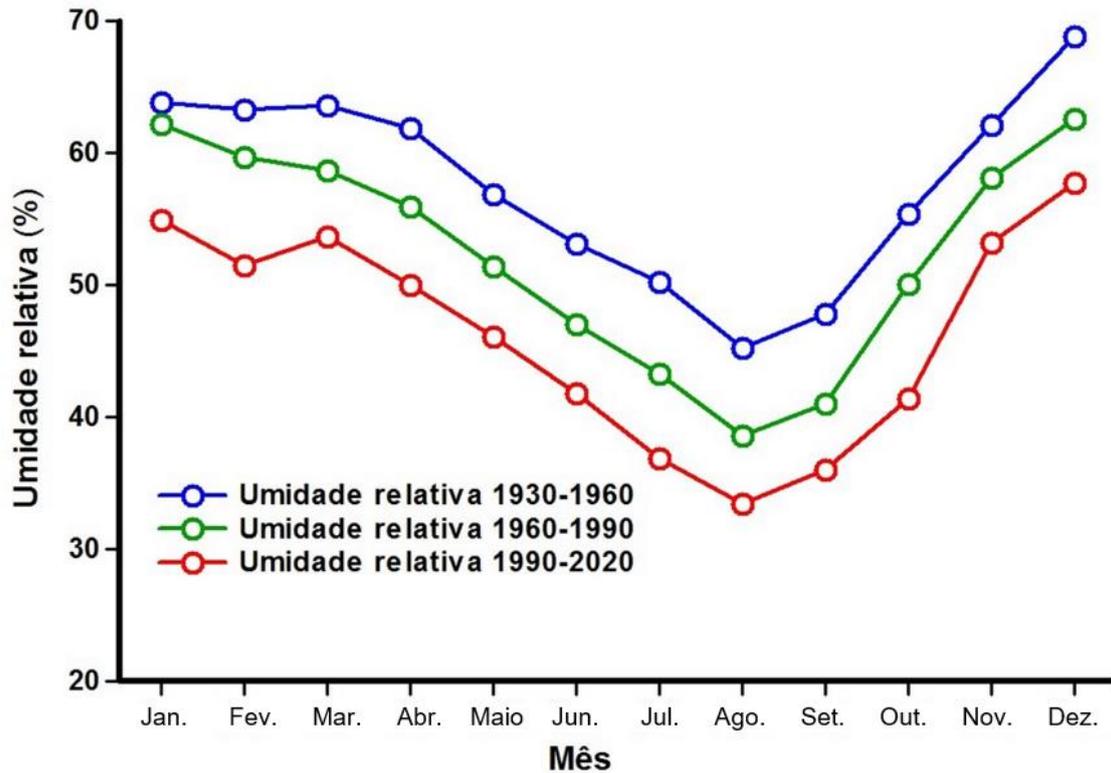
A Figura 2.4 mostra que existe uma tendência de redução da umidade relativa do ar em função do tempo.

---

<sup>1</sup> Albedo ou coeficiente de reflexão: medida de refletividade de uma superfície, indicadora da capacidade de absorção dos raios solares. Redução do albedo implica aumento da energia solar absorvida, contribuindo para o aumento da temperatura e amplificação das mudanças climáticas.



**Figura 2.3.** Tendências de variação das temperaturas máximas, médias e mínimas em Sete Lagoas em relação às normais climatológicas de 1930-1960, 1960-1990 e 1990-2020: (A) temperaturas máximas, (B) temperaturas médias e (C) temperaturas mínimas.



**Figura 2.4.** Tendências de alterações na umidade relativa do ar em Sete Lagoas, MG.

### Coeficiente de cultivo

A interpretação dos resultados referentes à determinação do coeficiente de cultivo de milho consorciado com braquiária de Fietz et al. (2019) mostrou que os valores obtidos para o ano de 2017 ficaram muito abaixo do esperado para os períodos relativos a 55 dias, 65 dias e 75 dias após a semeadura, além de grande variabilidade nas tendências da distribuição. A determinação dos valores diários do coeficiente de cultivo foi efetuada pelo ajuste da distribuição probabilística de Weibull (Figura 2.5) com a inclusão do valor assintótico, sendo dada pela Equação 2.3:

$$Kc = \theta \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{\left[-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right]} \quad (2.3)$$

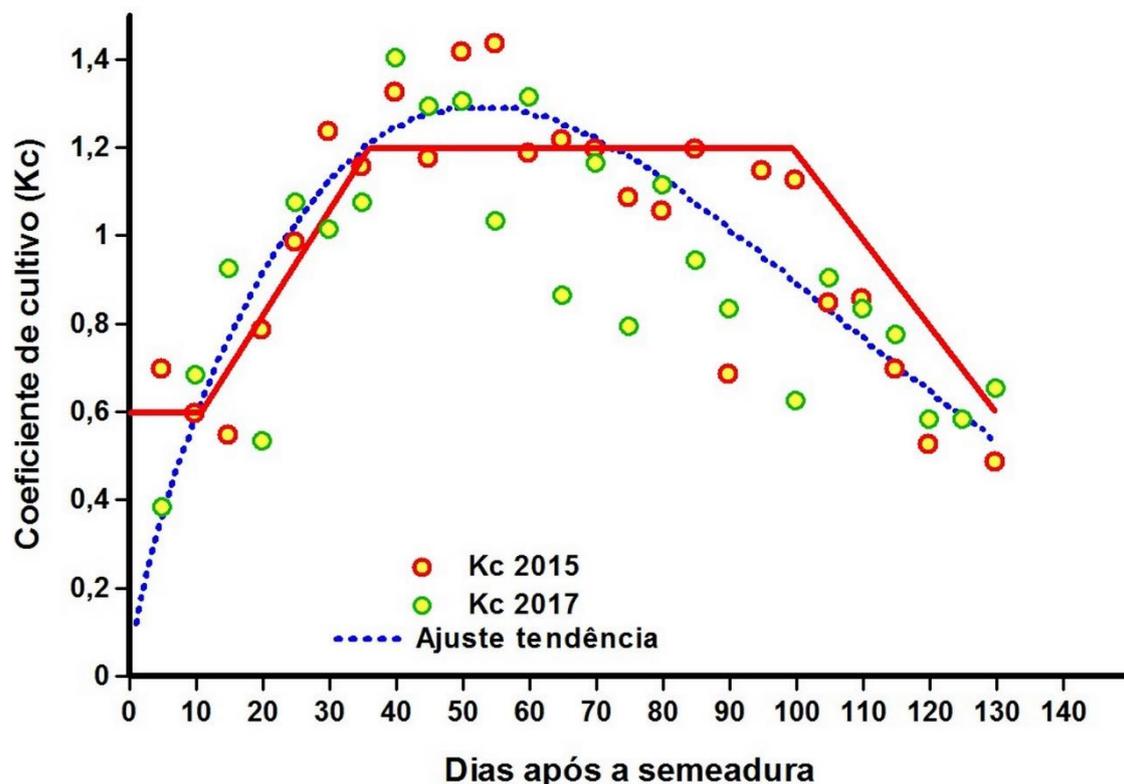
com os seguintes resultados de ajuste não linear:

$$\theta = 145,9175$$

$$b = 88,2244$$

$$c = 1,7027$$

$$R^2 = 0,7707$$

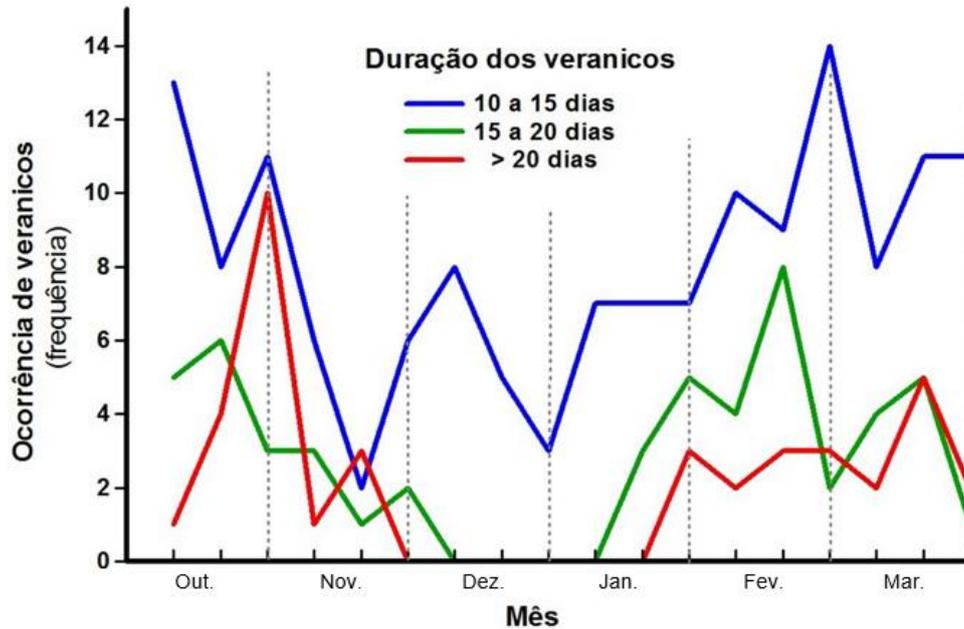


**Figura 2.5.** Ajuste da função de densidade probabilística de Weibull na tendência de variação do coeficiente de cultivo do milho consorciado com braquiária determinado por Fietz et al. (2019).

### Veranicos e Índice de Satisfação da Necessidade de Água

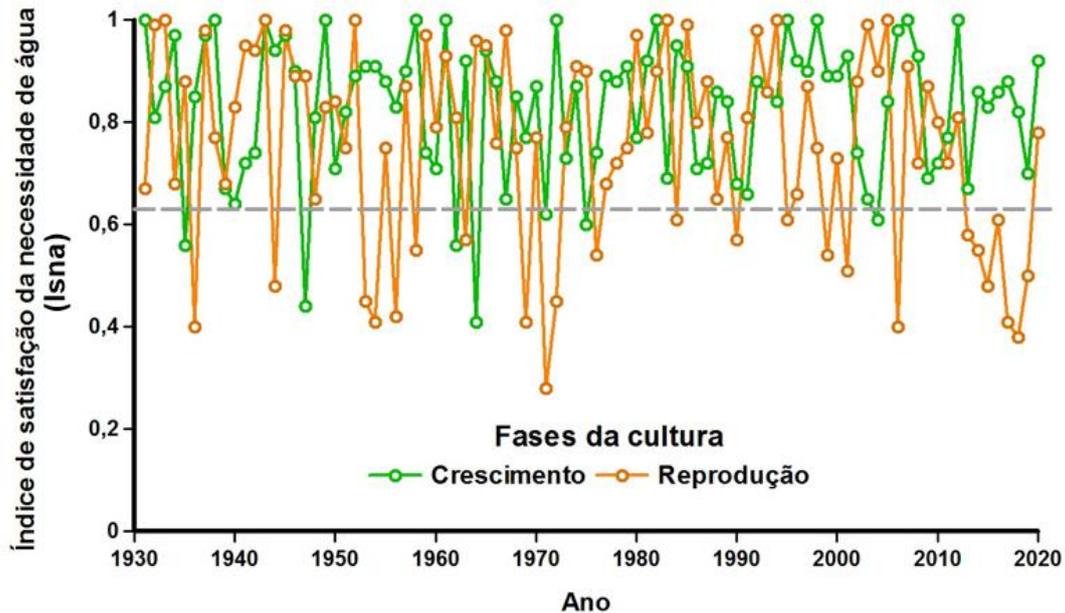
A determinação do balanço hídrico diário durante o ciclo do cultivo consorciado em sistema de ILP permitiu identificar o número de dias em que o sistema de produção passou por estresse hídrico ocasionado pelo não suprimento hídrico requerido pelas plantas em função das estiagens. Nesse procedimento, os primeiros dias após o início da estiagem não são computados na duração do veranico, uma vez que a determinação de seu início se dará a partir do momento em que a oferta hídrica será inferior à demanda das culturas. O estabelecimento da data final do estresse hídrico ocorrerá quando a reposição da água no solo pela incidência de chuvas for suficiente para suprir a demanda nas fases de crescimento das plantas. Em 90 anos de observações, durante o período da estação das chuvas que se estende de outubro a março e de acordo com a metodologia adotada, foram registrados 146 veranicos com durações entre 10 e 15 dias (1,6 por ano), 52 com durações entre 15 e 20 dias (0,6 por ano) e 39 com durações superiores a 20 dias (0,3 por ano). A Figura 2.6 mostra a nítida

tendência dos maiores riscos de ocorrência dos veranicos no início e final da estação chuvosa. O mês de dezembro e o primeiro decêndio de janeiro não registraram ocorrências de veranicos com durações superiores a 20 dias. Para a interpretação da figura, ressalta-se que a data final de ocorrência do veranico corresponde a seu período de ocorrência.



**Figura 2.6.** Frequências de ocorrência de veranicos em Sete Lagoas, MG, durante 90 anos.

As tendências de variação do suprimento hídrico para as fases de crescimento e reprodutiva do milho são apresentadas na Figura 2.7. Esses resultados evidenciam uma maior variabilidade da disponibilidade hídrica durante a fase reprodutiva. Durante 90 anos, foram observados 82 casos em que a fase de crescimento teve suprimento hídrico ( $Isna > 0,6$ ) adequado para os requerimentos da cultura, representando 91% dos casos. Para a fase reprodutiva ocorreram 66 casos (73%) em que o suprimento hídrico foi adequado, em consonância com as indicações do Zarc. A maior variabilidade dos valores de  $Isna$  na fase crítica de exigência hídrica indica o acerto na seleção da fase reprodutiva como principal elemento de discriminação para o estabelecimento de riscos climáticos.

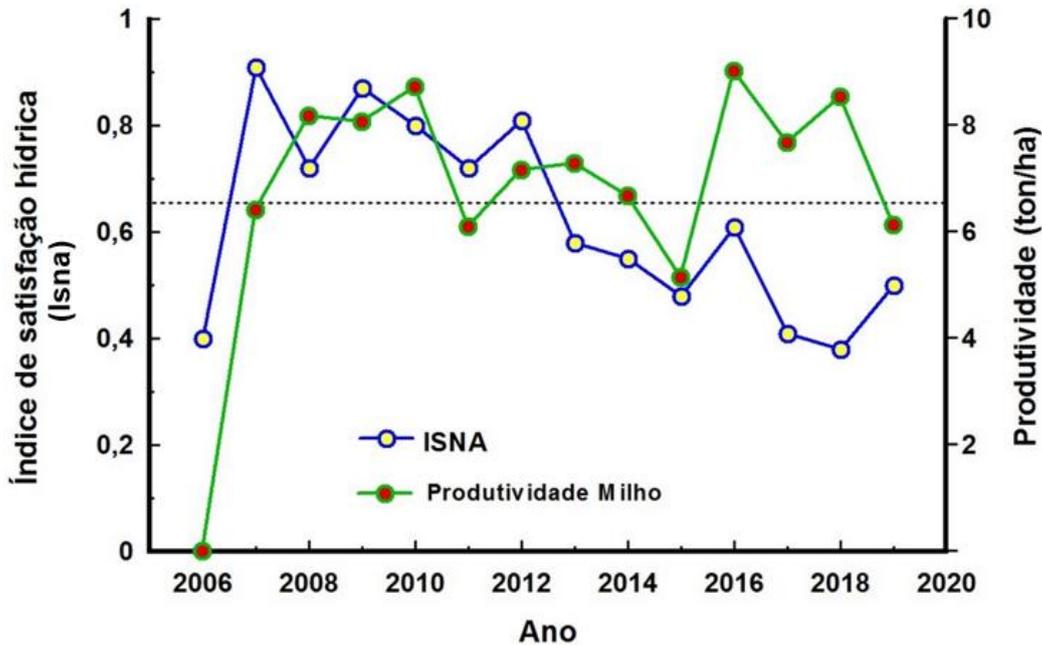


**Figura 2.7.** Simulação dos Índices de Satisfação da Necessidade de Águas (Isna) para o cultivo de milho consorciado com braquiária entre 1930 e 2020 em Sete Lagoas, MG.

Os anos mais críticos para o cultivo de milho/braquiária em Sete Lagoas ocorreram entre 2010 e 2020 sendo que em 7 anos os valores de Isna ficaram abaixo de 0,65. Durante os 90 anos analisados, ocorreram 13 casos em que os valores de Isna foram inferiores a 0,50, sendo que quatro casos ocorreram nos últimos cinco anos. A menor disponibilidade hídrica do solo durante a fase reprodutiva do milho ocorreu na estação chuvosa entre os anos de 1970 e 1971, quando o suprimento hídrico foi 28% do demandado pela cultura.

### Índice de Satisfação da Necessidade de Água versus Produtividade

A Unidade de Referência Tecnológica (URT) de ILPF foi implantada na Embrapa Milho e Sorgo em 2005 (Alvarenga et al., 2007). Os sistemas de consórcio agricultura-pastagens envolvem cultivos rotacionados visando à produção de grãos (milho, soja e sorgo) em consórcio com forrageiras (*Brachiaria* spp. e *Panicum* spp.), conforme Alvarenga et al. (2018). A comparação das produtividades obtidas nos cultivos consorciados de milho e forrageiras é apresentada na Figura 2.8.



**Figura 2.8.** Variações temporais do Índice de Satisfação da Necessidade de Água (Isna) e a produtividade do milho consorciado com pastagem em Sete Lagoas, MG.

O primeiro cultivo de milho teve perda total em função da alta deficiência hídrica durante a fase de florescimento e enchimento de grãos. Nessa safra, o valor do Isna foi de 0,4, ou seja, a água disponível no solo foi suficiente para atender apenas 40% da demandada pelas plantas. Durante as seis safras subsequentes, as condições climáticas foram favoráveis, sendo que o Isna teve variações entre 0,72 e 0,91, representando baixos riscos de perdas pela deficiência hídrica. A partir de 2013, a região sofreu fortes impactos pela ocorrência dos veranicos, e o Isna foi similar ao ocorrido durante a perda total da produtividade no primeiro ano de cultivo do sistema consorciado. No entanto, as produtividades do milho não foram impactadas pela baixa disponibilidade hídrica indicada na modelagem do balanço hídrico. Análises complementares poderão contribuir para explicar esses resultados, como as alterações na capacidade de retenção de água em função do aumento nos teores de matéria orgânica e estrutura dos solos, o aumento da profundidade efetiva das raízes em função da contribuição das forrageiras para melhoria da aeração e do teor de matéria orgânica no perfil do solo, a redução das perdas de água pela cobertura morta e a melhoria da fertilidade nas camadas mais profundas do solo.

## Considerações finais

O presente capítulo chegou às seguintes conclusões:

- Não existem evidências de alterações na precipitação pluviométrica em Sete Lagoas nos últimos 90 anos.
- As chuvas de altas intensidades, correspondentes a volumes de 80 a 100 mm dia<sup>-1</sup>, tendem a apresentar aumentos de incidência ao longo do tempo.
- As temperaturas mínima, média e máxima apresentam tendências de aumentos ao longo dos últimos 90 anos. As variações nas temperaturas mínimas apresentam tendências mais definidas enquanto maiores variabilidades são observadas nas temperaturas máximas.
- A umidade relativa do ar apresenta tendência de redução ao longo do tempo.
- A ocorrência de veranicos em Sete Lagoas tem maior incidência no início e final da estação chuvosa. O mês de dezembro tem a menor incidência de veranicos, sendo que em 90 anos não foram registrados veranicos com durações superiores a 15 dias de acordo com a metodologia adotada.
- Para plantios no início de novembro, o suprimento hídrico determinado pelas chuvas em plantios consorciados milho/forrageiras é menos crítico durante a fase de crescimento do que durante a fase de florescimento e enchimento dos grãos.
- As estiagens na última década provocaram altos índices de riscos de deficiência hídrica para a agricultura de sequeiro em Sete Lagoas, MG.
- A produtividade do milho consorciado com forrageiras foi pouco impactada pela ocorrência de altos riscos climáticos acarretados pela ação dos veranicos na última década. Esses resultados podem estar relacionados com as melhorias trazidas pelo sistema de produção agrícola.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017)**. Brasília, DF, 2020. 63 p.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 97).

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES D.; SMITH. M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- 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.; LOPES, L. S. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 23 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 237).
- 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).
- ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. de D.; NOGUEIRA, S. F. Geotecnologia: recuperação de pastagens no cerrado. **Agroanalysis**, v. 10, p. 30-33, 2016.
- BROOM, D. M. Land and water usage in beef production systems. **Animals**, v. 9, n. 6, article 286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9060286>.
- BRUINSMA, J. (ed.). **World agriculture**: towards 2015/2030: an FAO perspective. London: Earthscan Publications; Roma: FAO, 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **PUBVET**, v. 11, n. 10, p. 947-1045, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045>.
- FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L.; CECCON, G. Demanda hídrica e coeficientes de cultivo de milho safrinha consorciado com braquiária. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, p. 325-330, 2019.
- GAIA, C. D. C.; MARTINS, C. G. D.; TAVERNY, A. S.; ARAÚJO, M. S.; COSTA, E. F. N.; SOUZA, R. O. R. M. Ocorrência de veranicos em Paragominas-PA, Brasil. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2017.
- 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. 2018.
- JACONDINO, W. D.; CONRADO, H.; NASCIMENTO, A. Análise de veranicos intensos na região sul do Brasil e condições sinóticas associadas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, p. 337-389, 2018.
- KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ZIMMER, A. H.; SOARES, C. O.; ALMEIDA, R. G. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF**: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 49-58.
- MACENA, F. A.; ASSAD, E. D.; STEINKE, E. T.; MÜLLER, A. Clima do bioma cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2, p. 93-148.
- MAGALHÃES, A. J. S.; ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; NUNES, F. T.; BARBOSA, A. C. B.; SANTOS, A. C. S.; SOMBRA, S. S. Veranicos no Brasil: observações e modelagens (CMIP5). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 4, p. 597-626, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786344072>.

- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. atual. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- MELO, A. C. A.; NOBRE JÚNIOR, A. A.; SILVA, F. A. M.; ABREU, L. M. Zoneamento de risco climático para cultivo da soja no Cerrado. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 1, p. 26-36, jan./fev. 2020. DOI <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i1.8249>.
- MONTEIRO, J. E. B. A.; CUADRA, S. V.; BARIONI, L. G.; NAKAI, A. M.; MACIEL, J. R.; OLIVEIRA, A. F.; VICTORIA, D. C. Estudo de caso de um Zoneamento Agrícola de Risco da Produtividade Climática (ZARCPPro). **Agrometeoros**, v. 27, n. 1, p. 1-8, 2019.
- MOREIRA, L. G. **Ocorrências de veranicos e seus efeitos sobre o cultivo do consórcio feijão caupi–capim (*Panicum maximum*) sob dosagens de esterco bovino**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- NOGUEIRA, D. B. **Aptidão edafoclimática do milho de sequeiro em diferentes cenários de pluviometria no estado do Ceará**. 2019. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- SANTOS, A. K. B. **Dinâmica da temperatura e umidade do solo sob diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em decomposição**. 2017. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. O. A variabilidade pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **GeoTextos**, v. 12, n. 1, p. 233-265, 2016.
- SANTOS, W. G.; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, ano 25, n. 3, p. 73-94, 2016.
- SILVA, F.; RAO, T. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 453-459, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000300010>.
- STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. **Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 312).

## 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 *Megathyrus maximum* 'Mombaça' e (B) milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*.

Fotos: Emerson Borghi



**Figura 3.2.** Cultura da soja semeada sobre a palhada de *Megathyrus 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>), mesmo com a ocorrência de veranicos severos. Ressalta-se a produtividade obtida no ano 2018/2019 (4.110 kg ha<sup>-1</sup>), 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 ( $\text{kg ha}^{-1}$ ,  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) 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				
	$\text{Mg ha}^{-1}$	$\text{Mg}^{(3)}$	$\text{Mg ha}^{-1}$	Mg	$\text{Mg ha}^{-1}$	Mg	$\text{Mg ha}^{-1}$	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 <sup>(2)</sup>	39,3	N. A.		20,1	110,5	Severo = S
2012/2013	0,85	4,67	7,28		53,0 <sup>(2)</sup>	291,5	52,2	287,1	Dois (Nov. = L e Jan. = S)
2013/2014	N. A. <sup>(1)</sup>	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
<b>Produtividade</b>									
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		
<b>Produção</b>									
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		

<sup>(1)</sup> N. A. = Não avaliado.

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

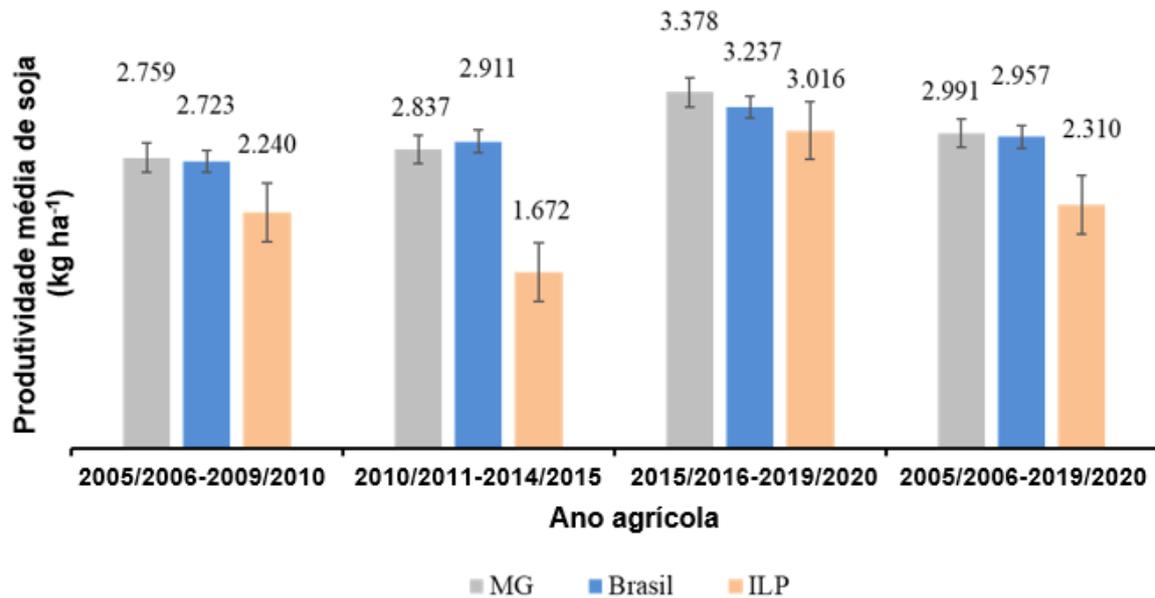
<sup>(3)</sup> Para o cálculo da produção, foi considerada a área de cada gleba (5,5 ha). Mg = tonelada (t).

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<sup>-1</sup> (850 kg ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> (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<sup>-1</sup>), menor que a média registrada para o período.

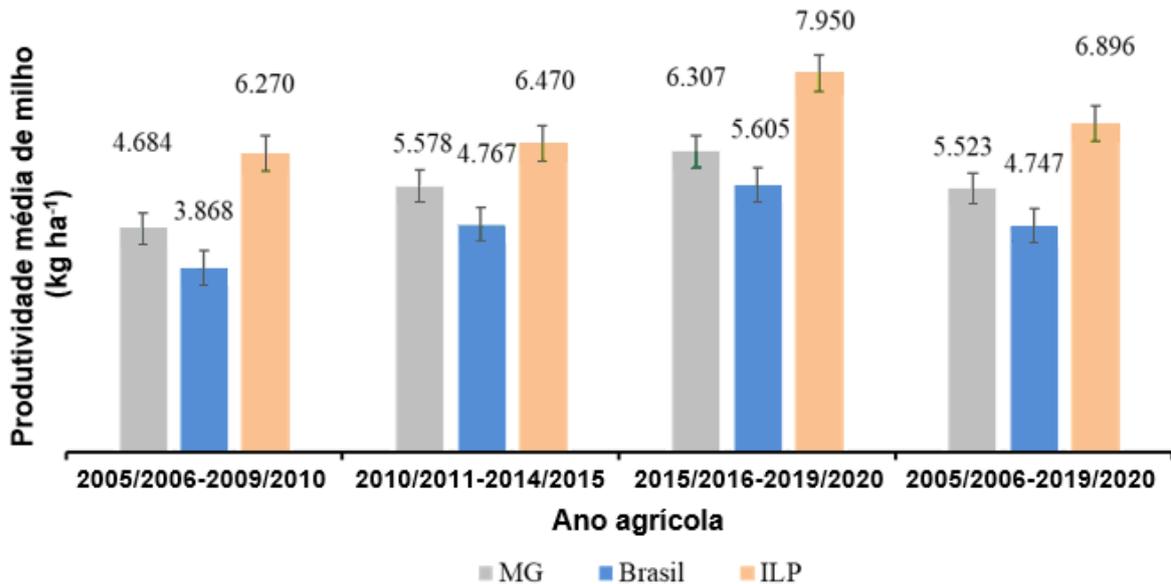
A menor produtividade de grãos de milho ocorreu no ano agrícola 2014/2015 (5.140 kg ha<sup>-1</sup>) com a ocorrência de um veranico severo. No ano agrícola seguinte (2015/2016), em que o milho foi semeado com a ocorrência de dois veranicos de média e alta severidade, foi registrada a maior produtividade de grãos no período (9.010 kg ha<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>), a produtividade foi bem superior à de Minas Gerais e do Brasil (5.523 kg ha<sup>-1</sup> e 4.747 kg ha<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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 <sup>(1)</sup>		
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
<b>Total</b>	<b>13.094,99</b>	<b>926,82</b>	<b>5.338,34</b>	<b>10.514,59</b>	<b>29.874,74</b>

<sup>(1)</sup> 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).



## Capítulo 4

# Produção e produtividade da fase pastagem no sistema de integração lavoura-pecuária

Márcia Cristina Teixeira da Silveira  
Rosângela Maria Simeão  
Ramon Costa Alvarenga  
Miguel Marques Gontijo Neto  
Emerson Borghi  
Leandro Sâmia Lopes  
Ângela Maria Quintão Lana



## **Introdução**

Dentro de sistemas integrados, a fase pastagem surge como um ecossistema complexo, dinâmico e desafiador que envolve conhecimento acerca de solo-planta-animal, de forma a se alcançar produções que remunerem o sistema de produção juntamente com a fase lavoura.

O conhecimento quanto à condução correta dessa fase é importante, visto que a meta vai além da produção animal neste tipo de sistema, e decorre do sinergismo entre as atividades envolvidas em um sistema integrado. A área que recebeu a pastagem precisará, ao final do seu ciclo, possuir cobertura vegetal satisfatória para diminuir o impacto do casco dos animais sobre o solo (evitando compactação) e garantir condições adequadas de implantação da lavoura, assim como a fase com lavoura precisará ser conduzida eficientemente de forma a se ter, na sequência, uma pastagem bem formada para uso pelos animais em pastejo.

Dentro desse contexto, este capítulo visa trazer uma abordagem retrospectiva da fase pastagem ao longo dos 15 anos de condução do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) da Embrapa Milho e Sorgo, ressaltando as forrageiras utilizadas e o esquema de rotação entre as culturas, e trazendo experiências sobre manejo do pastejo e resultados da produção vegetal e produção animal alcançados.

## **Estratégias de implantação e avaliação na fase pastagem**

Na Figura 4.1 é possível observar que o sistema foi organizado em quatro glebas, sendo que a gleba (5,5 ha) destinada à pastagem em cada ano agrícola, ao longo do período das águas, vem sendo subdivida em cinco piquetes, com cerca elétrica, de forma a possibilitar a condução dos animais na colheita da forragem produzida mediante pastejo intermitente. O uso desta área normalmente engloba os meses de outubro-novembro a março-abril de cada ano.



**Figura 4.1.** Esquema de utilização das glebas e épocas de entrada e saída de animais no sistema ILP implantado na Embrapa Milho e Sorgo.

Em função das condições climáticas do ano agrícola, nas glebas do sistema de ILP onde anualmente são semeados soja, milho e capim, e sorgo forrageiro e capim na rotação verifica-se a rebrota do capim em razão da colheita desses cereais no final do período chuvoso (Figura 4.2). Assim, as áreas destas glebas são incorporadas e usadas pelos animais sob pastejo rotacionado ao longo do período de seca (entre março-abril a setembro-outubro de cada ano). Desta forma, os animais podem ter acesso aos 22 ha do sistema a sua disposição, nesta época de maior restrição de forragem, que é exatamente o período no qual o lote de animais do ano agrícola vigente entra na fase de terminação em confinamento e um novo lote de animais, mais leves, é recebido para uso no sistema ao longo de um novo ano agrícola.



Fotos: Márcia Cristina Teixeira da Silveira

**Figura 4.2.** Aspecto do pasto de braquiária no dia 30 de abril de 2020, cerca de 40 dias após colheita do milho para ensilagem em área de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo. O milho remanescente serve para avaliação da produção de grãos, antes do primeiro pastejo.

### **a) A escolha das plantas forrageiras**

A escolha da planta forrageira, além de considerar os aspectos produtivos, deve ser feita com base em alguns pontos-chaves, como características da espécie e da cultivar; aspectos do solo, relevo e do clima da região; a necessidade do sistema de produção e nível tecnológico; a tolerância a pragas e doenças; e o método de pastejo adotado. Além disso, é muito importante promover a diversificação de espécies e, com isso, minimizar os riscos ambientais e atender as demandas das diferentes categorias animais normalmente presentes na propriedade rural (Zimmer et al., 2008).

No sistema integrado da Embrapa Milho e Sorgo, observando todos os pontos acima citados, optou-se por trabalhar com cultivares da espécie *Megathyrsus maximus* (sin. *Panicum maximum*) e do gênero *Urochloa* (sin. *Brachiaria*). Nos primeiros anos agrícolas, as cultivares de *Megathyrsus* adotadas no consórcio com sorgo foram Tanzânia e Mombaça, sendo estes materiais com alto potencial de produção e representatividade em nível nacional para uso dos animais no período das águas. Com o lançamento de novas cultivares, e visando diversificação, também vêm sendo utilizados materiais como a cultivar BRS Quênia. Com objetivo de se ter forragem com melhor valor nutritivo no final do período das águas e início das secas nas áreas de plantio de milho, foi realizado o consórcio com cultivares de *Urochloa*. Ao longo desses 15 anos foi possível trabalhar com *Urochloa brizantha* 'Piatã', *Urochloa spp.* 'BRS Ipyporã' e *Urochloa ruziziensis*.

Por meio do uso dessas cultivares buscou-se melhorar não só o rendimento produtivo do pasto e dos animais como também a manutenção da cobertura do solo para viabilização do plantio direto na palha da cultura sucessora, redução da presença de plantas indesejáveis, menor uso de herbicidas e a redução dos períodos de vazio forrageiro.

### **b) O método de pastejo e seu funcionamento na prática**

Além da escolha adequada da espécie forrageira, para se obter resultados satisfatórios na fase pastagem é importante equilibrar a produção do pasto com sua colheita pelos animais. Para este fim é preciso definir o método de pastejo a ser adotado. Diante da possibilidade de utilização das cultivares de *Megathyrsus*,

que são altamente produtivas e possuem menor resistência ao pisoteio, optou-se pelo método de pastejo rotacionado.

Dentro deste método os períodos de ocupação e de descanso inicialmente utilizados correspondiam a sete dias e 28 dias, respectivamente. Este esquema de manejo vem sendo modificado nos últimos anos agrícolas da fase pastagem do sistema ILP, de forma a vincular a entrada e saída dos animais das áreas a recomendações de altura do pasto, visto que vários estudos têm demonstrado que o crescimento das plantas não responde a dias fixos, sendo variável em função de temperatura, precipitação, fertilização e fotoperíodo, que são variáveis de região para região e ao longo dos anos (Silva, 2010). Esta modificação na forma de rotação dos animais visa melhorar o manejo de forma a otimizar a produção animal sem prejudicar o crescimento do pasto.

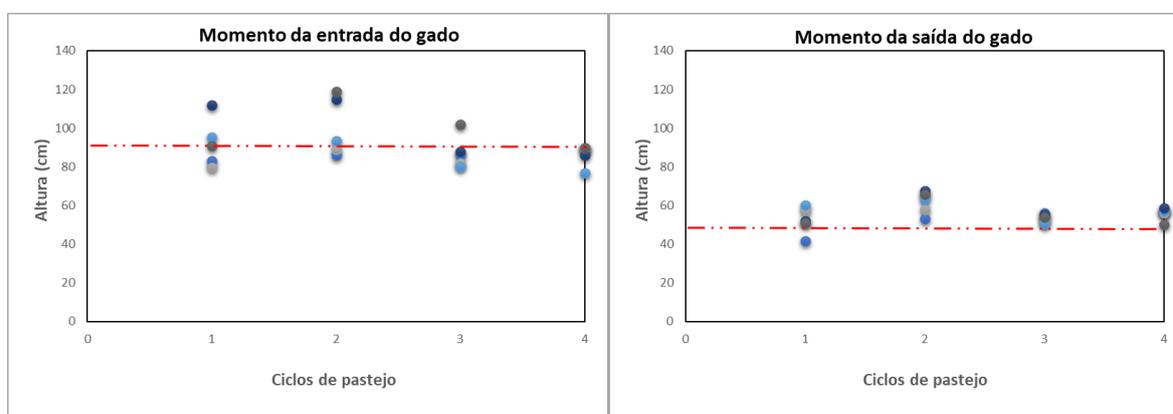
Assim, a altura de entrada e de saída dos animais no piquete tem sido uma ferramenta prática de manejo considerada como elo entre plantas e animais, com capacidade de modificar as características estruturais do pasto, como a relação folha:colmo (Silva, 2010). A altura também visa contribuir na reestruturação física do solo que será entregue para a lavoura. Neste contexto observa-se que ao manejar o pasto com base em um critério como altura, manejam-se indiretamente inúmeros componentes do sistema.

Nas Figuras 4.3 e 4.4, buscou-se ilustrar o manejo do capim Mombaça (2018/2019) e do Quênia (2019/2020), respectivamente, que foram materiais cultivados na fase pastagem de verão nos últimos dois anos do sistema. A linha vermelha representa a altura média recomendada para a forrageira em questão e os pontos acima e abaixo dessa linha indicam que a altura ficou acima ou abaixo do ponto certo de manejo.

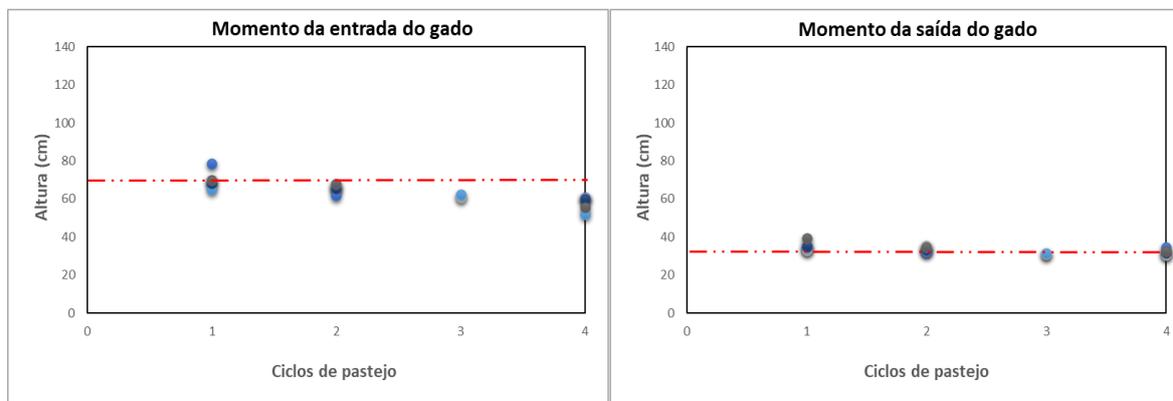
Na Figura 4.3, observa-se, pelos ciclos de pastejo praticados, que os animais pastejavam cada piquete dentro da lógica de intervalos fixos (7 dias de ocupação e 28 dias de descanso). Tal estratégia se fez necessária pelo sistema não possuir uma área reserva (pulmão) para alocação dos animais em momentos estratégicos de rebrotação do pasto. Com a adoção deste manejo, o momento de entrada do gado para pastejo em alguns piquetes ocorreu acima da altura recomendada para o Mombaça que fica em torno de 90 cm (Barrios et al., 2019). Provavelmente, no intervalo de pastejo estipulado, o capim Mombaça teve oportunidade de investir em colmo, que não é desejável para o consumo dos

animais. Assim, à direita da Figura 4.4 observa-se que o momento de saída dos animais dos piquetes também se deu em altura superior ao resíduo recomendado (45 cm), provavelmente pela dificuldade dos animais em rebaixar mais o pasto pela presença de colmo.

Como a fase pastagem é relativamente curta no sistema integrado, aparentemente, os prejuízos do manejo acima do ponto ótimo não impactaram negativamente no que se refere a desempenho dos animais, características de solo e estrutura do pasto, tanto que não houve necessidade de roçada por perda de estrutura do pasto e nem prejuízos nos ganhos individuais, como será observado ao longo deste capítulo. No entanto, sempre é importante melhorar o manejo nos anos seguintes.



**Figura 4.3.** Altura do pasto de capim Mombaça na entrada e saída do gado dos piquetes, ao longo de quatro ciclos de pastejo, na fase pastagem da gleba 2 do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo. Ciclo 1 – novembro 2018. Ciclo 2 – janeiro 2019. Ciclo 3 – fevereiro 2019. Ciclo 4 – março 2019.



**Figura 4.4.** Altura do pasto de capim Quênia na entrada e saída do gado dos piquetes, ao longo de quatro ciclos de pastejo, na fase pastagem da gleba 1 do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo. Ciclo 1 – fim de janeiro e fevereiro 2020. Ciclo 2 – início de março 2020. Ciclo 3 – fim de março 2020. Ciclo 4 – abril e início de maio 2020.

Para a pastagem de verão do ano agrícola 2019/2020, o manejo do BRS Quênia passou a ser orientado com base em altura de entrada e saída do gado nos piquetes e não dias fixos de descanso e ocupação. Na Figura 4.4, é possível observar pontos mais próximos à linha vermelha (altura média recomendada para a forrageira em questão), o que indica que o manejo ficou mais próximo do ponto ideal de manejo para a cultivar Quênia, no que diz respeito à altura de entrada de 70 cm e saída de 35 cm na média (Barrios et al., 2019).

Este manejo bem conduzido é primordial ao sistema, visto que, durante o período do verão, os animais têm apenas 5,5 ha para pastejo e vão tendo incremento de peso ao longo dos ciclos, aumentando-se a carga para uma mesma área. Dentro deste contexto é preciso manter taxas de acúmulo condizentes com a crescente demanda de forragem dos animais. Entre os ciclos 3 e 4 (Figura 4.4), os animais entraram para pastejar até um pouco abaixo da altura recomendada, visto que era preciso manter os animais dentro dos 5,5 ha no período de verão. Não houve impacto negativo em entrar um pouco abaixo da altura recomendada. Na verdade, o prejuízo encontra-se em entrar com os animais com altura superior ao recomendado em função da presença de mais colmo e material morto na forragem (Carnevalli et al., 2021), o que levará a uma menor taxa de acúmulo de forragem líquida e menor eficiência de colheita do pasto pelos animais.

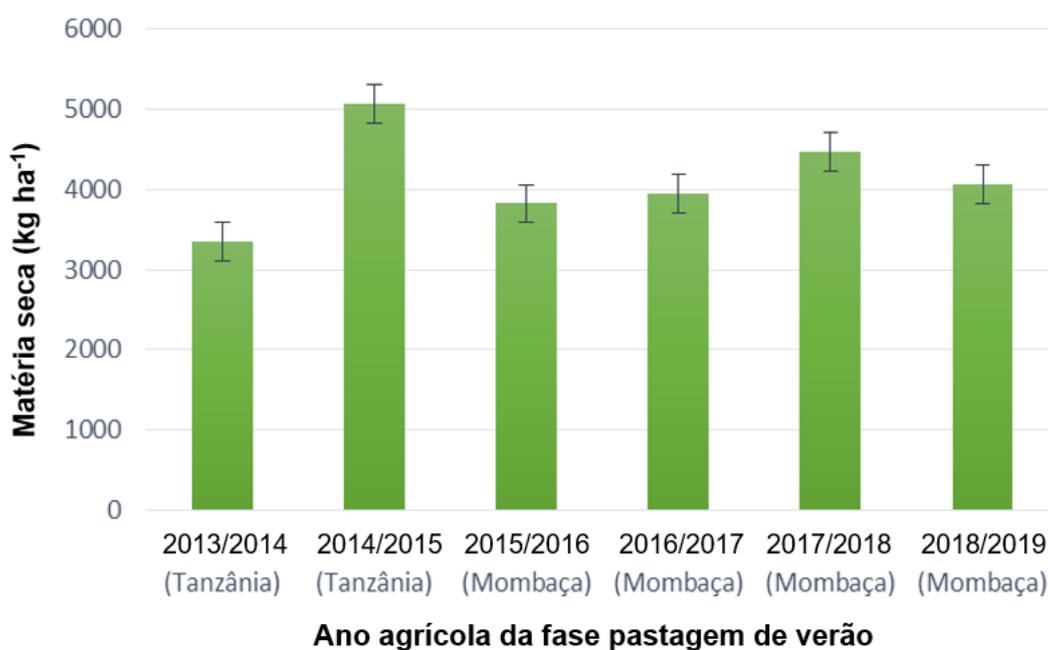
Ressalta-se que os valores de altura são específicos para cada cultivar forrageira e servem de base para o manejo da pastagem. Como valores orientadores, podem e precisam ser utilizados com flexibilidade na situação de cada sistema de produção. Desta forma, é importante treinar a equipe de campo para uso adequado dessa ferramenta no dia a dia da propriedade.

### **Produção de forragem do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo**

Os dados apresentados dizem respeito ao período compreendido entre 2013 e 2019. A Figura 4.5 traz informações referentes aos valores médios de forragem disponível para consumo animal em cada ano agrícola. Apesar de serem baseados em cultivares diferentes ao longo dos anos, todos pertencem ao gênero *Megathyrsus*, antigo gênero *Panicum*. Assim, a variação entre anos se deve às condições climáticas e também à cultivar utilizada, bem como ao manejo

realizado e período avaliado. Os valores vão de 3.400 a 5.070 kg MS ha<sup>-1</sup> disponíveis por piquete em cada ciclo de pastejo. São valores consideráveis para pastejo dos animais sem comprometer o potencial de crescimento do pasto e o desempenho animal, como será apresentado no próximo tópico.

Apesar de os valores a partir de 2014 variarem um pouco, é possível observar constância produtiva das áreas de pastagem do sistema ILP ao longo dos anos. Ressalta-se que as maiores disponibilidades média de forragem nos anos agrícolas de 2014/2015 e 2017/2018 podem estar relacionadas com o fato de as pastagens terem começado a ser utilizadas em agosto e o manejo ter ido até maio em 2014/2015, bem como iniciado em novembro e ter se estendido até junho no monitoramento de 2017/2018, associado às adubações de manutenção realizadas e condições climáticas.



**Figura 4.5.** Disponibilidade média de forragem nas glebas com cultivares de *Megathyrsus* (Tanzânia e Mombaça) ao longo dos anos agrícolas da fase pastagem.

Nas Tabelas 4.1 a 4.5, são apresentadas informações detalhadas de características dos pastos ao longo dos anos agrícolas organizados por período ou estação do ano.

Na Tabela 4.1, são apresentadas as características do pasto de capim Tanzânia. É possível observar os valores de disponibilidade média de cada período. As Águas tiveram a maior disponibilidade média, seguida dos períodos

de Transição e Secas. As ofertas de forragem seguem o mesmo comportamento da disponibilidade, sendo que a menor oferta ocorreu no período das Secas, que já é crítico para produção das forrageiras tropicais. Em relação ao valor nutritivo da forragem, os valores elevados de proteína bruta e digestibilidade registrado são atribuídos ao fato da análise bromatológica ter sido realizada em amostras de pastejo simulado, em que provavelmente tinha-se na composição mais folha do que colmo e material morto.

**Tabela 4.1.** Médias mensais das características do pasto e bromatológicas da forragem em pastagens de *Megathyrus maximus* 'Tanzânia', em três épocas, no ano agrícola de 2013/2014.

<b>Característica dos pastos</b>	<b>Seca</b> (ago. a out./2013)	<b>Águas</b> (nov./2013 a fev./2014)	<b>Transição</b> (mar. a maio/2014)
Disponibilidade de biomassa verde (t ha <sup>-1</sup> )	5,3	27,8	16,1
Disponibilidade de biomassa seca (t ha <sup>-1</sup> )	1,1	5,6	3,2
Oferta de forragem (%)	7,6	39,7	23,1
<b>Valor nutritivo da forragem <sup>(1)</sup></b>			
Proteína bruta (%)	9,7	18,1	-
Digestibilidade in vitro da matéria seca - DIVMS (%)	52,7	62,9	-
Fibra em detergente neutro - FDN (%)	67,0	64,2	-
Fibra em detergente ácido - FDA (%)	32,1	29,7	-
Lignina (%)	3,6	3,0	-
Extrato etéreo (%)	2,3	1,9	-
Fósforo (%)	0,3	0,2	-
Cálcio (%)	0,8	0,6	-

<sup>(1)</sup> Amostra do pastejo simulado.  
Fonte: Costa et al. (2016).

Nas Tabelas 4.2 e 4.3, a organização dos dados permite a visualização da disponibilidade média de forragem e o valor nutritivo do capim Mombaça nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente. O comportamento dos dados, referente aos valores médios de forragem disponível, foi muito próximo para os períodos das Águas e Transição dentro de cada ano agrícola. O valor nutritivo da forragem nos dois anos foi consideravelmente diferente. Mas esta diferença ocorreu pelo fato da análise de valor nutritivo no ano 2016/2017 ter sido realizada

apenas nas folhas do capim Mombaça, o que elevou os valores, principalmente de proteína, hemicelulose e FDN. Os valores de forragem disponível também foram semelhantes aos apresentados nas Tabelas 4.4 e 4.5.

**Tabela 4.2.** Médias mensais das características do pasto, frações da planta e composição química da matéria seca em pastos de *Megathyrus maximus* 'Mombaça', em três épocas no ano agrícola de 2015/2016 <sup>(1)</sup>.

<b>Característica dos pastos</b>	<b>Transição</b> (out./2015)	<b>Águas</b> (fev. a mar./ 2016)	<b>Seca</b> (abr. a maio/ 2016)
Disponibilidade de biomassa verde total (t ha <sup>-1</sup> )	10,8	19,4	-
Disponibilidade de biomassa seca total (t ha <sup>-1</sup> )	2,9	4,1	-
<b>Valor nutritivo da forragem</b>			
Proteína bruta (%)	8,4	9,1	10,2
FDN (%)	68,9	75,9	65,1
FDA (%)	37,7	42,5	48,9
Lignina (%)	4,6	3,8	5,2
Hemicelulose (%)	31,2	34,4	32,2

<sup>(1)</sup> Diferentemente dos demais anos agrícolas, em 2015/2016, as avaliações tiveram início no período de transição entre estações.

**Tabela 4.3.** Médias mensais das características do pasto, frações da planta e composição química da matéria seca em pastos de *Megathyrus maximus* 'Mombaça', em três épocas no ano agrícola de 2016/2017.

<b>Característica dos pastos</b>	<b>Águas</b> (nov./2016 a fev./2017)	<b>Transição</b> (abr./ 2017)
Disponibilidade de biomassa verde total (t ha <sup>-1</sup> )	19,5	9,4
Disponibilidade de biomassa seca total (t ha <sup>-1</sup> )	4,2	3,1
<b>Valor nutritivo da forragem <sup>(1)</sup></b>		
Proteína bruta (%)	12,2	16,3
FDN (%)	76,7	67,0
FDA (%)	40,4	35,8
Lignina (%)	3,3	3,9
Hemicelulose (%)	36,2	31,1
Lipídeos (%)	1,6	1,6

<sup>(1)</sup> Avaliado apenas em folhas.

Nas Tabelas 4.4 e 4.5, são apresentadas informações de disponibilidade média de forragem e valor nutritivo do capim Mombaça nas condições de pré-pastejo e pós-pastejo. Observando-se os valores referentes à média geral de todos os piquetes, nota-se que os valores médios de forragem disponível (pré-pastejo) foram muito próximos para o período das águas e transição dentro de cada ano agrícola. No entanto, o valor nutritivo da forragem no período das águas é quase o dobro do observado para o período de transição (Tabela 4.4). Este fato reforça a importância de se ter uma área com forragem pós-colheita (milho, sorgo, soja), no intuito de equilibrar essa quantidade de forragem, ainda disponível na pastagem de capim Mombaça, com a qualidade inicial da forragem de uma pastagem de braquiária advinda das glebas de lavoura, para este período de Transição e Secas, e claro, juntamente com uso estratégico da suplementação.

Consideráveis também são as massas médias de forragem disponível no pós-pastejo (Tabelas 4.4 e 4.5). Isto indica que, mesmo sob o critério de dias fixos de ocupação e descanso adotado no sistema, foi possível manter quantidade de resíduo suficiente para estimular a rebrotação dos pastos (Figura 4.6B). Os menores valores de proteína na massa de forragem pós-pastejo provavelmente são em função da maior participação de colmo e material morto no extrato inferior do pasto (Figura 4.6D).

A Figura 4.6 ilustra um pasto de capim Mombaça nas condições pré-pastejo e pós-pastejo que ajudam a visualizar como era a estrutura do pasto que dá origem aos valores de proteína bruta apresentados nos períodos das Águas e Transição da Tabela 4.4. As Figuras 4.6A e 4.6B ilustram a condição do pasto no pré-pastejo e pós-pastejo no período das Águas. Observa-se a presença de mais folhas em ambas as imagens, o que garante os valores de PB de 13% e 8% para o pré-pastejo e pós-pastejo. Já as Figuras 4.6C e 4.6D se referem ao mesmo pasto no período de Transição, onde já se tem as plantas induzindo florescimento, logo, maior presença de colmo tanto no pré-pastejo (Figura 4.6C) quanto no pós-pastejo (Figura 4.6D). Esta maior participação de colmo reflete em várias características do pasto, dentre elas no menor teor de PB que, no caso, ficou em torno de 7% e 5% no pré-pastejo e pós-pastejo, respectivamente.

O manejo adotado para o capim Mombaça (Tabelas 4.4 e 4.5) baseou-se na altura do pasto na saída dos animais, cuja recomendação é de 45 a 50 cm, o que

resulta em uma produção animal de aproximadamente 1.000 kg ha<sup>-1</sup>, conforme relatado por Euclides et al. (2015). Assim, os resultados de produção vegetal obtidos no sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo corroboram e reforçam o potencial dessas forrageiras para a intensificação da produção animal em pasto.

**Tabela 4.4.** Médias mensais das características do pasto, na condição de pré-pastejo e pós-pastejo, em pastagem de *Megathyrsus maximus* 'Mombaça'. Dados de duas épocas avaliadas no ano agrícola de 2017/2018.

<b>Característica dos pastos</b>	<b>Águas</b> (dez./2017 a mar./2018)	<b>Transição</b> (maio a jun./2018)
<b>Média geral</b>		
Disponibilidade de biomassa verde total (t ha <sup>-1</sup> ) – pré-pastejo	28,0	15,0
Disponibilidade de biomassa seca total (t ha <sup>-1</sup> ) – pré-pastejo	5,6	5,1
Resíduo de biomassa verde total (t ha <sup>-1</sup> ) – pós-pastejo	14,4	12,9
Resíduo de biomassa seca total (t ha <sup>-1</sup> ) – pós-pastejo	3,0	4,7
Altura do pasto (cm) – pré-pastejo	100,5	66,0
Altura do pasto (cm) – pós-pastejo	57,4	46,2
<b>Valor nutritivo da forragem – Pré-pastejo</b>		
Proteína bruta (%)	13,4	7,0
FDN (%)	73,0	75,5
FDA (%)	39,1	43,4
Lignina (%)	3,6	4,7
Hemicelulose (%)	33,8	32,1
Lipídeos (%)	1,8	1,1
<b>Valor nutritivo da forragem – Pós-pastejo</b>		
Proteína bruta (%)	8,3	5,5
FDN (%)	77,8	78,7
FDA (%)	45,1	47,3
Lignina (%)	4,4	5,5
Hemicelulose (%)	32,7	31,4
Lipídeos (%)	1,2	0,7

**Tabela 4.5.** Médias das características do pasto, na condição de pré-pastejo e pós-pastejo, de *Megathyrus maximus* ‘Mombaça’. Dados médios avaliados em duas épocas, no ano agrícola de 2018/2019.

Característica dos pastos	Águas	Transição
	(nov./2018 a fev./2019)	(mar. a abr./2019)
<b>Média geral</b>		
Disponibilidade de biomassa verde total (t ha <sup>-1</sup> ) – pré-pastejo	26,4	23,1
Disponibilidade de biomassa seca total (t ha <sup>-1</sup> ) – pré-pastejo	5,0	4,2
Resíduo de biomassa verde total (t ha <sup>-1</sup> ) – pós-pastejo	14,7	16,4
Resíduo de biomassa seca total (t ha <sup>-1</sup> ) – pós-pastejo	2,8	3,1
Altura do pasto (cm) – pré-pastejo	92,4	90,8
Altura do pasto (cm) – pós-pastejo	55,6	55,1



Fotos: Marcia Cristina Teixeira da Silveira

**Figura 4.6.** Imagem de um pasto de capim Mombaça em condição de pré-pastejo (A e C) e pós-pastejo (B e D) em duas épocas distintas (águas e transição, respectivamente).

## Adubação dos pastos no sistema de Integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo

Considerando que na lógica de funcionamento do sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo, na pastagem de verão, os animais só contam com 5,5 ha para pastejo e, como já relatado, a carga vai se tornando maior ao longo dos ciclos para uma mesma área, as glebas de pastagem do sistema em questão, além de se beneficiar da adubação residual das lavouras anuais nos três anos de cultivos antecessores, também recebem em todos os anos adubação de cobertura e correções, quando necessário.

Assim, na Tabela 4.6, pode-se visualizar a compilação de informações referente à correção do solo e adubações realizadas entre os anos agrícolas de 2013/2014 a 2018/2019. Estas recomendações sempre estiveram pautadas no monitoramento das áreas mediante realização de análises de solo. Salienta-se que a adubação nitrogenada foi sempre utilizada como ferramenta estratégica moduladora de crescimento do pasto de forma a tentar suprir a demanda do rebanho durante o decorrer do período das águas.

**Tabela 4.6.** Correção do solo e adubações de cobertura realizadas entre os anos agrícolas de 2013/2014 a 2018/2019 nas áreas de pastagem dos sistemas integrados da Embrapa Milho e Sorgo.

Ano agrícola	Forrageira	Operação	Produto	Quantidade (kg ha <sup>-1</sup> )	Número de aplicações
2013/2014	Tanzânia	Fertilização	N	210	Dividida em 3
		Gessagem	Gesso agrícola	2.000	Única
2013/2014	Tanzânia	Potassagem	K <sub>2</sub> O	120	Dividida em 2
		Fertilização	N	240	Dividida em 3
		Gessagem	Gesso agrícola	2.000	11/15
2013/2014	Mombaça	Potassagem	K <sub>2</sub> O	160	Dividida em 2
		Fertilização	N	400	Dividida em 5
		Correção	Calcário	2.500	Única
2013/2014	Mombaça	Potassagem	K <sub>2</sub> O	90	Única
		Fertilização	N	300	Dividida em 3
2013/2014	Mombaça	Potassagem	K <sub>2</sub> O	90	Única
		Fertilização	N	90	Dividida em 2
2013/2014	Mombaça	Potassagem	K <sub>2</sub> O	120	Única
		Fertilização	N	135	Dividida em 3

Ao longo dos anos utilizou-se ureia, cloreto de potássio e formulado 20-00-20 como fontes de N e de K<sub>2</sub>O, sendo estas aplicações realizadas nos piquetes sempre no pós-pastejo e em condições adequadas de temperatura e umidade do solo.

### **Produção animal do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo**

Nos sistemas integrados, os animais assumem o papel de uma importante fonte de renda ao produtor junto com grãos, forragens, madeiras, etc.

A partir do ano agrícola 2013/2014, com a disponibilização anual de animais para recria e terminação no sistema, foi possível realizar a avaliação de desempenho animal em pastejo.

Os animais, de dois grupos sanguíneos de raças especializadas para corte (Nelore e meio sangue Nelore:Angus), entram no sistema em maio/junho de cada ano pesando em média 173 kg e permanecem em torno de 1 ano em pastejo, quando são encaminhados para o confinamento e novo lote de bezerros entra nas pastagens.

Com este manejo, observa-se que existe um sincronismo entre o aumento da disponibilidade do pasto de verão e o aumento do consumo de forragem pelos animais de um mesmo lote ao longo dos ciclos de pastejo. No sistema ILP implantado na Embrapa Milho e Sorgo, quando a pastagem de *Megathyrsus* (*Panicum*) na gleba de 5,5 ha começa a não suportar a carga animal e a diminuir a produção de forragem no final do período chuvoso, já é possível utilizar os 22 ha (pós-colheita da soja, milho e sorgo forrageiro) para manter esses animais em pasto por mais um período até o início do confinamento.

Nas Tabelas 4.7 e 4.8, tem-se a compilação de informações referente à produtividade animal no período em que eles permanecem em pastejo. Informações referentes à produtividade em confinamento serão abordadas em um capítulo específico desta publicação.

Os ganhos médios por animal nos 6 anos agrícolas avaliados variaram entre 350 e 800 g dia<sup>-1</sup>; 700 e 900 g dia<sup>-1</sup>; e 300 e 800 g dia<sup>-1</sup> no período referente a Secas, Águas e Transição, respectivamente (Tabela 4.7). As variações de ganho se devem principalmente à quantidade e qualidade de forragem em cada uma das épocas do respectivo ano agrícola, bem como ao tipo de suplementação em

pasto, visto que os animais receberam suplementação mineral e proteica de baixo consumo (0,1% a 0,2% do PV) nos períodos de Águas e Secas, respectivamente.

Como o número de animais que entram anualmente no sistema é fixo (com exceção do ano agrícola 2015/2016, em que as avaliações tiveram início no período de transição), observa-se uma crescente taxa de lotação ao longo da fase pastagem, de forma a permitir iniciar o monitoramento dos animais no pasto taxas médias de 1 unidade animal (UA) por hectare chegando ao final da fase pastagem com a possibilidade de se ter taxas de lotação acima de 4 UA por hectare na maioria dos anos. A menor taxa de lotação no ano agrícola 2017/2018 se deu, provavelmente, em função da necessidade de substituição de parte do lote que havia pastejado no período das Secas por um novo lote mais homogêneo para pastejo no período das Águas. Este lote mais homogêneo era mais leve, o que impactou na taxa de lotação.

Assim, ao longo dos anos de condução da fase pastagem no sistema ILP, com adubação de manutenção da pastagem, suplementação na dieta e manejo, foi possível garantir elevada produção em quantidade de peso corporal por unidade de área, de forma que os valores de produtividade registrados nestes anos de condução do trabalho em ILP encontram-se bem acima da produtividade média brasileira (Barbosa et al., 2015; Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2020).

Na Tabela 4.8 é possível observar a produtividade por hectare e as arrobas produzidas nas diferentes épocas ao longo dos anos da fase pastagem. Todos os anos agrícolas levaram a produtividades acima de 32 arrobas por hectare por ano. Esses ganhos são superiores aos recomendados pela análise de Chaker Neto (2017), com base no benchmarking do Instituto Integra com 285 fazendas de pecuária de corte no Brasil. Naquele estudo, a produtividade mínima rentável da pecuária de corte estaria atualmente em 6,7 arrobas por hectare por ano em fazendas de cria; 9,1 arrobas por hectare por ano em fazendas de ciclo completo e 12,9 arrobas por hectare por ano em fazendas de recria/engorda. Além disso, os resultados de produção animal, desde 2013/2014, pelo sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo, apresentam-se acima dos níveis obtidos pelas fazendas com sistema intensivo de produção, na recria e engorda, que variou de 26 a 38 arrobas por hectare pelo Relatório Abiec (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2020).

Os maiores ganhos individuais e por área sempre ocorreram nas Águas, período em que os animais tinham acesso aos piquetes com cultivares de *Megathyrus*, ou seja, acesso a alta disponibilidade de forragem de bom valor nutritivo. De qualquer forma, é importante destacar a produtividade animal alcançada nos períodos de Secas e Transição ao longo dos anos. Em função da colheita das glebas de milho e sorgo, para uso na fase de confinamento do sistema, o pasto que se estabelece rapidamente após colheita garante a possibilidade de pastejo nos 22 ha do sistema em um período de escassez de forragem. Desta forma, tem-se mais um ponto positivo a ser levado em conta pelos produtores que estão interessados na adoção desse tipo de sistema, uma vez que esses resultados demonstram a possibilidade de manter a área produtiva ao longo do ano agrícola.

**Tabela 4.7.** Ganho médio diário por cabeça (GMD) e Taxa de lotação (TL), por época -Secas, Águas e Transição<sup>(1)</sup> -, ao longo dos anos agrícolas de condução do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo.

Ano agrícola	Forrageira	GMD (kg dia <sup>-1</sup> )/ TL (UA por hectare)	Secas <sup>(2)</sup> (ago.-out.)	Águas (nov.-mar.)	Transição (abr.-jun.)	Média do período
2013/2014	Tanzânia	GMD	0,6	0,7	0,8	0,7
		TL	1	3	4	2,8
2014/2015	Tanzânia	GMD	0,3	0,9	0,5	0,6
		TL	1	4	6	3,5
2015/2016 <sup>(3)</sup>	Mombaça	GMD	0,5	0,7	0,5	0,6
		TL	3	4	1	2,7
2016/2017	Mombaça	GMD	0,4	0,8	0,3	0,5
		TL	1	5	8	4,6
2017/2018	Mombaça	GMD	0,43	0,91	0,54	0,63
		TL	1	2	3	2,13
2018/2019	Mombaça	GMD	0,88	0,89	0,33	0,70
		TL	1	7	8	5,34

<sup>(1)</sup> De acordo com a chegada dos animais no sistema, adotou-se como Secas (agosto a outubro de cada ano); Águas (novembro a março de cada ano); Transição (abril a junho de cada ano).

<sup>(2)</sup> Para os cálculos referentes às variáveis no período das secas, consideraram-se os 22 ha. Os períodos das Águas e de Transição são baseados nos 5,5 ha do sistema.

<sup>(3)</sup> Ao contrário dos demais anos, as avaliações de 2015/2016 tiveram início no período de Transição do ano de 2015 avançando pelas Águas e finalizando ciclo no período das Secas de 2016.

UA = unidade animal.

**Tabela 4.8.** Número de animais (NA); ganho de peso vivo por hectare (GPV), em kg ha<sup>-1</sup> e arrobas ha<sup>-1</sup>; e Dias de pastejo (DP) por época - Secas, Águas e Transição <sup>(1)</sup> -, ao longo dos anos agrícolas de condução do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo.

Ano agrícola	Forrageira	NA	GPV <sup>(4)</sup> e dias de pastejo dos animais	Secas <sup>(2)</sup> Águas Transição			Total do Período
				(ago.-out.)	(nov.-mar.)	(abr.-jun.)	
2013/2014	Tanzânia	32	GPV (kg ha <sup>-1</sup> )	65	619	351	1.035
			GPV (arroba ha <sup>-1</sup> )	2,2	20,6	11,7	34,5
			DP (dias)	109	167	81	357
2014/2015	Tanzânia	42	GPV (kg ha <sup>-1</sup> )	71	700	401	1.172
			GPV (arroba ha <sup>-1</sup> )	2,4	23,3	13,4	39,1
			DP (dias)	96	114	79	289
2015/2016 <sup>(3)</sup>	Mombaça	40	GPV (kg ha <sup>-1</sup> )	157	549	628	1.335
			GPV (arroba ha <sup>-1</sup> )	5,2	18,3	20,9	44,5
			DP (dias)	65	167	63	295
2016/2017	Mombaça	60	GPV (kg ha <sup>-1</sup> )	74	1.117	578	1.770
			GPV (arroba ha <sup>-1</sup> )	2,5	37,2	19,3	59,0
			DP (dias)	89	177	82	348
2017/2018	Mombaça	45	GPV (kg ha <sup>-1</sup> )	97	484	216	797
			GPV (arroba ha <sup>-1</sup> )	8,4	16,1	7,2	31,7
			DP (dias)	145	142	56	343
2018/2019	Mombaça	47	GPV (kg ha <sup>-1</sup> )	192	1.030	357	1.580
			GPV (arroba ha <sup>-1</sup> )	6,4	34,3	11,9	52,7
			DP (dias)	103	165	59	327

<sup>(1)</sup> De acordo com a chegada dos animais no sistema, adotou-se como Secas (agosto a outubro de cada ano); Águas (novembro a março de cada ano); Transição (abril a junho de cada ano).

<sup>(2)</sup> Para os cálculos referentes às variáveis no período das secas, consideraram-se os 22 ha. Os períodos das Águas e de Transição são baseados nos 5,5 ha do sistema.

<sup>(3)</sup> Ao contrário dos demais anos, as avaliações de 2015/2016 tiveram início no período de Transição do ano de 2015 avançando pelas Águas e finalizando ciclo no período das Secas de 2016.

<sup>(4)</sup> Na produção de bovino de corte, para o cálculo do ganho de peso vivo por hectare (GPV) uma arroba equivale a 30 kg de boi vivo.

Segundo Alvarenga et al. (2007), a fase pastagem do sistema, mesmo com seu uso pelos animais, tem deixado quantidades apreciáveis de palha sobre o solo e de raízes no perfil do solo (Figura 4.7).

A palhada e raízes têm contribuído para aumentar a matéria orgânica, que é fundamental na melhoria da estrutura física do solo, bem como fonte de carbono. Além disso, a decomposição das raízes cria uma rede de canaliculos no solo de importância nas trocas gasosas e na movimentação descendente de íons e de água. Esse novo ambiente, criado no solo pela rotação da pastagem com a lavoura no ILP, torna-se fundamental por impactar positivamente na sustentabilidade e produtividade do sistema agropecuário. Assim, os animais contribuem com um papel importante ao sistema que é o de, sob manejo bem conduzido, contribuir com a produção de carne e com a estruturação do solo.



Fotos: Manoel Ricardo Albuquerque Filho

**Figura 4.7.** Perfil do solo da área de pastagem do sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo na rotação da pastagem de *Megathyrus* 'Mombaça' para a soja em 2019.

### Considerações finais

Os ganhos registrados na fase pastagem, ao longo dos anos, refletem o potencial dos pastos em rotação com lavoura no sistema que associados à genética dos animais utilizados contribuem no alcance de produções que remuneraram o sistema de produção juntamente com a fase lavoura.

Esses resultados demonstram certa estabilidade ao longo dos anos e corroboram para a viabilidade e o planejamento de sistemas integrados de corte para a região. Além disso, o sistema mantém o pasto e o solo em condições

adequadas para a formação da lavoura em plantio direto, permitindo uma intensificação sustentável.

Neste capítulo, o objetivo foi discorrer sobre uma das fases do sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo. Cabe ressaltar que, dentro de uma lógica de sistema de produção, o produtor que trabalha com sistemas integrados deverá estar atento a uma série de outras práticas, que serão devidamente abordadas nos capítulos que se seguem, a fim de garantir maior eficiência produtiva e econômica.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Beef report**: perfil da agropecuária no Brasil. São Paulo, 2020. 50 p.

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).

BARBOSA, F. A.; SOARES FILHO, B. S.; MERRY, F. D.; AZEVEDO, H. de O.; COSTA, W. L. S.; COE, M. T.; BATISTA, E. L. da S.; MACIEL, T. G.; SHEEPERS, L. C.; OLIVEIRA, A. R. de; RODRIGUES, H. O. **Cenários para a pecuária de corte amazônica**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. 146 p.

BARRIOS, S. C. L.; CARROMEU, C.; MATSUBARA, E. T.; CRIVELLARO, L. L.; SILVA, M. A. I. da; VALLE, C. B. do; SANTOS, M. F.; JANK, L. **Pasto Certo - versão 2.0@**: aplicativo para dispositivos móveis e desktop sobre forrageiras tropicais. Campo Grande, MS: Gado de Corte, 2019. 13 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 148).

CARNEVALLI, R. C.; SOUZA CONGIO, G. F. de; SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. da. Growth of *Megathyrus maximus* cv. Mombaça as affected by grazing strategies and environmental seasonality. II. Dynamics of herbage accumulation. **Crop and Pasture Science**, v. 72, n. 1, p. 66-74, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP20199>.

CHAKER NETO, A. **Carta Gestor - O “como” manda mais do que “o que”**. 2017. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/47254/carta-gestor---o-“como”-manda-mais-do-que-“o-que”.htm>. Acesso em: 8 jun. 2020.

COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; ALVARENGA, R. C.; GUIMARÃES, S. T.; LAMPEÃO, A. A.; WINKELSTRÖTER, L. K.; MACIEL, I. C. F. Performance of crossbred steers post-weaned in an integrated crop-livestock system and finished in a feedlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 5, p. 355-365, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500009>.

EUCLIDES, V. P. B.; LOPES, F. da C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; SILVA, S. C. da; DIFANTE, G. dos S.; BARBOSA, R. A. Steer performance on *Panicum maximum* (cv. Mombaça) pastures under two grazing intensities. **Animal Production Science**, v. 56, n. 11, p. 1849-1856, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN14721>.

SILVA, S. C. Manejo do pastejo para obtenção de forragem de qualidade. In: PIRES, A. V. (org.). **Bovinoicultura de corte**. Barueri: Prol Editora, 2010. p. 433-447.

ZIMMER, A. H.; VERZIGNASSI, J. R.; LAURA, V. A.; VALLE, C. B.; JANK, L.; MACEDO, M. C. M. Escolha das forrageiras e qualidade de sementes. In: CURSO DE FORMAÇÃO, RECUPERAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS, 2008, Campo Grande, MS. **[Palestras apresentadas]**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 22-47.

## Capítulo 5

# Confinamento como estratégia de intensificação em sistema de integração lavoura-pecuária

Leandro Sâmia Lopes  
Ramon Costa Alvarenga  
Miguel Marques Gontijo Neto  
Márcia Cristina Teixeira da Silveira  
Bárbara Martins Rodrigues  
Fabiano Alvim Barbosa



## **Introdução**

Diante da preocupação mundial com a conservação dos recursos naturais, o setor pecuário brasileiro é pressionado por políticas públicas a buscar alternativas dentro dos sistemas de produção que reduzam o impacto da atividade ao meio ambiente. Nesse sentido, para atendimento da demanda por proteína animal, com atenção às políticas públicas voltadas para preservação dos recursos naturais, será necessária a adoção de tecnologias que auxiliem os produtores a elevar a produtividade por meio de técnicas conservacionistas. Sob a ótica dessa realidade, a utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) tem ganhado destaque, principalmente em razão de maximizar a utilização da terra com a produção múltipla de produtos, como pastos e grãos, em uma mesma área de cultivo (Atlas [...], 2021).

A criação de bovinos no sistema ILP, impacta positivamente sobre o ambiente, através da sinergia entre os componentes solo, planta e animal, e proporciona rotatividade do ciclo de produção das culturas contrapondo ao monocultivo. Nesse quesito, incorporar a esse modelo de pecuária técnicas intensivas, como o confinamento, é uma alternativa eficiente para aumentar a quantidade de arrobas produzidas por hectare no ano. A viabilidade dessa estratégia é pautada, principalmente, pela utilização dos grãos e da silagem obtidos no ILP na dieta dos animais em terminação (Costa et al., 2017; Maciel et al., 2019).

Ademais, outros aspectos devem ser considerados quando se utiliza o confinamento como estratégia de terminação: a retirada de animais mais pesados do pasto na época de escassez de alimentos (período seco do ano), possibilita a permanência no pasto de animais de menor exigência nutricional, como animais de recria, promove redução da idade ao abate (até 24 meses de idade), permite melhor acabamento de carcaça e comercialização dos animais no período de entressafra onde, historicamente, se têm maiores valores pagos pela arroba, além de aumentar a taxa de desfrute da propriedade (Lopes et al., 2012).

No confinamento, a utilização de dietas ricas em alimentos concentrados pode contribuir para a redução do custo operacional da atividade pelo menor tempo necessário para o animal atingir o peso de abate e, conseqüentemente, diminuir o valor gasto para a produção da arroba. De acordo com Silvestre e Millen (2021), as dietas de confinamento brasileiro possuem em média 85% de

concentrado, o que proporciona aos animais um elevado ganho de peso, independentemente do valor nutricional do volumoso utilizado. Além do mais, o alto valor empregado na aquisição de áreas para plantio, a necessidade de aumentar a taxa de lotação da propriedade e o risco agrônômico para a produção de volumoso justificam a maior utilização de concentrado na dieta de bovinos confinados.

Com o crescente avanço de técnicas reprodutivas empregadas na pecuária, a utilização de animais cruzados tem sido uma realidade em diversos sistemas de produção no Brasil. Sendo assim, o cruzamento entre raças europeias (*Bos taurus*) e zebuínas (*Bos indicus*) tem como objetivo melhorar a eficiência na produção animal através da exploração da heterose e da incorporação de genes favoráveis na população com o intuito de promover complementariedade das características desejáveis das raças envolvidas (Barcellos et al., 2017).

De forma geral, as raças zebuínas apresentam menores taxas de crescimento bem como piores características de carcaça e carne quando comparadas com as raças europeias. Entretanto, os animais zebuínos são mais adaptados às condições de clima tropical, além de serem mais resistentes a endo e ectoparasitas. Como produto do cruzamento entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus*, pode-se obter um animal que apresenta como vantagens maior precocidade e potencial de crescimento, capacidade de adaptação ao clima e parasitas e produção de carne de qualidade superior (Ferraz; Felício, 2010).

O confinamento em si não faz parte do sistema ILP, entretanto, foi a alternativa selecionada para intensificar a produção animal deste sistema. Então, este capítulo tem como objetivo discutir a terminação de bovinos de corte em confinamento como estratégia para intensificação do sistema de ILP através da utilização de animais de diferentes genótipos e diferentes dietas ao longo dos anos de avaliação.

As pesquisas desenvolvidas têm apresentado resultados positivos referentes à produção de carne em sistema ILP. A utilização de raças bovinas factíveis com o local, associada a estratégias intensivas aplicadas à fase de recria em ILP (escolha de forrageira produtiva, adubação e manejo do pasto, suplementação animal durante todo o ano e manutenção de altas taxas de lotação no época chuvosa do ano), além da terminação em confinamento têm se mostrado

alternativas viáveis para alavancar a produção pecuária regional e no País e, ao mesmo tempo, atender a demanda mundial em termos de sustentabilidade ambiental.

### **Animais utilizados no confinamento oriundos do sistema de integração lavoura-pecuária**

Com a crescente utilização de confinamento no Brasil ao longo dos últimos anos, a idade de abate dos animais diminuiu de forma significativa, sendo que no ano de 1997, 53,8% dos animais abatidos no Brasil apresentavam idade superior a 36 meses. No ano de 2020, este número foi de apenas 10,9%. No período de 2001 a 2020, houve um aumento de 151,6% no número de animais confinados, sendo que a principal característica dos animais que foram terminados nesta modalidade foi o abate de animais até 24 meses de idade (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2021).

A raça Nelore e seus cruzamentos representam, aproximadamente, 80% do rebanho nacional de bovinos de corte. Dessa forma, torna-se importante conhecer o desempenho de animais Nelore e seus cruzamentos, terminados em confinamento, com o intuito de melhorar a produtividade, bem como estabelecer pontos de abate que proporcionem maiores eficiências de ganho e melhores características de carcaça (Costa et al., 2017).

Por outro lado, os animais *Bos taurus* de origem britânica, como a raça Angus, são mais precoces para deposição de gordura em relação aos animais europeus continentais, como o Charolês. Esta última, por sua vez, é uma raça que apresenta alta taxa de crescimento, e conseqüentemente maior peso na maturidade e no abate, quando abatidos em uma mesma composição corporal, comparados aos animais britânicos (Menezes et al., 2005).

Em razão do crescente trabalho de melhoramento genético que tem sido realizado no Brasil em diversas raças, é possível escolher reprodutores baseados em características que estão relacionados a indicadores econômicos como seleção para eficiência alimentar e busca por melhorias de características de carcaça para a obtenção de animais jovens com boa cobertura de gordura no momento do abate (Ferraz; Felício, 2010).

Dessa forma, o cruzamento entre raças zebuínas e taurinas tem sido utilizado como ferramenta para explorar tanto a complementariedade (diferença genéticas entre as raças) quanto a heterose (vigor híbrido), permitindo assim obter indivíduos cruzados com características intermediárias entre as raças puras, que podem aliar rusticidade e adaptação ao clima tropical às características de rápido crescimento, com boa qualidade de carne (Zadra, 2007).

Considerando estas premissas, a Embrapa Milho e Sorgo utiliza o confinamento como ferramenta para terminação dos animais puros e cruzados que são recriados no sistema ILP durante um período de aproximadamente 12 meses. Ao longo dos anos, tem sido utilizada nas pesquisas uma raça pura adaptada às características de clima local (raça Nelore), e têm sido avaliados diversos tipos de cruzamentos de modo a alcançar o melhor genótipo, em que se busca aliar bom desempenho em condições de campo e características de carcaça que são desejadas pelos frigoríficos compradores, como elevado peso de carcaça, cobertura de gordura uniforme e alto volume de carne desossada. Dessa forma, após o período de recria, os animais são encaminhados para o confinamento no mês de junho ou julho, onde são mantidos até atingirem o peso de abate.

Diante disso, os animais Nelore, por apresentarem menor capacidade de crescimento que os animais cruzados, são levados para o confinamento entre 13 e 14 arrobas (390 a 420 kg de peso vivo) enquanto os animais cruzados são levados com 15 arrobas a 16 arrobas (450 a 480 kg de peso vivo). Todos os animais são oriundos de mesma estação de monta, portanto, eles entram para o confinamento com uma idade média de 18 a 20 meses de idade (Figuras 5.1 e 5.2, respectivamente).



**Figura 5.1.** Animais Nelore no final do período de recria no sistema de integração lavoura-pecuária, antes de serem encaminhados para o confinamento.



**Figura 5.2.** Animais cruzados ( $\frac{1}{2}$  Nelore x  $\frac{1}{2}$  Angus) no final do período de recria no sistema de integração lavoura-pecuária, antes de serem encaminhados para o confinamento.

Tanto as silagens (milho e sorgo) quanto os grãos (milho e soja) utilizados para formulação das dietas do confinamento são produzidos no sistema ILP, o que deixa o confinamento menos dependente do mercado, principalmente em relação às oscilações de preços que os grãos comumente apresentam ao longo de cada ano. Dessa forma, a dieta de confinamento que representa a maior parte dos custos (aproximadamente 75% dos custos totais), pode ter seu valor reduzido através da própria produção dos alimentos e tornar a atividade mais rentável.

O abate dos animais ocorre antes dos 24 meses de idade com aproximadamente 18 a 19 arrobas (540 a 570 kg) para os animais Nelore e 21 a 22 arrobas (630 a 660 kg) para os animais cruzados (Figuras 5.3 e 5.4, respectivamente), o que os classifica como novilhos precoces, sendo que a maioria dos animais é abatido com 0 (zero) dente incisivo permanente.

Logo após o abate, as carcaças são pesadas e avaliadas quanto à deposição de gordura subcutânea. Em geral, tem-se obtido em média 280 kg de carcaça para animais Nelore e 330 kg para animais cruzados, com rendimentos de carcaça que variam entre 55 e 58%. Já em relação ao acabamento de gordura, tem-se obtido em média carcaças com acabamento uniforme (6 a 10 mm de espessura de gordura subcutânea) independentemente dos grupos genéticos avaliados, o que demonstra que os animais são abatidos próximos ao peso da maturidade correspondente a cada grupo genético (Figuras 5.5 e 5.6, respectivamente).



**Figura 5.3.** Animais Nelore prontos para serem encaminhados para o abate.



**Figura 5.4:** Animais cruzados ( $\frac{1}{2}$  Nelore x  $\frac{1}{2}$  Angus) prontos para serem encaminhados para o abate.



Foto: Leandro Sâmia Lopes

**Figura 5.5.** Carcaça de animais Nelore abatidos antes dos 24 meses de idade.



Foto: Leandro Sâmia Lopes

**Figura 5.6.** Carcaça de animais cruzados ( $\frac{1}{2}$  Nelore x  $\frac{1}{2}$  Angus) abatidos antes dos 24 meses de idade.

Nos dias atuais, tem crescido a procura por carnes de qualidade superior pelo mercado consumidor. Diante disso, alguns frigoríficos, com o intuito de atender este mercado específico, têm procurado oferecer carnes que são certificadas por determinadas associações de raças como forma de garantir um produto de qualidade e com pouca variabilidade. No caso específico dos animais cruzados  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore, que têm sido utilizados com maior frequência nos últimos anos das pesquisas, eles foram certificados no frigorífico (quando este fazia parte do programa Carne Certificada Angus) por avaliadores profissionais, o que permitiu comercializar a arroba por valores mais elevados que o valor praticado no dia para os demais animais que estavam sendo abatidos.

### **Experimentos e principais resultados**

Serão detalhados a seguir os experimentos que foram realizados no confinamento da Embrapa Milho e Sorgo bem como os grupos genéticos e as dietas utilizadas no período compreendido entre 2014 e 2018.

No ano de 2014, o trabalho intitulado “Desempenho de bovinos cruzados recriados em sistema de integração lavoura-pecuária e terminados em confinamento” utilizou animais cruzados machos inteiros (20 animais  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore e 10 animais  $\frac{1}{2}$  Charolês x  $\frac{1}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Nelore) que receberam dois tipos de dieta (dieta total e dieta sem volumoso). Os ingredientes e a composição da dieta estão apresentados na Tabela 5.1.

Os animais foram adaptados durante 29 dias às dietas experimentais, e o critério de abate foi estabelecido como peso mínimo de 480 kg de peso vivo. Foram necessários 84 dias de confinamento, com exceção do grupo genético  $\frac{1}{2}$  Charolês x  $\frac{1}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Nelore alimentado com a dieta sem a presença de volumoso, que necessitou ficar 103 confinados para atingir os critérios propostos para o abate.

Em relação ao desempenho dos animais, houve interação entre tipo de dieta e o grupo genético avaliado (Tabela 5.2).

**Tabela 5.1.** Proporção de ingredientes e composição nutricional da dieta fornecida para animais cruzados terminados em confinamento no ano de 2014.

<b>Ingrediente</b>	<b>Dieta total (%)</b>	<b>Concentrado (%)</b>
Silagem de milho	35,0	--
Milho	54,0	85,0
Soja integral	5,0	--
Pellet proteico	--	15,0
Núcleo mineral	6,0	--
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Nutriente</b>	<b>Dieta (% da matéria seca)</b>	<b>Dieta (% da matéria seca)</b>
Matéria seca	61,4	89,5
Fibra em detergente neutro	32,6	8,7
Fibra em detergente ácido	16,2	2,8
Lignina	2,3	0,1
Matéria mineral	5,7	5,6
Proteína bruta	15,7	14,1
Digestibilidade in vitro da matéria seca	70,6	87,0
Nutrientes digestíveis totais	61,7	82,6
Extrato etéreo	4,1	2,1

Fonte: Costa (2017).

**Tabela 5.2.** Desempenho (kg dia<sup>-1</sup>) de animais de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento no ano de 2014.

<b>Dieta</b>	<b>Tipos de cruzamento</b>	
	<b>½ Angus x ½ Nelore</b>	<b>½ Charolês x ¼ Angus x ¼ Nelore</b>
100% concentrado	1,59 aA	1,33 aB
Dieta total	1,66 bA	1,96 aA

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Fisher (P<0,05).

Fonte: Costa (2017).

Os animais oriundos do cruzamento com Charolês que receberam dieta total podem ter apresentado ganho compensatório durante o período de confinamento. O ganho compensatório ocorre em animais que sofreram restrição alimentar suficiente para diminuir seu crescimento contínuo, e quando recebem alimentação adequada pós-restrição alimentar, tendem a ter maiores taxas de ganho de peso do que animais da mesma idade e tamanho que não sofreram restrição alimentar (Barbosa et al., 2016).

Os resultados das características de carcaça dos animais de diferentes grupos genéticos se encontram na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3.** Características de carcaça de animais de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento no ano de 2014.

Variável	Tipos de cruzamento		Dieta	
	$\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore	$\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore	100% concentrado	Dieta total
PVI (kg)	397,7 a	323,2 b	376,0	380,5
PVF (kg)	532,3 a	475,1 b	509,2	525,0
GMDc (kg dia <sup>-1</sup> )	1,12 a	0,96 b	1,06	1,10
PCQ (kg)	292,2 a	248,3 b	280,3	281,3
RC (%)	54,9 a	52,3 b	55,0 a	53,5 b

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Fisher ( $P < 0,05$ ).

PVI: peso vivo inicial. PVF: peso vivo final. GMDc: ganho médio diário de carcaça. PCQ: peso de carcaça quente. RC: rendimento de carcaça.

Fonte: Costa (2017).

Os animais cruzados com Charolês apresentaram menor ganho médio diário de carcaça (GMDc), menor rendimento de carcaça (RC), e menor peso no abate quando comparados aos animais  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore, embora tenham permanecido mais tempo em confinamento. Esse efeito pode estar relacionado ao menor desempenho dos animais cruzados com Charolês no período de recria e ao menor peso inicial no confinamento, o que resultou em menor peso corporal final.

O rendimento de carcaça (RC) do grupo genético com Charolês foi inferior ao do grupo  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore, uma vez que esses animais apresentaram

menor peso final. O RC pode ser afetado por diversos fatores, como peso do conteúdo gastrointestinal, tipo de dieta, idade e peso no abate, grau de terminação, raças e cruzamentos (Patterson et al., 1995). O peso no abate também interfere diretamente no RC, pois animais mais pesados apresentam maior deposição de gordura e, conseqüentemente, apresentam maior rendimento (Pazdiora et al., 2013). As raças britânicas e seus cruzamentos apresentam maior deposição de gordura e maior rendimento de carcaça do que as raças continentais, principalmente pela maior quantidade de gordura na carcaça (Patterson et al., 1995). Ficou evidenciado, neste experimento, que o peso no abate e o tipo de cruzamento interferiram no RC.

O RC foi superior para a dieta 100% concentrada, o que pode ser explicado pela maior densidade energética dessa dieta, que resulta em menor tamanho do trato gastrointestinal (Silva et al., 2002). Portanto, segundo Paulino et al. (2013), há uma maior eficiência no uso de energia associada a um maior ganho de peso corporal, em que a energia da dieta é utilizada para a síntese de tecidos, e isso resulta em maiores ganhos de carcaça.

No ano de 2015, o trabalho intitulado “Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento” utilizou 47 animais machos inteiros (8 Nelores; 12  $\frac{1}{2}$  Nelore x  $\frac{1}{2}$  Angus; 10  $\frac{1}{2}$  Charolês x  $\frac{1}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Nelore; 12  $\frac{1}{2}$  tabapuã x  $\frac{1}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Nelore e 5  $\frac{1}{2}$  Nelore x  $\frac{1}{2}$  Tabapuã) com idade média de 16 meses e peso vivo corporal inicial de 332,9 kg.

Como critério para abate dos animais, foi estipulado um ganho de peso de 200 kg durante o confinamento. Foram necessários 115 dias para os grupos genéticos  $\frac{1}{2}$  Nelore x  $\frac{1}{2}$  Angus,  $\frac{1}{2}$  Charolês x  $\frac{1}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Nelore e  $\frac{1}{2}$  Tabapuã x  $\frac{1}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Nelore e 150 dias para os animais Nelore e Nelore x Tabapuã.

Os animais foram adaptados durante 21 dias às dietas experimentais, e os ingredientes e a composição da dieta estão apresentados na Tabela 5.4.

Em relação ao consumo de matéria seca (CMS) em kg dia<sup>-1</sup>, não houve diferença entre os grupos genéticos. Porém, ao considerar o peso vivo dos animais, o CMS diferiu entre os grupos, sendo maior em porcentagem do peso vivo para os animais  $\frac{1}{2}$  Tabapuã x  $\frac{1}{2}$  Nelore, quando comparado aos animais  $\frac{1}{2}$  Charolês x  $\frac{1}{4}$  Angus x  $\frac{1}{4}$  Nelore (Tabela 5.5).

**Tabela 5.4.** Proporção dos ingredientes e composição nutricional da dieta oferecida aos diferentes grupos genéticos terminados em confinamento no ano de 2015.

Ingrediente	Proporção na dieta (%)
Silagem de milho	35,0
Milho moído	54,0
Soja grão	5,2
Núcleo mineral	5,8
Total	100,0
Nutriente	Dieta (% MS)
Matéria seca	48,4
Fibra em detergente neutro	38,0
Fibra em detergente ácido	19,4
Lignina	2,0
Matéria mineral	5,3
Proteína bruta	13,8
Extrato etéreo	3,7
Digestibilidade in vitro da matéria seca	70,3
Nutrientes digestíveis totais	70,9
Carboidratos não fibrosos	39,3

Fonte: Andrade (2017).

**Tabela 5.5.** Consumo de matéria seca ( $\text{kg dia}^{-1}$  e %PV), e eficiência alimentar (EA) de animais de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento no ano de 2015.

Variável	Grupo genético					Média
	NEL	TN	AN	CAN	TAN	
CMS ( $\text{kg dia}^{-1}$ )	9,12	9,96	10,31	9,96	9,85	9,84
CMS (%PV)	2,43 ab	2,71 a	2,21 ab	2,15 b	2,44 ab	2,39
Eficiência alimentar	0,16 ab	0,14 b	0,21 a	0,21 a	0,20 ab	0,18

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

NEL: Nelore. TN: Tabapuã x Nelore. AN:  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore.

CAN:  $\frac{1}{2}$  Charolês  $\frac{1}{4}$  Angus  $\frac{1}{4}$  Nelore. TAN:  $\frac{1}{2}$  Tabapuã  $\frac{1}{4}$  Angus  $\frac{1}{4}$  Nelore.

Fonte: Andrade (2017).

Os grupos genéticos AN e CAN, que são os grupos com maior grau de sangue taurino (mínimo 50%), possuíram maior eficiência alimentar quando comparados ao grupo TN (Tabela 5.5). A eficiência alimentar é uma variável que está diretamente relacionada à eficiência econômica dos animais em confinamento, já que o custo com a alimentação do confinamento representa aproximadamente 70% dos custos totais.

Resultados semelhantes foram encontrados por Marcondes et al. (2011), que compararam a eficiência alimentar de 48 novilhos terminados em confinamento, de três diferentes grupos genéticos: Nelore, ½ Angus x Nelore e ½ Simental x Nelore. Os animais cruzados obtiveram maior eficiência quando comparados aos Nelore. De acordo com o autor, animais zebuínos possuem maior capacidade de digerir os nutrientes quando expostos a dietas de baixa qualidade (alto teor de fibra). Por outro lado, animais taurinos, quando expostos a dietas de melhor qualidade (alto teor de concentrado) apresentam maior desempenho e maior eficiência alimentar, por terem passado por intensa seleção para ganho de peso no longo do processo evolutivo.

Houve diferença no peso vivo inicial dos diferentes grupos genéticos. Os animais AN começaram o experimento mais pesados que os animais TAN, NEL e TN. Os animais CAN, por sua vez, foram superiores apenas a NEL e TN (Tabela 5.6). Todos os animais foram contemporâneos, oriundos do mesmo rebanho e receberam as mesmas condições de manejo e nutricionais durante a fase de recria em pastagem (*Panicum maximum*) na mesma área experimental (Embrapa Milho e Sorgo). A diferença de peso vivo na entrada do confinamento deveu-se ao maior peso no desmame e ganho de peso na fase de recria dos animais com maior grau sanguíneo taurino.

**Tabela 5.6.** Desempenho e características de carcaça de animais de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento no ano de 2015.

Variável	Grupo genético					Média
	NEL	TN	AN	CAN	TAN	
PVI (kg)	294,1 cd	290,4 d	363,7 a	356,0 ab	325,6 bc	332,9
PVF (kg)	502,4 b	484,3 b	576,2 a	569,7 a	520,1 ab	538,5
GMD (kg dia <sup>-1</sup> )	1,39 bc	1,29 c	1,85 a	1,86 a	1,69 ab	1,67
GMDc (kg dia <sup>-1</sup> )	0,88 bc	0,83 c	1,21 a	1,20 a	1,07 ab	1,08
PCQ (kg)	279,5 bc	268,9 c	321,5 a	316,0 ab	286,2 abc	298,9
RC (%)	55,6	55,5	55,8	55,4	55,1	55,5
EB (kg de matéria seca por arroba)	159,4	164,8	144,0	141,9	144,3	150,9

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

NEL: Nelore. TN: Tabapuã x Nelore. AN: ½ Angus x ½ Nelore.

CAN: ½ Charolês ¼ Angus ¼ Nelore. TAN: ½ Tabapuã ¼ Angus ¼ Nelore.

PVI: peso vivo inicial. PVF: peso vivo final.

GMD: ganho médio diário. GMDc: ganho médio diário de carcaça. PCQ: peso de carcaça quente.

RC: rendimento de carcaça. EB: eficiência biológica.

Fonte: Andrade (2017).

Em relação ao peso vivo final (PVF), os animais com maior grau de sangue taurino (mínimo 50%) AN e CAN foram superiores aos grupos genéticos zebuínos, NEL e TN ( $P < 0,05$ ). Também houve diferença ( $P < 0,05$ ) no ganho médio diário em peso vivo (GMD), em que os grupos AN e CAN foram superiores ao NEL e TN, e os animais TAN superiores apenas aos TN (Tabela 5.6). O maior desempenho dos animais com maior grau de sangue taurino se deve ao efeito genético aditivo das raças Angus e Charolês, que sofreram intensa seleção para ganho de peso, além da heterose individual dos animais cruzados (Restle et al., 2001).

Para a variável peso de carcaça, os animais AN produziram carcaças mais pesadas que os NEL e TN; já os animais CAN foram superiores apenas ao grupo TN. Os animais NA e CAN apresentaram carcaças com peso superior a 21 arrobas, o que é desejável pelos frigoríficos. Além do menor peso de carcaça dos animais zebuínos, a idade do abate deles foi de 21 meses, superior aos grupos genéticos AN, CAN e TAN, que foram abatidos com 20 meses de idade. Em relação ao GMDc, os grupos genéticos AN e CAN foram superiores aos grupos NEL e TN, e o grupo TAN superior apenas ao TN.

De acordo com Schiermiester et al. (2015), os benefícios da heterose têm sido bem documentados e ela se mostra com grande importância econômica, principalmente para características de crescimento. A heterose se expressa de forma máxima quando a diferença genética existente entre as raças utilizadas é grande, como ocorre nos cruzamentos *Bos taurus* x *Bos indicus*.

Todos os grupos genéticos apresentaram RC acima de 55%. De acordo com Lopes et al. (2008), dietas mais energéticas, e que fornecem maior aporte de nutrientes para o animal, proporcionam adequado acabamento de carcaça, e, conseqüentemente, elevam o rendimento de carcaça além de aumentar a proporção de cortes.

A eficiência biológica (EB) representa a eficiência de deposição de carcaça (Paulino et al., 2008). Neste caso, os animais cruzados com taurino (AN, CAN e TAN) foram mais eficientes que os zebuínos (NEL e TN), em razão do menor CMS necessário para depositar uma arroba de carcaça. Essa maior eficiência de deposição de tecidos pelos animais cruzados também pode ser verificada pelas variáveis CMS ( $\text{kg dia}^{-1}$ ) e GMDc, já que não houve diferença no consumo de

matéria seca ( $\text{kg dia}^{-1}$ ) entre os grupos genéticos, e o GMDc foi maior nos animais AN e CAN, quando comparados aos zebuínos.

Nos anos de 2016 e 2017, foram realizados dois experimentos para avaliar não apenas o desempenho de diferentes grupos genéticos no confinamento, mas também para avaliar a emissão de gases de efeito estufa emitido pelos animais. O trabalho foi intitulado “Desempenho e emissões de gases de efeito estufa de bovinos zebuínos e cruzados em sistema intensivo e integrado de produção”.

A pesquisa sobre as mudanças climáticas e suas implicações é atualmente foco de grande interesse científico. Além dos esforços globais de pesquisa, há uma crescente necessidade de avaliar os impactos das mudanças climáticas na área de extensão agrícola.

Com a maior demanda por alimentos e maior pressão para a preservação dos recursos naturais, buscam-se estratégias contra as ameaças dos efeitos das mudanças climáticas e preocupações sobre o modo de mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Diante disso, foram avaliados 70 animais machos inteiros, sendo 35 animais Nelore e 35 animais cruzados  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore com 20 meses de idade e peso vivo inicial médio de 337,7 e 418,4 kg, para Nelore e cruzados  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore, respectivamente.

Os animais foram adaptados às dietas experimentais durante 21 dias e ficaram confinados até atingirem 200 kg de ganho de peso no período de confinamento. A dieta foi composta por silagem de milho, milho moído, soja integral e núcleo mineral para confinamento (Tabela 5.7).

Os resultados de desempenho e características de carcaça dos animais Nelore e  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore terminados em confinamento no ano de 2016 são apresentados na Tabela 5.8.

Os resultados do CMS, desempenho, características de carcaça dos animais Nelore e  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore terminados em confinamento no ano de 2017 são apresentados na Tabela 5.9.

**Tabela 5.7.** Proporção dos ingredientes e composição nutricional da dieta oferecida aos animais Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento no ano de 2017.

<b>Ingrediente</b>	<b>Proporção na dieta (%)</b>
Silagem de milho	35,0
Milho moído	54,0
Soja grão	5,0
Núcleo mineral	6,0
<b>Total</b>	<b>100,0</b>
<b>Nutriente</b>	<b>Dieta (% de matéria seca)</b>
Matéria seca	58,3
Fibra em detergente neutro	27,4
Fibra em detergente ácido	11,7
Lignina	0,5
Matéria mineral	4,3
Proteína bruta	16,0
Extrato etéreo	4,2
Nutrientes digestíveis totais	75,4

Fonte: Maciel (2019).

**Tabela 5.8.** Desempenho e características de carcaça de animais Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento no ano de 2016.

<b>Variável</b>	<b>Nelore</b>	<b>½ Nelore x ½ Angus</b>
PVI (kg)	337,7 b	418,4 a
PVF (kg)	509,4 b	617,5 a
GMD (kg dia <sup>-1</sup> )	1,32 b	1,87 a
GMDc (kg dia <sup>-1</sup> )	0,89 b	1,34 a
Ganho total (kg)	171,7 b	199,1 a
RC (%)	55,8 b	57,1 a
PCQ (kg)	284,2 b	352,4 a

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

PVI: peso vivo inicial. PVF: peso vivo final.

GMD: ganho médio diário. GMDc: ganho médio diário de carcaça.

RC: rendimento de carcaça. PCQ: peso de carcaça quente.

Fonte: Maciel (2019).

**Tabela 5.9.** Consumo de matéria seca, desempenho, características de carcaça de animais Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento no ano de 2017.

Variável	Nelore	½ Nelore x ½ Angus
PVI (kg)	392,6 b	425,6 a
PVF (kg)	535,9 b	637,3 a
Ganho total (kg)	143,3 b	211,7 a
CMS (kg dia <sup>-1</sup> )	9,3 b	12,4 a
GMD (kg dia <sup>-1</sup> )	1,34 b	1,97 a
GMDc (kg dia <sup>-1</sup> )	0,89 b	1,40 a
CA (CMS por GMD)	7,17 b	5,93 a
EA (GMD por CMS)	0,167 b	0,193 a
RC (%)	55,3	56,9
PQC (kg)	296,4 b	362,6 a
AOL (cm <sup>2</sup> )	79,0 b	97,1 a
EGS (mm)	8,3 a	5,7 b

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

PVI: peso vivo inicial. PVF: peso vivo final. CMS: consumo de matéria seca.

GMD: ganho médio diário. GMDc: ganho médio diário de carcaça.

CA: conversão alimentar. EA: eficiência alimentar. RC: rendimento de carcaça.

PCQ: peso de carcaça quente. AOL: área de olho de lombo. EGS: espessura de gordura subcutânea.

Fonte: Maciel (2019).

Houve diferença significativa entre os dois genótipos para a maioria das variáveis avaliadas. Os animais AN tiveram maior ADG e conversão alimentar do que NEL, mas entraram no confinamento com um peso significativamente maior. Os animais AN atingiram o peso final desejado em 111 dias e 105 dias no primeiro e segundo ano, respectivamente. Os animais NEL, mesmo que tenham permanecido no confinamento por mais tempo (138 e 127 dias em confinamento no primeiro e segundo ano, respectivamente) tiveram menor ganho de peso total (172 kg) em relação ao AN.

O genótipo apresentou efeito significativo RC e no GMD de carcaça (P < 0,01), com animais AN sendo maiores que NEL. O GMD da carcaça em confinamento foi 35% maior para AN do que para NEL, enquanto o GMD total da carcaça (considerado durante todo o período do experimento) foi 28% maior para AN. Este aumento observado na produtividade resulta na necessidade de menos animais para produzir uma determinada quantidade de carne, o que pode contribuir para reduzir os impactos ambientais da produção de carne.

Os maiores pesos de carcaça foram observados nos animais AN quando comparados aos NEL. As diferenças observadas para o peso foram relacionadas às diferenças no peso na hora do abate dos animais. Em geral, o cruzamento entre *Bos taurus* e *Bos indicus* resulta em animais com maior peso no abate, principalmente quando terminados com dietas com alto teor de energia. Porém, grupos genéticos menores, como os animais Nelore, atingem a maturidade fisiológica mais rapidamente, sendo abatidos mais cedo e com menos peso pela mesma quantidade de gordura corporal. Da mesma forma, Goulart et al. (2008) encontraram maior peso no abate para animais Angus (508 kg) quando comparados aos Nelore (450 kg) para a mesma quantidade de gordura corporal.

Já no ano de 2018, foi realizado um experimento intitulado “Desempenho produtivo, comportamento e emissão de N<sub>2</sub>O pelas excretas de bovinos de corte Nelore e cruzados em terminação”.

Diante disso, foram utilizados no experimento 45 animais machos inteiros com idade média de 20 meses sendo 25 animais Nelore e 20 animais cruzados ½ Angus x ½ Nelore com peso vivo inicial médio de 391,8 kg e 385,8 kg para Nelore e cruzados, respectivamente.

O período de confinamento foi de 129 dias sendo os primeiros 21 dias destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais. A dieta foi composta por silagem de milho, milho moído, soja integral e núcleo mineral para confinamento (Tabela 5.10).

O CMS, o consumo de água, os parâmetros de eficiência, o desempenho e as características de carcaça dos animais Nelore e cruzados ½ Angus x ½ Nelore são apresentados na Tabela 5.11. Os animais cruzados apresentaram maior PVF, maior CMS, maior consumo de água, maior ganho total, maior GMD e maior peso de carcaça quente (PCQ) quando comparado aos animais Nelore.

**Tabela 5.10.** Proporção dos ingredientes e composição nutricional da dieta oferecida aos animais Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento no ano de 2018.

<b>Ingrediente</b>	<b>Proporção na dieta (%)</b>
Silagem de milho	25,0
Milho moído	50,0
Soja grão	22,7
Núcleo mineral	2,3
<b>Total</b>	<b>100,0</b>
<b>Nutriente</b>	<b>Dieta (% de matéria seca)</b>
Matéria seca	75,8
Fibra em detergente neutro	23,1
Fibra em detergente ácido	18,7
Fibra em detergente neutro fisicamente efetivo	14,9
Lignina	2,4
Matéria mineral	4,9
Proteína bruta	15,6
Extrato etéreo	5,0
Carboidrato não fibroso	50,9
Nutrientes digestíveis totais	82,7

Fonte: Teixeira (2020).

**Tabela 5.11.** Consumo de matéria seca, consumo de água, desempenho, parâmetros de eficiência e características de carcaça de animais Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento no ano de 2018.

<b>Variável</b>	<b>Nelore</b>	<b>½ Nelore x ½ Angus</b>
PVI (kg)	391,8	385,8
PVF (kg)	567,6 b	613,2 a
CMS (kg dia <sup>-1</sup> )	9,9 b	12,6 a
CMS (% do PV)	1,9	2,1
Consumo de água por animal e por dia (L)	30,4 b	37,7 a
EA (GMD por CMS)	0,14	0,15
Ganho total (kg)	175,9 b	227,4 a
GMD (kg)	1,60 b	2,07 a
PCQ (kg)	317,3 b	341,8 a
RC (%)	56,0	55,7

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

PVI: peso vivo inicial. PVF: peso vivo final. CMS: consumo de matéria seca.

EA: eficiência alimentar. GMD: ganho médio diário.

PCQ: peso de carcaça quente. RC: rendimento de carcaça.

Fonte: Teixeira (2020).

De acordo com NRC (National Research Council, 2016), animais cruzados possuem maior exigência nutricional, maior capacidade de consumo e taxas de ganho de peso superiores quando comparados aos animais puros, principalmente zebuínos. Ficou evidenciado, pela Tabela 5.11, um CMS de 2,7 kg dia<sup>-1</sup> para os animais cruzados, o que permitiu a este grupo genético um maior desempenho, bem como maior peso de carcaça.

Quanto ao consumo água, foi observado que os animais cruzados consumiram 7,28 L por cabeça por dia a mais que os animais Nelore. Diante disso, concluiu-se que os animais Nelore e cruzados ingeriram, respectivamente 3,0 L e 3,9 L de água para cada 1 kg de matéria seca consumido.

A diferença no consumo de água, ocorre em razão da diferente capacidade de cada grupo genético de se adaptar às condições climáticas do local. Animais cruzados são mais sensíveis ao aumento de temperatura em relação à raça Nelore, sendo que a zona de conforto para cruzados varia entre 10 e 17 °C (Silva, 2000), enquanto para as raças zebuínas varia de 10 a 27 °C (Santos et al., 2012). Durante o período de confinamento, a temperatura máxima se manteve entre 26 e 31 °C, o que pode ter contribuído para o maior consumo de água apresentado pelos animais cruzados, como forma de promover maior perda de calor corporal.

No ano de 2019 foi realizado um experimento intitulado “Produção de metano, desempenho e qualidade de carcaça e carne de animais Nelore e cruzados ½ Angus x ½ Nelore terminados em confinamento alimentados com dietas com alto teor de lipídeos”.

Dessa forma, foram utilizados no experimento 50 animais machos inteiros sendo 25 animais Nelore com peso vivo inicial médio de 424,4 kg e 25 animais cruzados ½ Angus x ½ Nelore com peso vivo inicial médio de 480,7 kg.

O período de confinamento foi de 126 dias, sendo os primeiros 21 dias destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais. A dieta foi composta por silagem de sorgo, milho moído, soja integral e núcleo mineral para confinamento (Tabela 5.12).

Os dados de desempenho e características de carcaça são apresentados na Tabela 5.13.

**Tabela 5.12.** Proporção dos ingredientes e composição nutricional da dieta oferecida aos animais Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento no ano de 2019.

<b>Ingrediente</b>	<b>Proporção na dieta (%)</b>
Silagem de sorgo	20,0
Milho moído	57,6
Soja moída	20,4
Núcleo mineral	2,0
<b>Total</b>	<b>100,0</b>
<b>Nutriente</b>	<b>Dieta (% matéria seca)</b>
Matéria seca	64,7
Fibra em detergente neutro	20,8
Fibra em detergente neutro fisicamente efetivo	14,2
Matéria mineral	4,6
Proteína bruta	15,4
Extrato etéreo	7,0
Carboidrato não fibroso	51,5
Nutrientes digestíveis totais	83,2

**Tabela 5.13.** Desempenho e características de carcaça de animais Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento no ano de 2019.

<b>Variável</b>	<b>Nelore</b>	<b>½ Nelore x ½ Angus</b>
PVI (kg)	424,4 b	480,7 a
PVF (kg)	605,0 b	720,5 a
CMS (kg dia <sup>-1</sup> )	11,7 b	15,5 a
CMS (% do PV)	1,92 b	2,15 a
Consumo de água por animal e por dia (L)	40,0 b	45,5 a
Ganho total (kg)	180,6 b	239,8 a
GMD (kg)	1,43 b	1,90 a
GMDc (kg)	0,82	1,08 a
PCQ (kg)	340,6	394,9 a
RC (%)	56,0	55,0

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

PVI: peso vivo inicial. PVF: peso vivo final. CMS: consumo de matéria seca.

GMD: ganho médio diário. GMDc: ganho médio diário de carcaça.

PCQ: peso de carcaça quente. RC: rendimento de carcaça.

Ficou evidenciado que os animais cruzados apresentaram maiores características de desempenho e maior peso de carcaça. De acordo com Leite et al. (2006), no Brasil, a utilização do cruzamento de animais *Bos indicus* com animais *Bos taurus* tem o objetivo de explorar a heterose, maximizando as características desejáveis de carcaça, como maior peso de carcaça e melhor deposição de gordura.

No entanto, não houve diferença entre RC entre os grupos genéticos. O RC tem sido utilizado como uma das principais formas de comercialização de bovinos no Brasil. O RC é influenciado pelo peso corporal do animal e pelo peso do trato gastrointestinal, que sofrem alterações pelo grupamento genético, nutrição, maturidade e peso das partes não integrantes da carcaça. A comercialização da carcaça brasileira geralmente é baseada em seu peso quente, o que significa que o RC é uma das características de carcaça mais importantes a serem consideradas. Constatou-se que ambos os grupos genéticos também apresentaram valores satisfatórios. Alguns frigoríficos ainda compram animais com base em seu peso vivo final, considerando um RC de apenas 50%. Em geral, no Brasil, o RC de animais Nelore e mestiços não castrados pode variar de 50 a 55% (Cruz et al., 2014), valores estes semelhantes aos encontrados no presente experimento.

### **Considerações finais**

Os altos desempenhos apresentados pelos animais no período de confinamento são reflexos da genética escolhida (animais puros ou cruzados com fenótipo para corte) bem como da qualidade das dietas fornecidas nos diferentes ensaios experimentais, independentemente da formulação utilizada. Soma-se a isto o fato destes animais serem egressos do sistema ILP, onde apresentaram satisfatório ganho médio diário ao longo dos anos, o que permitiu aos animais entrarem no confinamento com um peso vivo elevado.

Esses resultados demonstram a viabilidade de se produzir alta quantidade de carne/hectare com qualidade desejada pela indústria frigorífica, através da associação do sistema de integração lavoura-pecuária com a prática de confinamento.

Os resultados também evidenciam a flexibilidade que o confinamento proporciona dentro do sistema de produção, pois podem ser utilizados diferentes grupos genéticos, com diferentes formulações de dietas além de se confinar os animais em diferentes períodos de tempo, e atingir o peso de abate, bem como o grau de acabamento desejado em animais jovens.

## Referências

ANDRADE, J. M. **Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento**. 2017. 61 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Perfil da Pecuária no Brasil - 2021**. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/>. Acesso em: 27 set. 2021.

ATLAS digital das pastagens brasileiras. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2021. Disponível em: <https://pastagem.org/map>. Acesso em: 27 set. 2021.

BARBOSA, F. A.; BICALHO, F. L.; GRAÇA, D. S.; MAIA FILHO, G. H. B.; AZEVEDO, H. O.; LEÃO, J. M.; ANDRADE JÚNIOR, J. M. C. Ganho compensatório no desempenho e eficiência econômica de novilhos Nelore submetidos a diferentes regimes alimentares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 1, p. 182-190, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8212>.

BARCELLOS, V. C.; MOTTIN, C.; PASSETTI, R. A. C.; GUERRERO, A.; EIRAS, C. E.; PROHMAN, P. E.; VITAL, A. C. P.; PRADO, I. N. Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nelore steers and crossbred Angus vs. Nelore bulls. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 4, p. 437-448, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i4.36692>.

COSTA, P. M. **Desempenho produtivo de bovinos de cruzados em sistema de Integração Lavoura-Pecuária**. 2017. 100 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; ALVARENGA, R. C.; GUIMARÃES, S. T.; LAMPEÃO, A. A.; WINKELSTRÖTER, L. K.; MACIEL, I. C. F. Performance of crossbred steers post-weaned in integrated crop-livestock system finished in a feedlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 5, p. 355-365, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500009>.

CRUZ, O. T. B.; VALERO, M. V.; ZAWADZKI, F.; RIVAROLI, D. C.; PRADO, R. M.; LIMA, B. S.; PRADO, I. N. Effect of glycerin and essential oils (*Anacardium occidentale* and *Ricinus communis*) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 4, p. 790-797, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3492>.

FERRAZ, J. B. F.; FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006>.

GOULART, R. S.; ALENCAR, M. M.; POTT, E. B.; CRUZ, G. M.; TULLIO, R. R.; ALLEONI, G. F.; LANNA, D. P. D. Body composition and protein and energy net requirements of steers of four genetic groups finished in feedlot. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 926-935, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000500022>.

LEITE, D. T.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; SILVEIRA, S. R. L. Composição física da carcaça e qualidade de carne de bovinos superjovens inteiros Charolês e mestiços Charolês x Nelore. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 28, n. 4, p. 461-467, 2006. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v28i4.609>.

- LOPES, L. S.; LADEIRA, M. M.; MACHADO NETO, O. R.; PAULINO, P. V. R.; CHIZZOTTI, M. L.; RAMOS, E. M.; OLIVEIRA, D. M. de. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 970-977, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400020>.
- LOPES, J. S.; RORATO, P. R. N.; WEBER, T.; RODRIGUES, R. D.; Metanálise para características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2278-2284, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800029>.
- MACIEL, I. C. F. **Desempenho e emissão de gases de efeito estufa de bovinos zebuínos e cruzados em sistema intensivo e integrado de produção**. 2019. 91 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- MACIEL, I. C. F.; BARBOSA, F. A.; TOMICH, T. R.; RIBEIRO, L. G. P.; ALVARENGA, R. C.; LOPES, L. S.; MALACCO, V. M. R.; ROWNTREE, J. E.; THOMPSON, L. R.; LANA, A. M. Q. Could the breed composition improve performance and change the enteric methane emissions from beef cattle in a tropical intensive production system? **PLoS One**, v. 14, p. e0220247, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220247>.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, I. M.; PAULINO, P. V. R.; VALADARES, R. F. D.; DETMANN, E. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1313-1324, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000600021>.
- MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; KUSS, F.; SILVEIRA, M. F. da; AMARAL, G. A. de. Características da carcaça de novilhos de gerações avançadas do cruzamento alternado entre as raças Charolês e Nelore, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 934-945, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300027>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**: update 2016. 8.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2016. 494 p.
- PAZDIORA, R. D.; RESENDE, F. D. de; FARIA, M. H. de.; SIQUEIRA, G. R.; ALMEIDA, G. B. de S.; SAMPAIO, R. L.; PACHECO, P. S.; PRIETTO, M. S. R. Animal performance and carcass characteristics of Nelore young bulls fed coated or uncoated urea slaughtered at different weights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 4, p. 273-283, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000400007>.
- PATTERSON, D. C.; STEEN, R. W.; KILPATRICK, D. J. Growth and development in beef cattle. 1. Direct and residual effects of plane of nutrition during early life on components of gain and food efficiency. **Journal of Agricultural Science**, v. 124, p. 91-100, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960007129X>.
- PAULINO, P. V. R.; OLIVEIRA, T. S.; GIONBELI, M. P.; GALLO, S. B. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 161-172, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v15n2p161-172>.
- PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMAN, E.; VALADARES, R. F. D.; FONSECA, M. A.; VÉRAS, R. M. L.; OLIVEIRA, D. M. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1079-1087, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600019>.
- RESTLE, J.; VAZ, F. N.; ROSO, C.; OLIVEIRA, A. N.; CERDÓTES, L.; MENEZES, L. F. G. Desempenho e características da carcaça de vacas de diferentes grupos genéticos em pastagem cultivada com suplementação energética. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1813-1823, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700019>.

SANTOS, B. S.; PINTO, A. P.; ANIZ, A.; ALMEIDA, A. P. de; FRANCO, G. L.; GUIMARÃES, E. B.; LEMOS, R. A. Mortalidade de bovinos zebuínos por hipotermia em Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 204-210, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012000300004>.

SCHIERMIESTER, L. N.; THALLMAN, R. M.; KUEHN, L. A.; KACHMAN, S. D.; SPANGLER, M. L. Estimation of breed-specific heterosis effects for birth, weaning, and yearling weight in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 1, p. 46-52, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8493>.

SILVA, F. F. da; VALADARES FILHO, S. de C.; ÍTAVO, L. C. V.; VELOSO, C. M.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; SILVA, P. A.; GALVÃO, R. M. Consumo, desempenho, características de carcaça e biometria do trato gastrointestinal e dos órgãos internos de novilhos Nelore recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1849-1864, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000700029>.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVESTRE, A. M.; MILLEN, D. D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, e20200189, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.37496/rbz5020200189>.

TEIXEIRA, N. P. **Desempenho, comportamento e quantificação de N<sub>2</sub>O gerado nas excretas de bovinos em terminação**. 2020. 66 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

ZADRA, A. Cruzamento industrial em gado de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2007. p. 23-27.



## Capítulo 6

# Evolução da fertilidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária

Antônio Marcos Coelho  
Álvaro Vilela de Resende  
Flávia Cristina dos Santos  
Ramon Costa Alvarenga



Foto: Álvaro Vilela de Resende

## **Introdução**

A integração lavoura-pecuária (ILP) vem sendo apontada como uma estratégia de uso da terra que permite compatibilizar ganhos de produtividade vegetal e animal, com maior eficiência de aproveitamento dos recursos disponíveis, incluindo os nutrientes, além de maior sustentabilidade pela melhoria da qualidade do solo. Entretanto, as alternativas de intensificação dos sistemas de produção agrícola, como a rotação, a sucessão e a consorciação de culturas, exigem um monitoramento mais frequente (2 a 3 anos) dos atributos químicos, físicos e biológicos, visando manter seu potencial produtivo e, conseqüentemente, sua sustentabilidade.

Isto acontece porque os diferentes tipos de culturas e suas finalidades de produção (grãos e forragem) apresentam diferentes exigências nutricionais e, conseqüentemente, exportação e ciclagem de nutrientes, o que pode ocasionar desbalanceamento nos teores de nutrientes dos solos, limitando assim seu potencial produtivo. Além disso, o intensivo tráfego de máquinas e equipamentos pode ocasionar degradação física dos solos, por exemplo, a compactação da camada superficial, intensificando o processo erosivo.

Nesse tipo de exploração, o balanço de nutrientes (quantidade aplicada menos a exportada nos produtos colhidos) assume importância fundamental, como ferramenta auxiliar, na recomendação de calagem e adubação para os sistemas de produção. O presente capítulo tem por objetivo avaliar a evolução e variações nos indicadores da fertilidade do solo de um sistema intensivo de produção, envolvendo diferentes culturas em rotação, sucessão e consorciação, em um projeto-piloto de integração lavoura pecuária, conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, situada no município de Sete Lagoas, MG, no período de 2005 a 2018.

## **Material e métodos**

O projeto-piloto, em sistema ILP, vem sendo conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas, MG, desde o ano de 2005. A área do projeto compreende por volta de 22 ha e foi dividida em quatro glebas de 5,5 ha cada. As composições das glebas, assim como sua dinâmica espaço-temporal, são apresentadas no Capítulo 3 deste livro. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura muito argilosa, manejado sob o sistema de plantio

direto desde o ano de 2006, cujas características físicas e químicas iniciais são apresentadas na Tabela 6.1.

**Tabela 6.1.** Atributos químicos e físicos de amostras de solo coletadas em 2005, antes da implantação das glebas componentes do projeto-piloto.

Profundidade da amostra (cm)	Gleba 1		Gleba 2		Gleba 3		Gleba 4	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
<b>Indicadores do potencial produtivo</b>								
M.O. (%)	3,98	3,31	3,55	2,98	3,25	2,84	4,28	3,50
pH (água)	5,40	5,40	5,20	5,40	5,60	5,30	5,10	5,00
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,57	11,19	11,07	9,90	9,88	8,92	10,76	10,43
Sat. Al (%)	3,0	6,0	12,0	7,0	2,0	8,0	20,0	32,0
Sat. Bases (%)	48,0	44,0	38,0	43,0	51,0	38,0	29,0	20,0
Argila (%)	62	69	69	71	62	71	69	62
<b>Indicadores da “biodisponibilidade” de macronutrientes</b>								
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,49	1,06	3,50	3,64	4,29	2,85	2,69	1,87
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,72	0,61	0,48	0,44	0,61	0,37	0,29	0,18
K (mg dm <sup>-3</sup> )	140	89	92	52	64	48	45	23
P (mg dm <sup>-3</sup> )	20	14	39	11	9	5	11	6
<b>Indicadores da “biodisponibilidade” de micronutrientes</b>								
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	4,5	2,5	7,0	14,5	2,5	4,0	12,5	1,5
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	1,2	1,1	1,4	1,5	1,2	1,4	0,8	4,1
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	134	121	85	81	61	50	19	31
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	43	45	52	71	43	47	47	51

### Amostragens de solos e análises laboratoriais

As amostragens de solo foram realizadas em novembro de 2005, outubro de 2006, março de 2008, agosto de 2012, outubro de 2014, julho de 2017 e julho de 2018. A amostragem em cada gleba foi realizada em pontos aleatórios, no sistema tradicional, retirando-se em cada gleba (5,5 ha) 25 amostras simples para compor uma amostra composta. As profundidades de amostragem foram diferentes para cada ano, sendo que em 2005 as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm. Em 2006 e 2012, nas profundidades

de 0–10 cm, 10–20 cm e 20–40 cm. Em 2008, as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0–10 cm e 10–20 cm, nas linhas e entre as linhas das culturas, sendo as amostras compostas analisadas separadamente. Em 2014, as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm e 40–60 cm. Em 2017 e 2018, as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm e 40–60 cm.

Em função dessas diferenças nas profundidades de amostragem, para a apresentação dos resultados, optou-se pela uniformização para as profundidades de 0–20 cm (valores médios ponderados das profundidades amostradas até 20 cm) e 20–40 cm, para as quais foi possível obter resultados para um maior número de anos de amostragens. As médias ponderadas para a camada de 0 a 20 cm foram calculadas pela Equação 6.1:

$$\text{VMP} = \{(P_{0-5} \times 5) + (P_{5-10} \times 5) + (P_{10-20} \times 10)\} / 20 \quad (6.1)$$

em que

VMP = o valor médio ponderado de cada parâmetro de solo.

P = os teores dos parâmetros nas profundidades consideradas.

Essas diferenças nas profundidades de amostragem realizadas, sem uma adequada sistematização de métodos, como uniformização nas profundidades e períodos de amostragens, dificultam a utilização de ferramentas estatísticas para análises desse tipo de resultado. Assim, em estudos dessa natureza, é necessário ter um planejamento inicial para a realização das amostragens de solo, definindo-se a forma de coleta, casualizada ou sistematizada, a profundidade e a periodicidade de amostragens (Coelho, 2005a). Entretanto, a necessidade de comparar dados não padronizados também ocorre em muitas propriedades agrícolas que desejam obter um histórico da evolução da fertilidade dos solos de suas glebas.

As análises químicas e físicas foram realizadas nos laboratórios de análises químicas e físicas de solo da Embrapa Milho e Sorgo, sendo determinados: pH em água, acidez potencial (H + Al) extraída com solução de acetato de cálcio pH 7,0; acidez trocável (Al), Ca e Mg extraídas em solução de KCl 1N; K, P, Zn, Cu, Mn e Fe extraídos pelo extrator Mehlich1; boro (B) extraído em água quente,

carbono orgânico em analisador de carbono a 800 °C, sendo os teores de matéria orgânica obtidos multiplicando-se os teores de carbono orgânico pelo fator de 1,72. Com base nesses resultados, foram calculadas capacidade de troca catiônica (CTC-pH7) (T), CTC efetiva (t), saturação por Al da CTC efetiva (m), soma de bases (SB) e saturação por bases (V). A análise granulométrica (areia, silte e argila) foi realizada pelo método da pipeta.

Os resultados foram analisados estatisticamente através da análise descritiva clássica em software SAS versão 8.2, e as figuras foram elaboradas em software Origin75. Os resultados dessas análises foram organizados em três grupos: a) indicadores do potencial produtivo do solo, que incluem os dados de matéria orgânica (M.O.), capacidade de troca de cátions (CTC-pH7), pH-água, saturação por alumínio da CTC efetiva (m) e saturação por bases (V); b) indicadores da “biodisponibilidade” de macronutrientes (Ca, Mg, K e P); e c) indicadores da “biodisponibilidade” de micronutrientes (Zn, Cu, Mn, Fe e B).

### **Histórico de calagem e adubação**

A aplicação de corretivos e fertilizantes foi feita de acordo com os resultados das análises de solo para cada gleba. As doses de calcário foram calculadas pelo método de saturação por bases, visando elevar para valor de 60%, com calcário dolomítico. No ano agrícola 2011/2012 foram aplicadas 2,0 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 92%). O gesso agrícola, nas doses de 1,0 Mg ha<sup>-1</sup> e 2,0 Mg ha<sup>-1</sup> foi aplicado na superfície do solo em 2005 e 2014, respectivamente. Em 2018, como fonte de magnésio, foram aplicados em cada gleba 1,0 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha serpentinito (MgO – 38%).

Nas adubações de semeadura, foram empregados fertilizantes formulados N, P, K e Zn, para o milho, o sorgo e as pastagens de braquiária (300 a 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-30-15 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente). Para a soja, foram utilizados fertilizantes formulados contendo P, K e Zn (300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 00-30-15 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente). Nas adubações de cobertura para o milho e o sorgo foram aplicadas doses variando de 90 a 130 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia, em aplicação única no estágio de 5 a 6 folhas. Quando as culturas de milho e sorgo tinham por finalidade a produção de forragem, o potássio era também aplicado em cobertura, juntamente com o N (200 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-00-20 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente). Nas

glebas com pastagens, foram aplicados na adubação de cobertura 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, divididos em três aplicações.

### **Evolução da fertilidade do solo**

Resultados iniciais das análises químicas e físicas de amostras de solo coletadas em 2005, em cada gleba da área experimental (Tabela 6.1), revelaram que, de um modo geral, embora ocorressem variações entre as glebas, o solo já apresentava a fertilidade construída em níveis relativamente mais favoráveis, em comparação às características químicas normalmente observadas em solos sob vegetação natural de Cerrado. Verifica-se, entretanto, que a gleba 4 apresentou maiores índices de acidez e menores biodisponibilidades, principalmente de Ca, Mg e K.

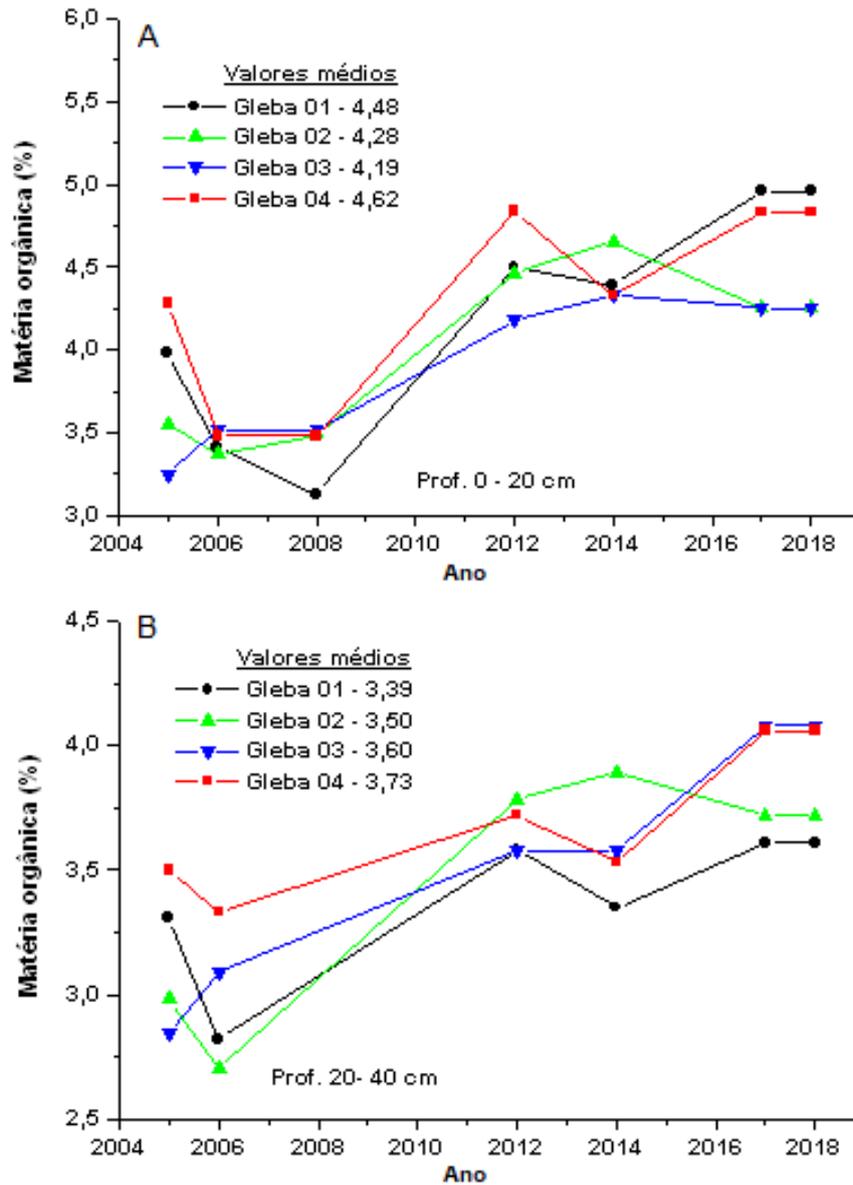
Portanto, pode-se dizer que a área em estudo, apresentava-se com solo não degradado e com um perfil até 40 cm de profundidade com níveis de fertilidade considerados adequados para se obter alto potencial produtivo já no primeiro ano, desde que as correções ainda requeridas fossem efetuadas adequadamente. Portanto, naquelas condições, ainda poderiam ser obtidas melhorias consideráveis na qualidade do solo, mesmo em condições de cultivos intensivos.

### **Indicadores do potencial produtivo do solo**

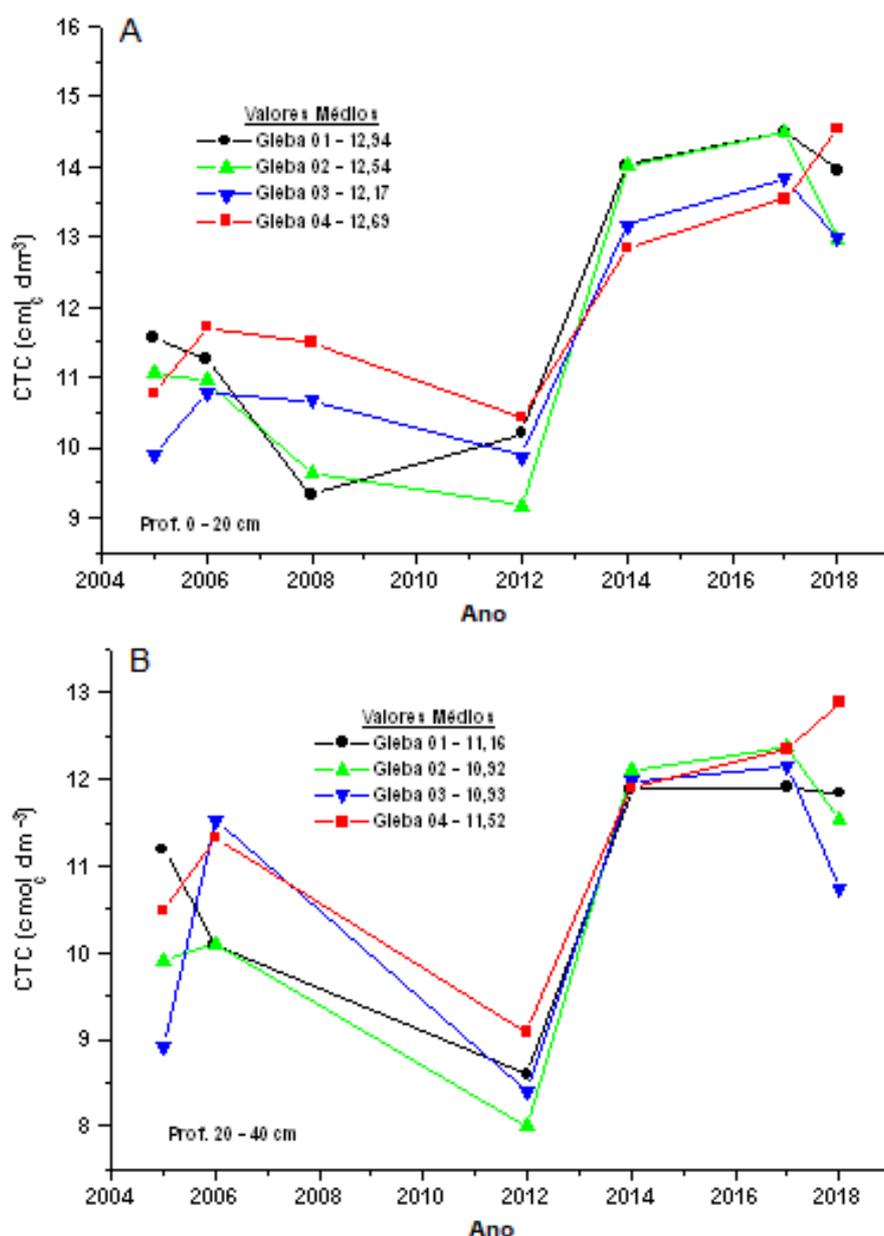
Nas Figuras de 6.1 a 6.5, são apresentadas as alterações ocorridas nos indicadores do potencial produtivo do solo nas diferentes glebas no decorrer do tempo de condução do sistema ILP. Verifica-se, no período avaliado, expressivo aumento nos teores de matéria orgânica nas duas camadas de solo analisadas, apesar de alguma variação temporal nos resultados das análises (Figura 6.1). O uso do plantio direto associado à rotação, sucessão e consorciação de culturas, com aporte de grandes volumes de palhada, foram, sem dúvida, responsáveis por este incremento, indicando a importância dessas práticas na melhoria deste atributo do solo.

A capacidade de troca de cátions (CTC-pH7) também apresentou valores crescentes ao longo do período (Figura 6.2), seguindo, de certa forma, a mesma tendência dos teores de matéria orgânica, confirmando assim sua importante contribuição na CTC do solo. É importante enfatizar que com os valores de CTC deste solo (~12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), a lixiviação de bases (Ca, Mg e K) e micronutrientes

catiônicos (Zn, Cu, Mn e Fe) é minimizada. Assim, a movimentação de cátions para as camadas mais profundas deve ocorrer através da decomposição de raízes e/ou com a aplicação de doses adequadas de gesso agrícola.



**Figura 6.1.** Teores de matéria orgânica (M.O.) do solo nas profundidades de 0 cm–20 cm e 20 cm–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema ILP: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

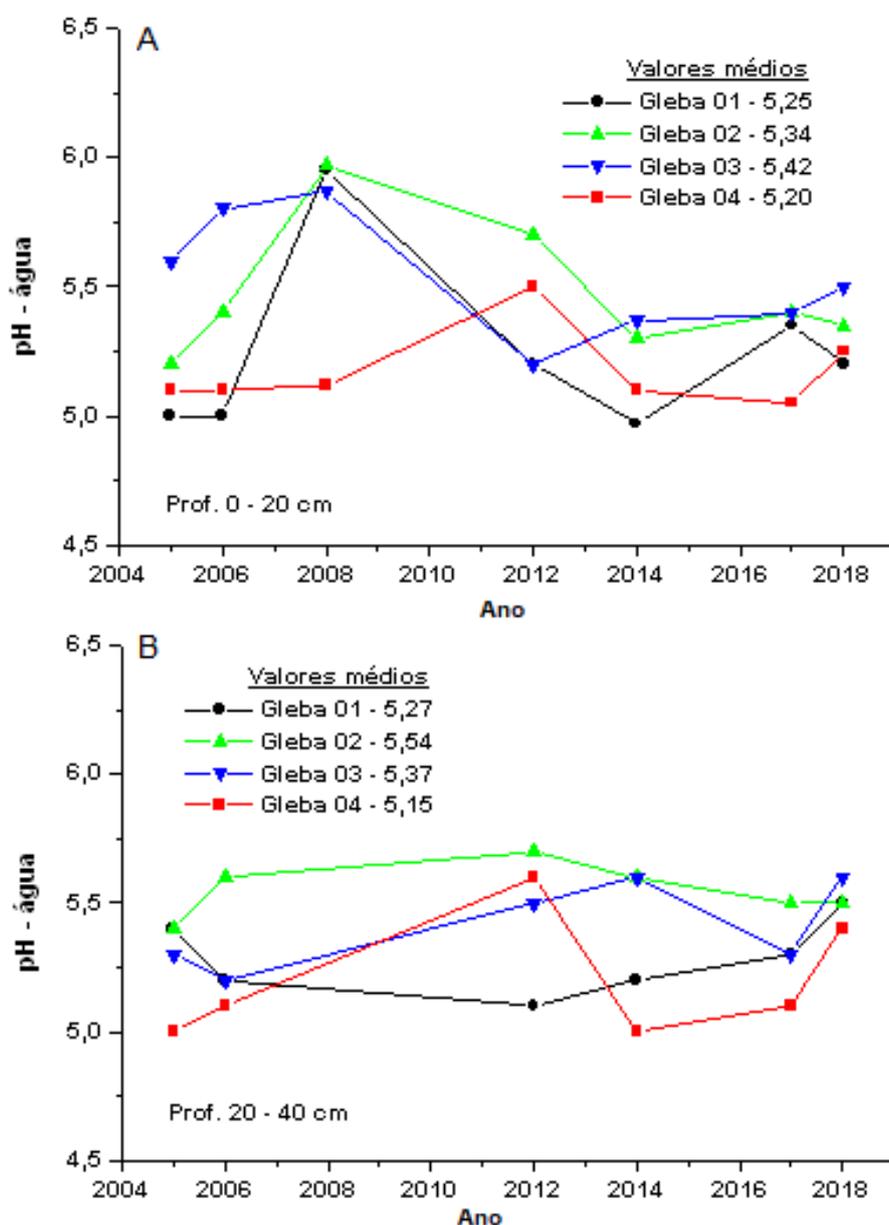


**Figura 6.2.** Capacidade de troca catiônica (CTC-pH 7) do solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

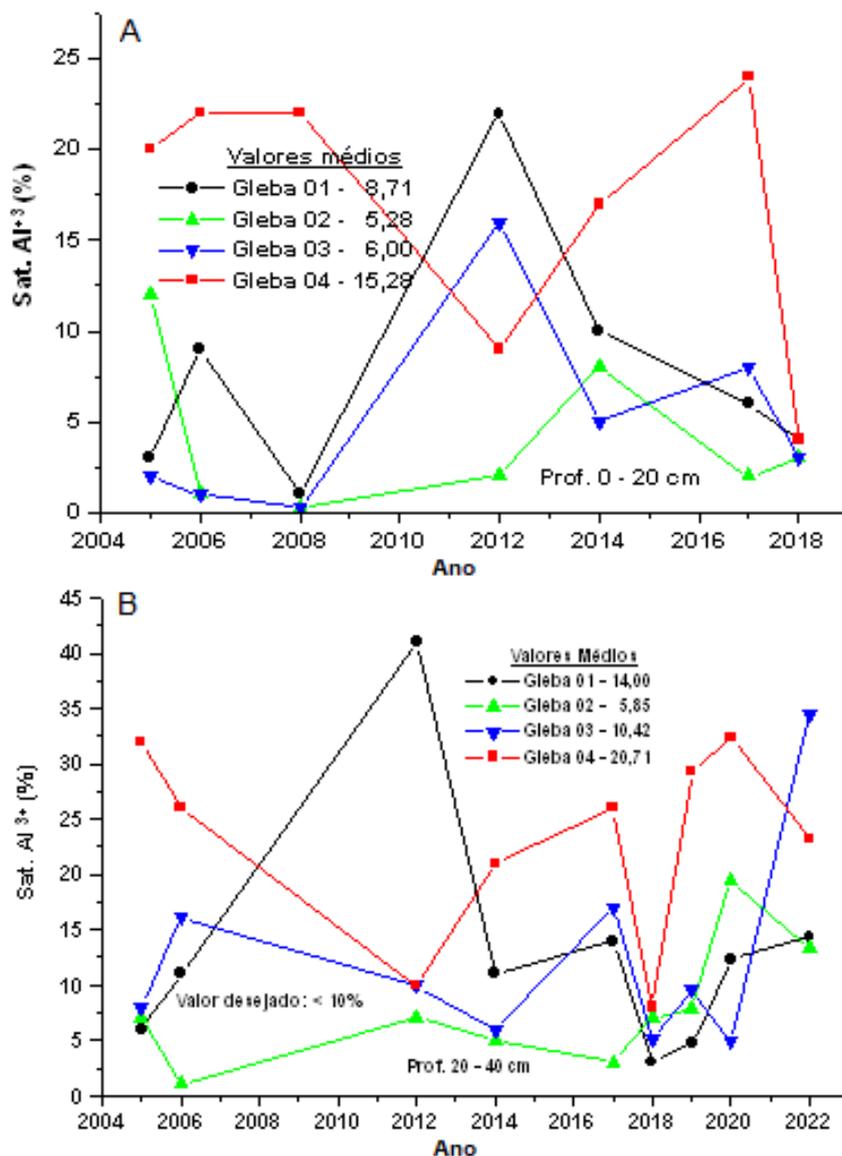
Por outro lado, outros importantes atributos, indicadores da acidez (Figuras 6.3, 6.4 e 6.5) apresentaram acentuadas variações durante o período analisado e sem apresentar incrementos comparando-se os valores iniciais (2005) aos finais (2018). Os valores de pH-água (Figura 6.3), saturação por alumínio da CTC efetiva (Figura 6.4) e saturação por bases da CTC-pH 7 (Figura 6.5), apresentaram oscilações, refletindo, possivelmente, os intervalos entre as aplicações de calcário, gesso e serpentinito.

Entretanto, no final do período analisado, os valores observados para estes indicadores mantiveram-se similares aos verificados na fase inicial de implantação do projeto-piloto (Tabela 6.1). Uma possível explicação para isto pode ser que os intervalos entre as aplicações, as doses e os métodos de aplicação de corretivos não tenham sido os mais adequados para este solo, o qual apresenta uma alta capacidade tampão, principalmente por causa do teor de argila mais elevado (> 60%, Tabela 6.1) e do próprio incremento crescente do conteúdo de matéria orgânica com o tempo de condução do sistema ILP. Assim, estas observações, associadas à CTC do solo, podem servir com critérios auxiliares, no melhor ajuste das doses de calcário calculadas pelos diferentes métodos de recomendação disponíveis.

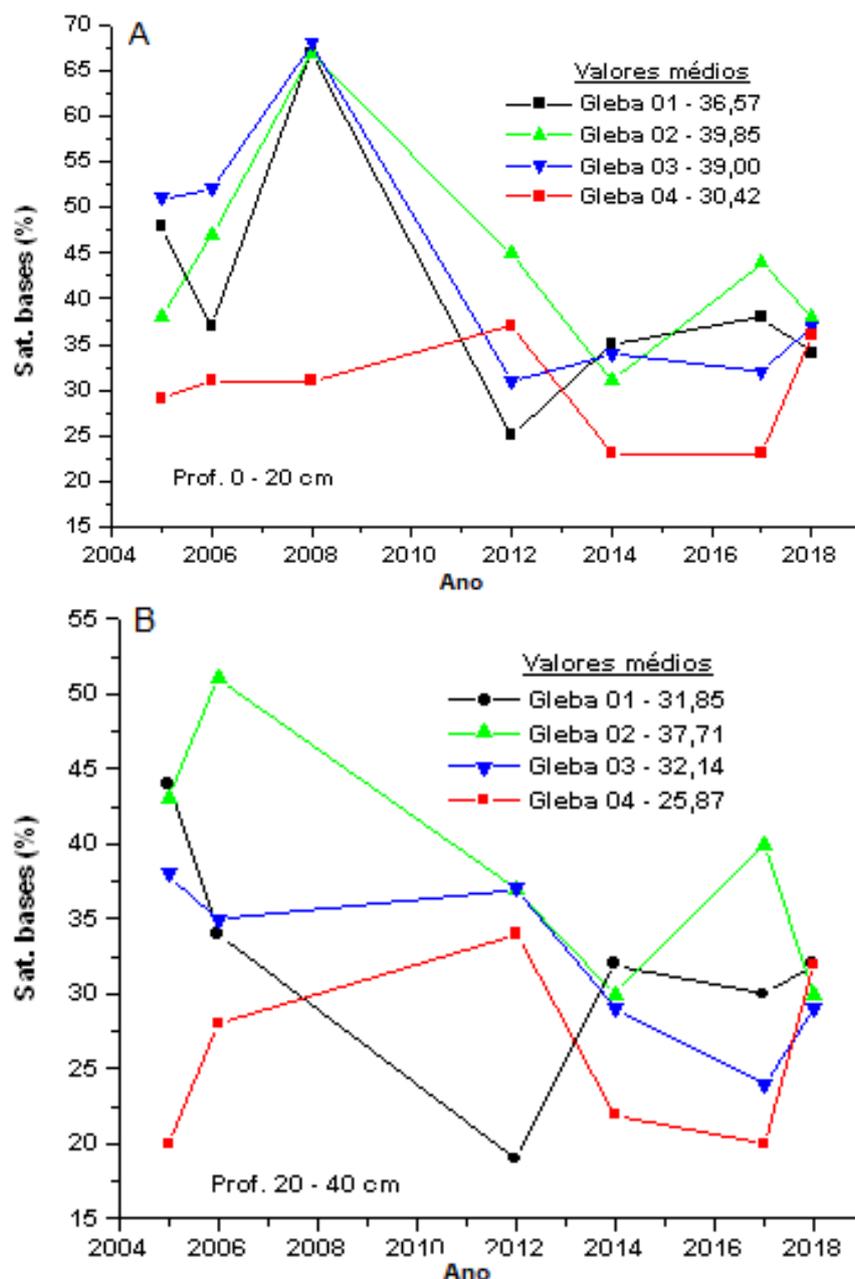
Observa-se que, ao final do período analisado, os valores de pH-água situavam-se entre 5,0 e 5,5; a saturação por alumínio (m) estava entre 5 e 10%; e a saturação por bases (V) encontrava-se entre 35 e 40%. Situação bastante discrepante foi verificada para a gleba 4, a qual apresentou, em comparação com as demais glebas, desde o início, maior saturação por alumínio e menor saturação por bases, indicando que um tratamento diferencial, em termos de correção de solo, deve ser aplicado a esta gleba para melhor nivelamento de toda área do projeto.



**Figura 6.3.** Valores de pH-água do solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.



**Figura 6.4.** Saturação por alumínio da CTC efetiva (m) nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

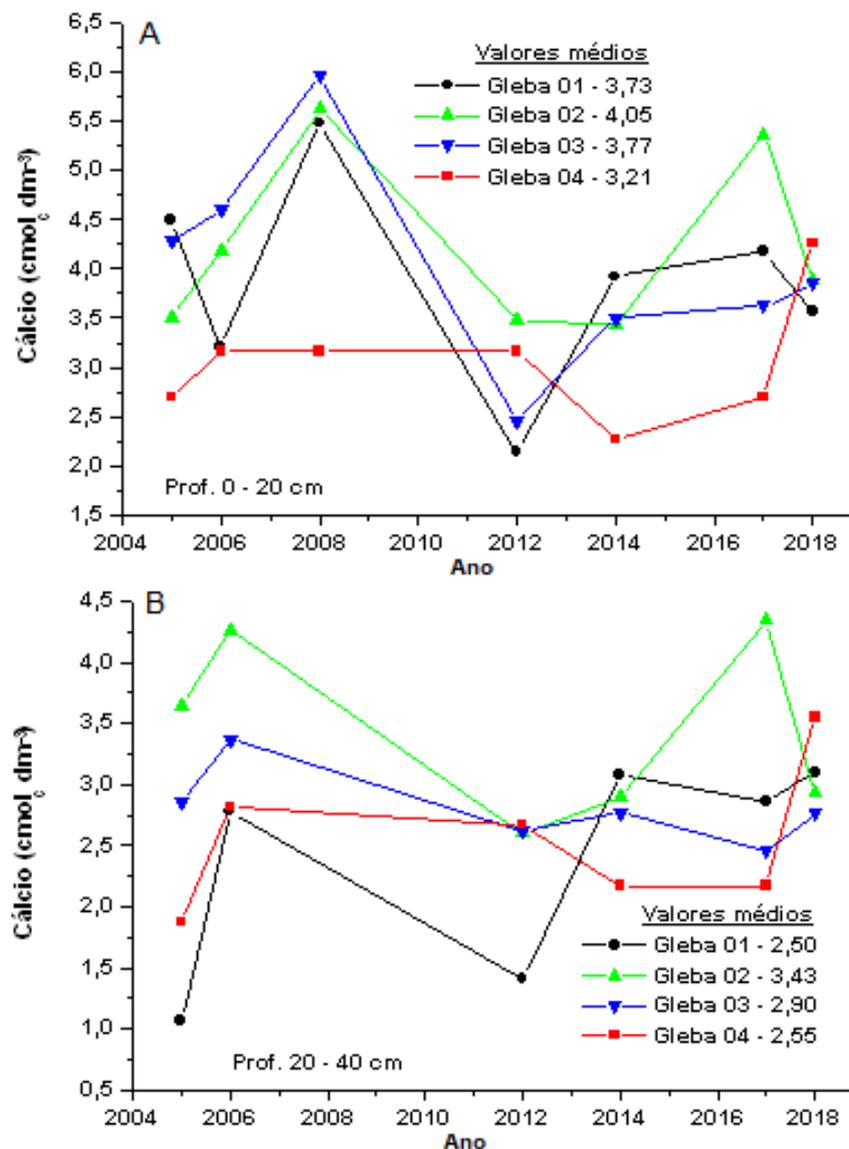


**Figura 6.5.** Saturação por bases da CTC-pH 7 (V) nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

### Indicadores da “biodisponibilidade” de macronutrientes

As alterações ocorridas nos teores dos indicadores de “biodisponibilidade” dos macronutrientes (Ca, Mg, K e P) são apresentadas nas Figuras 6.6, 6.7, 6.8 e 6.9. Os teores de Ca apresentaram, nas duas camadas analisadas, grandes variações durante o período estudado: 2,5 a 6,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  na camada de 0–20 cm e 1,5 a 4,5  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  na camada de 20–40 cm (Figura 6.6). Essas variações extremas são devidas à variabilidade natural e àquela induzida por

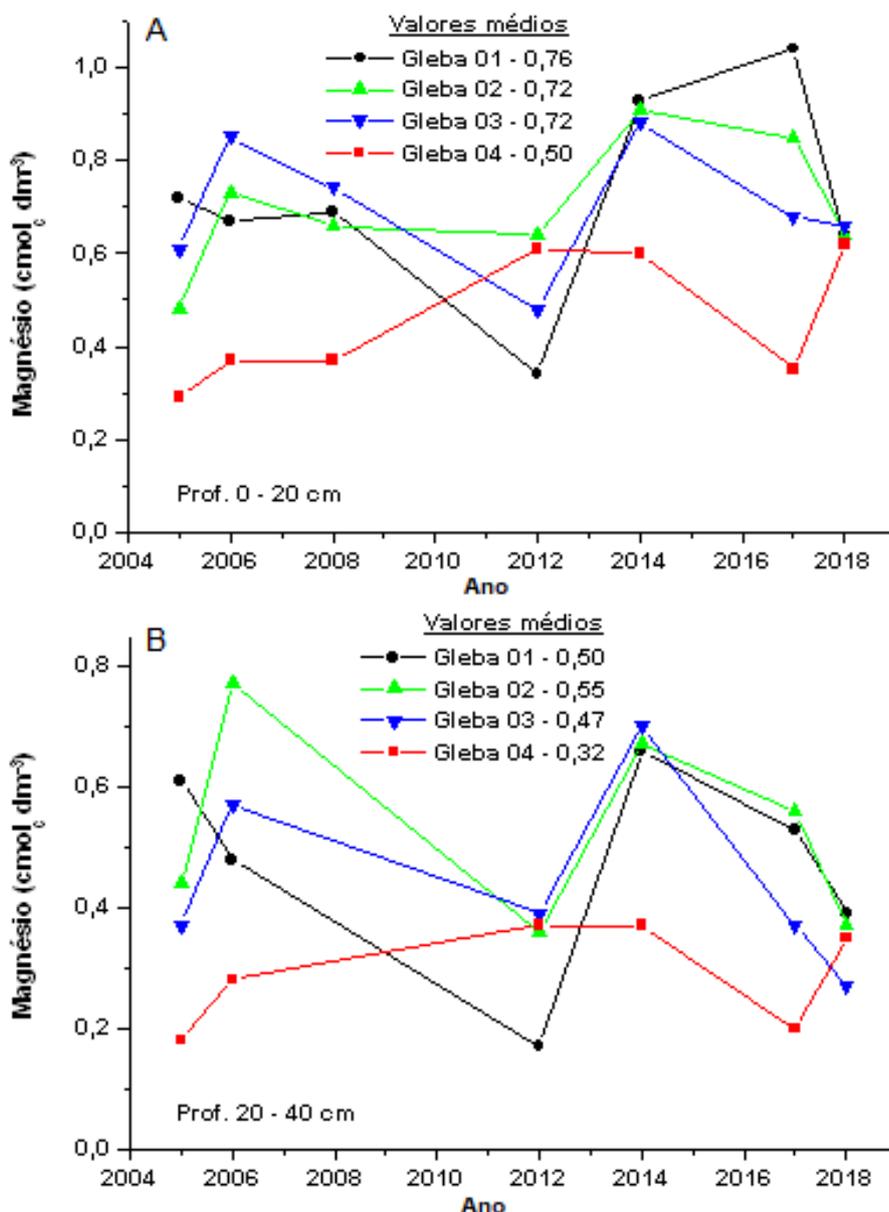
equipamentos na operação de aplicação de corretivos a lanço na superfície do solo. É importante mencionar que, em 2005 e 2014, foram aplicadas nas glebas 1,0 Mg ha<sup>-1</sup> e 2,0 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, respectivamente (composição de 20% Ca = 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>), elevando assim os teores de Ca no solo (Figura 6.6). Entretanto, verifica-se que os teores estão dentro da faixa considerada adequada para a maioria das culturas, incluindo a camada subsuperficial (20–40 cm), cujos valores (Figura 6.6) sempre estiveram acima de 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, considerado limite crítico para o crescimento de raízes.



**Figura 6.6.** Teores de cálcio trocável (Ca) no solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

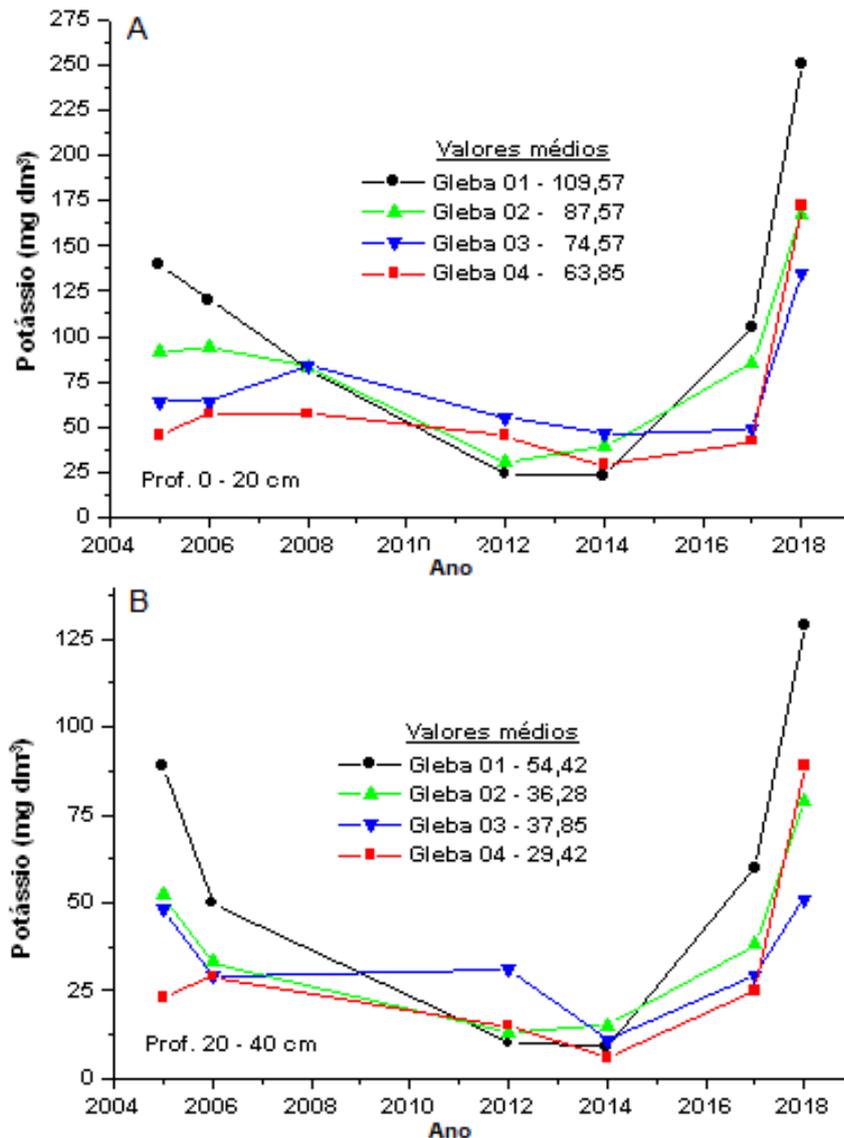
Com relação ao Mg, verifica-se pela Figura 6.7 que os teores deste nutriente sempre se situaram abaixo de 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, valor considerado, para o solo da

área, o nível crítico para a maioria das culturas, principalmente as leguminosas, que são mais exigentes nesse nutriente. Chama atenção a gleba 4, a qual sempre apresentou valores muito baixos de Mg ( $\leq 0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (Figura 6.7). Comparativamente à evolução dos teores de Ca (Figura 6.6), verifica-se uma certa dificuldade em aumentar os valores de Mg no solo (Figura 6.7). Isto poderia ser explicado pela maior exportação desse nutriente nos produtos colhidos, reduzindo a ciclagem e/ou pelo uso de corretivos de solo com baixos teores de Mg.



**Figura 6.7.** Teores de magnésio trocável (Mg) no solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

Com relação ao K (Figura 6.8), verifica-se que, no período de 2005 a 2014, para ambas as camadas analisadas, houve uma acentuada redução nos valores disponíveis com diferenças marcantes entre as glebas. As glebas 3 e 4 sempre apresentaram no período mencionado baixos teores de K. Considerando o valor de  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo como nível crítico de K para o solo da área, sob manejo intensivo, verifica-se que esta redução foi bastante significativa, principalmente na gleba 1, atingindo, em 2014, valores médios inferiores a  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  de solo.



**Figura 6.8.** Teores de potássio (K) disponíveis no solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

Essa redução é devida, principalmente, à relação entre as quantidades aplicadas e aquelas removidas nos produtos colhidos, ou seja, as doses de K

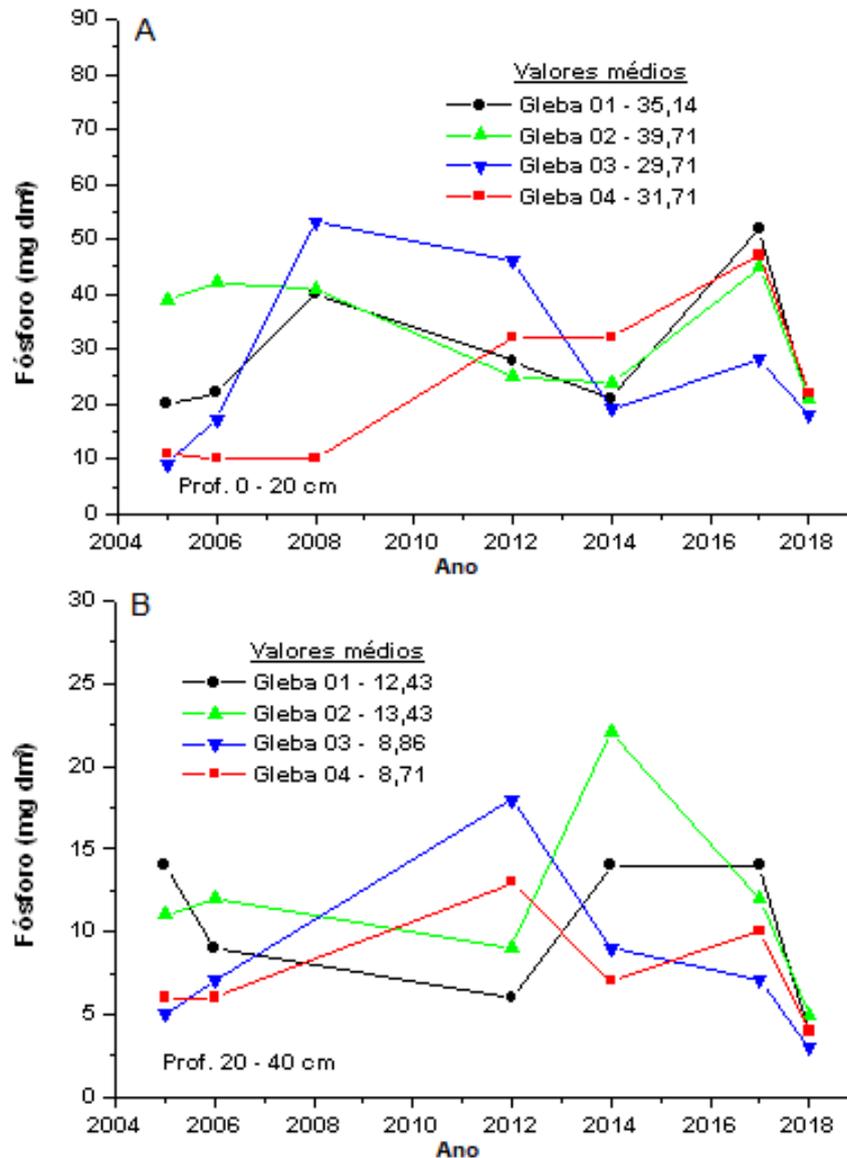
aplicadas eram sempre menores do que as quantidades removidas nos produtos colhidos. Outro aspecto que pode mascarar os resultados das análises de solo refere-se à época de amostragem. Por exemplo, amostras de solo coletadas imediatamente após a colheita das culturas podem revelar baixos teores de K, visto que grandes quantidades desse nutriente estariam, ainda, retidas na palhada da cultura deixada sobre o solo, a qual se constitui em uma importante fonte de K para a cultura seguinte.

A partir de 2015, os teores de K no solo aumentaram consideravelmente (Figura 6.8) atingindo valores superiores ao nível crítico de  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo, refletindo provavelmente a aplicação para as diferentes culturas de doses maiores de fertilizante potássico como ocorrido em setembro de 2014, com a aplicação de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Para o P (Figura 6.9), comparativamente a outros macronutrientes, uma acentuada variabilidade nos resultados das análises de solo foi verificada ao longo do período de condução do sistema ILP. Essa variação se deve, em parte, à alta variabilidade típica desse nutriente no solo, de modo que até mesmo o procedimento de amostragem interfere nos resultados de análise (por exemplo: coletas feitas em linhas de adubação). Entretanto, verifica-se (Figura 6.9) que desde o início da implantação do projeto-piloto e para todas as glebas, os teores disponíveis (Tabela 6.1) já se encontravam com valores próximos ou superiores ao nível crítico de  $8,0$  a  $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, estabelecido anteriormente para o tipo de solo da área, manejado sob preparo convencional. Entretanto, para este mesmo tipo de solo manejado sob plantio direto por vários anos, o nível crítico atualmente recomendado é menor, com valor de  $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo. Este mesmo tipo de solo sob vegetação natural de Cerrado e próximo à área em estudo apresenta teores de P disponível (extrator Mehlich1) de  $2$  a  $3 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de  $0-20 \text{ cm}$ .

O diferencial de disponibilidade de P em comparação à área sob Cerrado é consequência do efeito residual das doses de fertilizantes fosfatados aplicadas acima das demandas das culturas, no período anterior à implantação do projeto, criando assim uma reserva de P no solo que poderia ser mais bem aproveitada utilizando o conceito de adubação de sistemas. Esse conceito prioriza a adubação de culturas mais exigentes sendo que as menos exigentes são cultivadas aproveitando-se apenas do efeito residual do adubo fosfatado. Essa estratégia de

manejo é importante para sistemas de produção intensivos, em que a rotação, a consorciação e a sucessão de culturas contribuem para um melhor aproveitamento das reservas de P do solo.



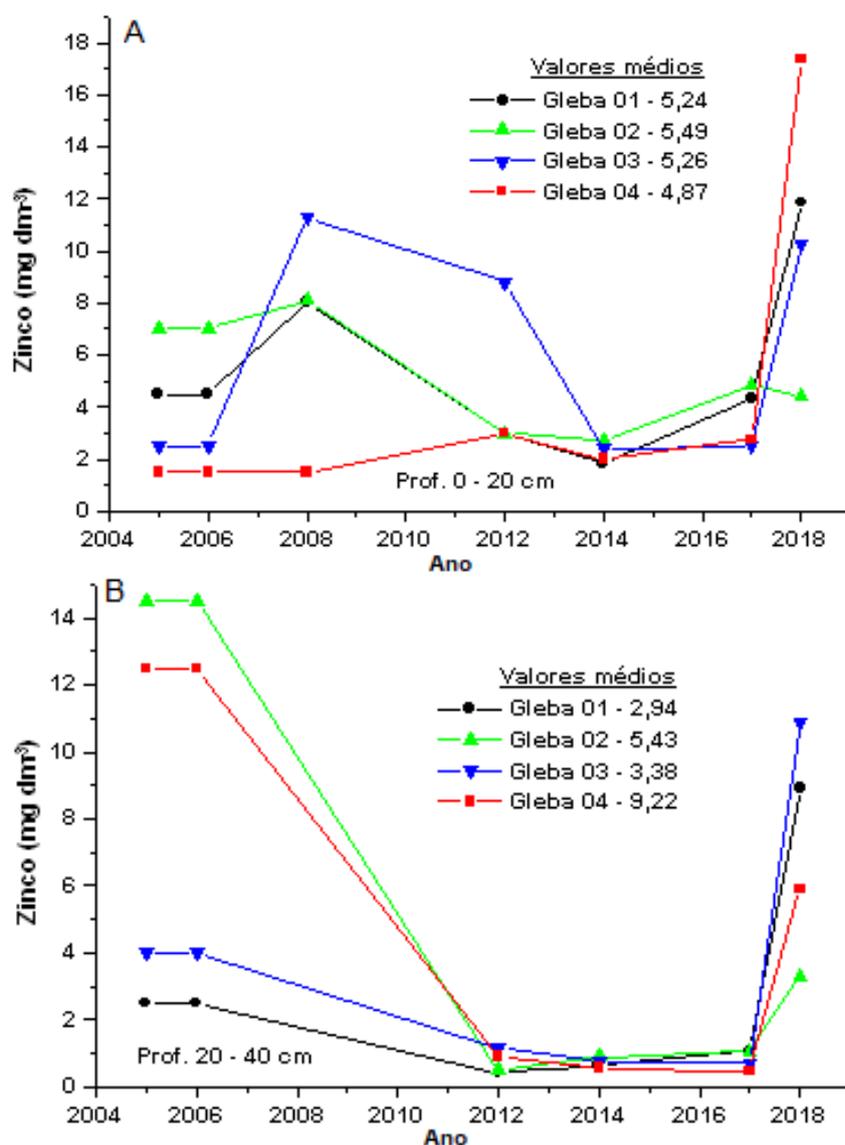
**Figura 6.9.** Teores de fósforo (P) disponível no solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

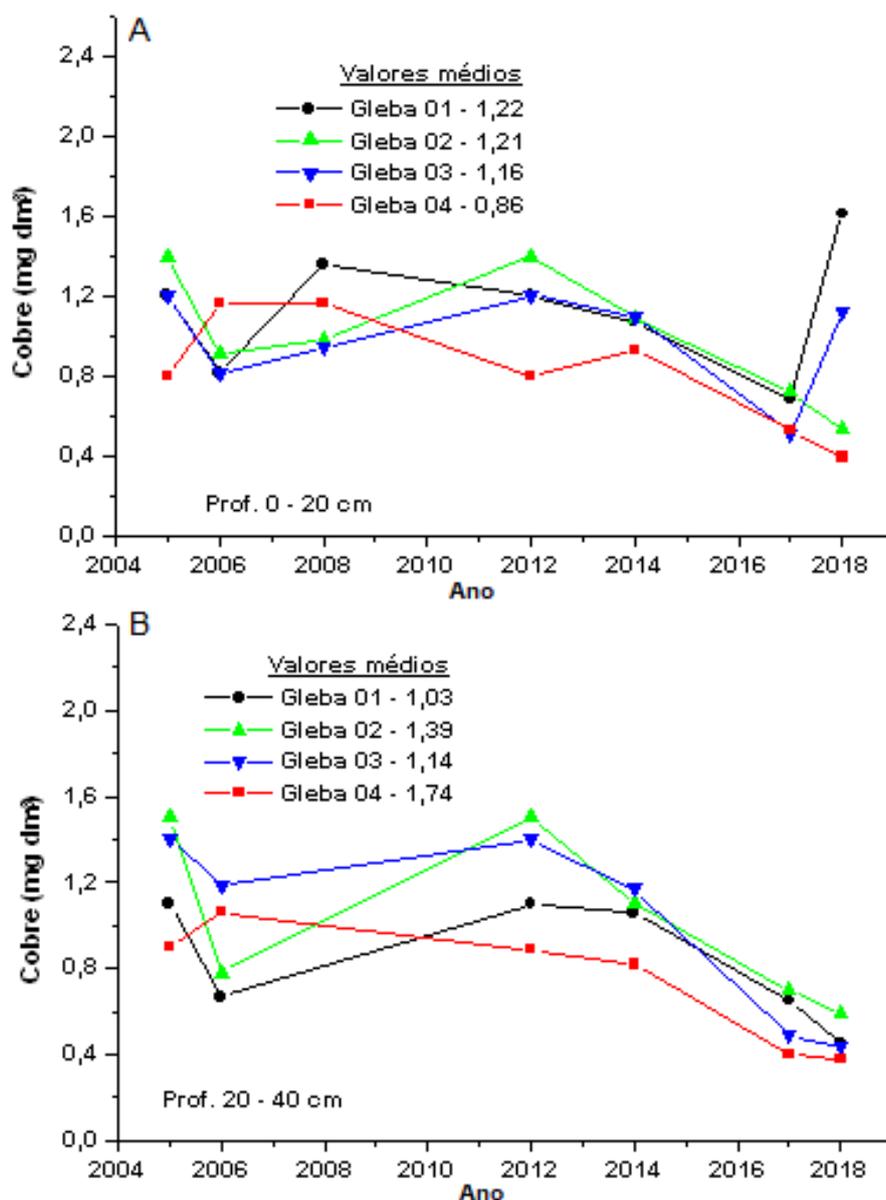
### **Indicadores da “biodisponibilidade” de micronutrientes**

A evolução e a variabilidade nos indicadores da “biodisponibilidade” de micronutrientes Zn, Cu, Mn e Fe são apresentadas nas Figuras 6.10, 6.11, 6.12 e 6.13, respectivamente. Análise da “biodisponibilidade” de boro (B) foi realizada apenas em 2015, obtendo-se os seguintes teores: gleba 1: 0,94 e 0,65 mg dm<sup>-3</sup>; gleba 2: 0,81 e 0,70 mg dm<sup>-3</sup>; gleba 3: 0,85 e 0,65 mg dm<sup>-3</sup>; e gleba 4: 0,66 e 0,52 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, para as profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm. O nível crítico estabelecido para o B é de 0,60 mg dm<sup>-3</sup> de solo.

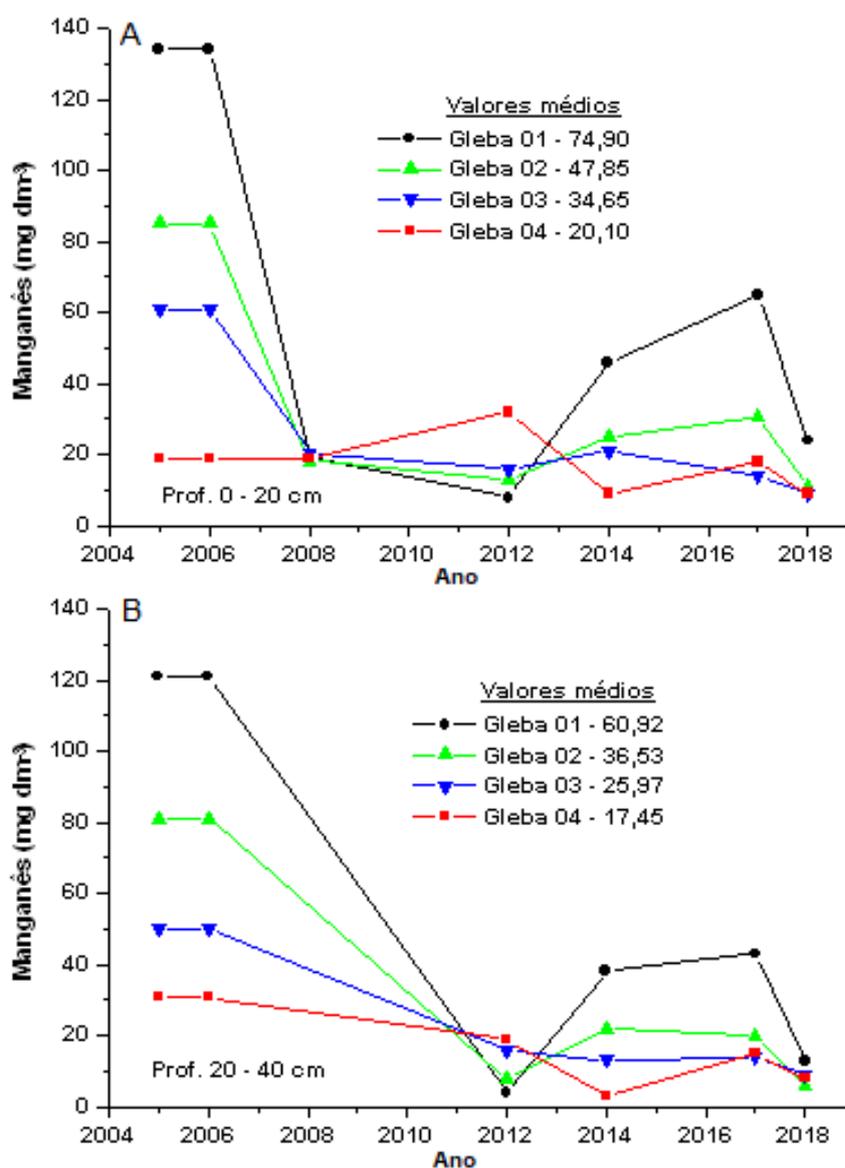
Os resultados das análises de solo para os micronutrientes apresentam, em relação aos macronutrientes, grande variabilidade horizontal e vertical. Isto geralmente ocorre em razão das pequenas doses normalmente requeridas/aplicadas, associadas aos baixos teores detectados nas análises de solo, expressos em mg dm<sup>-3</sup>.

Verifica-se de um modo geral, para todas as glebas, que no período analisado (2005 a 2018) todos os micronutrientes apresentaram valores sempre superiores aos níveis críticos estabelecidos: 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn; 1,2 mg dm<sup>-3</sup> de Cu; 8 mg dm<sup>-3</sup> de Mn; e 30 mg dm<sup>-3</sup> de Fe (extrator Mehlich1). Os altos teores observados para o Zn (Figura 6.10) refletem uma maior preocupação com o suprimento deste nutriente, por ser o mais limitante às culturas em solo de Cerrado, sendo frequentemente aplicado em associação aos fertilizantes formulados NPK.

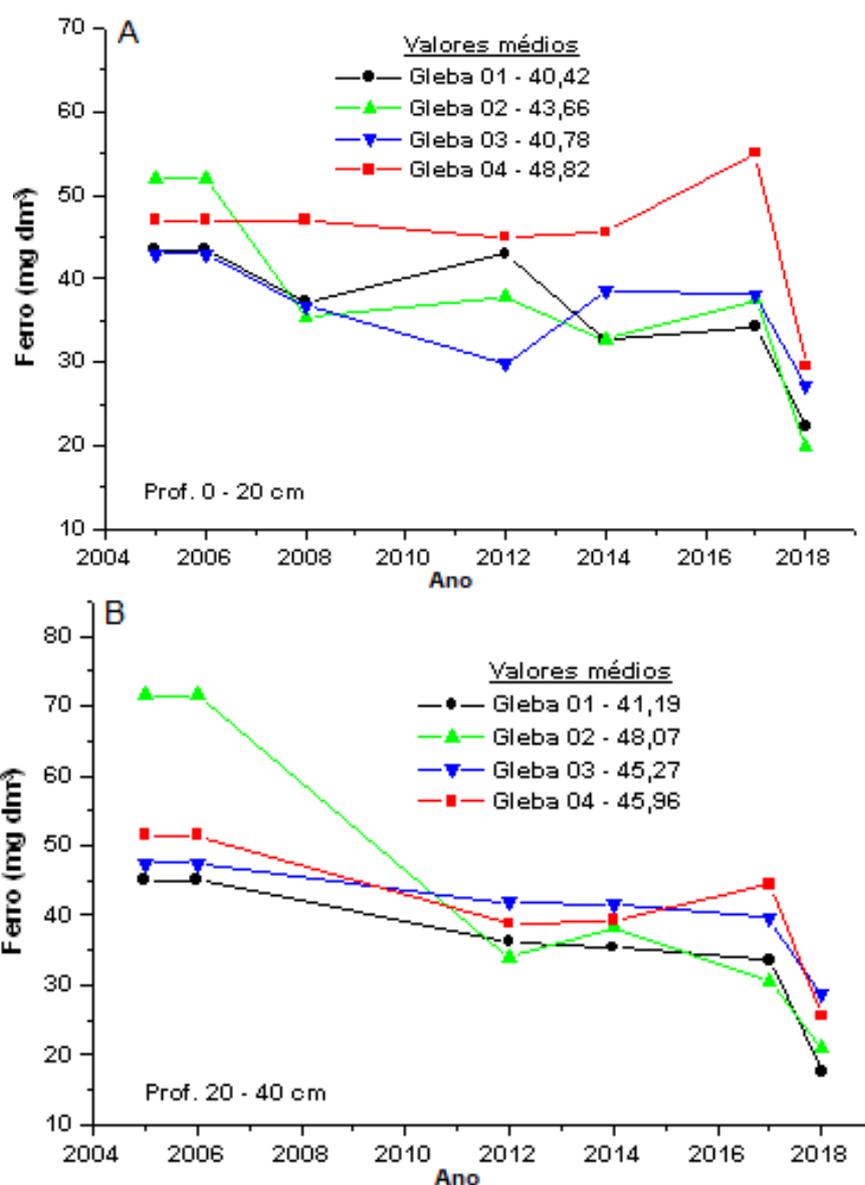




**Figura 6.11.** Teores de cobre (Cu) disponível no solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.



**Figura 6.12.** Teores de manganês (Mn) disponível no solo nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.



**Figura 6.13.** Teores de ferro (Fe) disponível nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm nas diferentes glebas, ao longo do período de condução do sistema de integração lavoura-pecuária: (A) 0–20 cm, (B) 20–40 cm.

Na implantação do projeto de ILP em 2005, os resultados iniciais das análises químicas de solo apontaram uma variação acentuada nos indicadores da fertilidade do solo entre as glebas (Tabela 6.1), sugerindo assim a necessidade de um manejo diferenciado para a correção da acidez e adubação.

Por exemplo, se considerarmos a necessidade de calcário para elevar a saturação por bases (V) a um valor teórico de 60%, as quantidades calculadas indicariam doses de 1,38; 2,43; 0,89 e 3,33 Mg ha<sup>-1</sup> de um calcário com PRNT 100%, respectivamente, para as glebas 1, 2, 3 e 4, para serem incorporadas no solo na camada de 20 cm. Entretanto, por causa da alta capacidade tampão do

solo, associada à velocidade de reação das frações granulometrias dos calcários, o valor esperado de 60% de saturação por bases dificilmente é atingindo, necessitando assim de ajustes nas doses e no modo de aplicação do calcário, principalmente em solos com níveis mais altos de CTC e matéria orgânica. Os valores médios de pH-água de 5,0 a 5,5 (Figura 6.3), saturação por alumínio de 5 a 20% (Figura 6.4) e saturação por bases de 25 a 35% (Figura 6.5), verificados no período analisado, suportam essas considerações.

Dentro desse enfoque, é importante mencionar que em experimentos conduzidos por Coelho (1994) em um Latossolo Vermelho, textura argilosa, a dose de calcário calculada pelo método de saturação por bases ( $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) não foi suficiente para elevar a saturação por base para o valor almejado de 60%. Para atingir este valor foi necessária a aplicação de  $6,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ , como revelado pelos resultados das análises de solo de amostras coletadas 11 meses após a aplicação do calcário e cultivos sucessivos de milho e feijão.

De acordo com a Ribeiro et al. (1999), os valores máximos de saturação por alumínio na camada superficial (20 cm) tolerados pelas culturas são de 15% para o milho e o sorgo e de 20% para a soja. Para as braquiárias, esses valores são de 20 a 30%. Entretanto, em um sistema intensivo de produção de grãos e forragem, como o utilizado nesse trabalho, o objetivo deve ser o de neutralizar totalmente o Al na camada superficial, o que pode ser obtido pela aplicação de calcário em dose adequada e incorporado no solo na profundidade máxima possível. Esse manejo se torna mais importante quando o objetivo é o de implantar o sistema de plantio direto, onde as aplicações posteriores de calcário serão realizadas na superfície do solo e, portanto, sem possibilidades de incorporação.

No sistema de plantio direto estabelecido, a correção da acidez do solo se torna mais problemática nas camadas inferiores do solo em razão da baixa solubilidade em água do calcário que, normalmente, não é eficaz para corrigir a acidez em subsuperfície (20 a 40 cm). Nessa situação, o gesso pode ser recomendado por causa da sua alta capacidade de mobilizar Ca trocável e outros cátions básicos associados aos ânions sulfato no perfil do solo, aliviando a toxicidade do  $\text{Al}^{3+}$  (Bortoluzzi et al., 2014; Caires; Guimarães, 2018).

No presente trabalho, embora aplicações de gesso tenham sido realizadas em 2005 ( $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e 2014 ( $2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), verificou-se ainda a presença de  $\text{Al}^{3+}$  trocável na camada de 20 a 40 cm, cujos valores representavam de 6 a 21% de

saturação por alumínio da CTC-efetiva (Figura 6.4). As recomendações existentes para aplicação de gesso em solos brasileiros para o cultivo de culturas produtoras de grãos são baseadas nos seguintes limites críticos na camada subsuperficial (20–40 cm):  $\geq 20\%$  para saturação de Al (m) e/ou  $\geq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $\text{Al}^{3+}$  trocável e/ou  $\leq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $\text{Ca}^{2+}$  trocável (Souza; Lobato, 2004; Pauletti; Motta, 2017). Considerando esses critérios, apenas para a gleba 4 (Figura 6.4) seria recomendada a aplicação de gesso. Considerando que as principais recomendações de doses de gesso para solos brasileiros são baseadas no teor de argila, a seguinte equação tem sido sugerida: dose de gesso ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) =  $0,05 \times$  teor de argila (%) (Souza; Lobato, 2004). Portanto, com base nessa equação, a dose de gesso recomendada para a gleba 4 é de  $3,10 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

De acordo com Pias et al. (2020), os cereais (milho, trigo, aveia branca, cevada e arroz) tiveram uma alta probabilidade (77 a 97%) de seus rendimentos de grãos serem aumentados pela aplicação de gesso em solos com saturação de Al superior a 5% na camada de 20 cm a 40 cm. O aumento médio na produção de grãos foi de 14% e 7% nas lavouras que se desenvolveram na presença e na ausência de déficit hídrico, respectivamente. Foi observada uma resposta positiva da soja ao gesso em solos deficientes em água e com saturação de Al superior a 10%. Sob estas condições, a probabilidade de resposta positiva da soja foi de 88%, e o aumento médio da produção de grãos foi de 12%.

Com relação aos teores de P e K revelados pelas análises de solo de amostras coletadas no período de condução do sistema ILP (Figuras 6.8 e 6.9), houve variações ao longo dos anos e entre glebas, indicando também que um manejo diferenciado poderia ser empregado nas adubações das culturas, de modo a equilibrar as reservas desses nutrientes entre as glebas.

Para o P, os teores disponíveis (extrator Mehlich1) apresentaram-se, no decorrer do período de condução do sistema ILP (Figura 6.9), com pequenos acréscimos, mas com valores sempre acima do nível crítico de 8 a  $10 \text{ mg de P dm}^{-3}$ , estabelecido anteriormente para o solo da área manejado sob preparo convencional (Coelho; França, 1994) e de  $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$  para este mesmo tipo de solo manejado sob plantio direto já estabelecido (Sá, 1999; Sousa et al., 2019). Isso ocorreu provavelmente por causa da aplicação para as culturas de doses de P maiores do que a quantidade exportada nas colheitas, criando assim uma reserva de P no solo que poderia ser mais bem aproveitada, ajustando as

doses desse nutriente a serem aplicadas de acordo com a expectativa de produtividades das culturas e as respectivas exportações de P pelas colheitas.

Para o K, verificou-se uma situação inversa em relação ao P, ou seja, os teores disponíveis no solo, no período de 2005 a 2014 (Figura 6.8), decresceram para valores bem abaixo do nível crítico de  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de K no solo (Coelho, 2005b), refletindo uma maior exportação do nutriente nas colheitas em relação às doses aplicadas. Entretanto, a partir desse período, os teores de K no solo aumentaram consideravelmente para valores acima do nível crítico, refletindo um melhor ajuste nas doses aplicadas, como ocorreu em 2014, com aplicação a lanço de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Com relação aos micronutrientes, verificou-se que, no período de condução do sistema ILP, os teores no solo sempre se mantiveram próximos ou acima dos níveis críticos estabelecidos de:  $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn;  $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$  de Cu;  $8 \text{ mg dm}^{-3}$  de Mn;  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  de Fe (extrator Mehlich1); e  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$  de B (extrator água quente) (Ribeiro et al., 1999), não constituindo assim limitações para o desenvolvimento e a produtividades das culturas.

### **Cronograma de manejo da fertilidade do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária**

As atuais recomendações para um adequado planejamento de correção e adubação dos solos e dos sistemas de produção envolvem as etapas de diagnóstico da fertilidade dos solos, das exigências nutricionais das diferentes culturas e finalidades de uso (grãos e forragem) e do potencial produtivo a ser almejado.

As ferramentas disponíveis para esse diagnóstico envolvem as análises físicas e químicas dos solos, as análises químicas de plantas (foliar), a diagnose visual e o uso de sensores de solo e de planta. Entretanto, para uma melhor interpretação dessas informações, elas devem sempre estar associadas com o histórico de uso das glebas.

Assim, com este enfoque, no manejo da fertilidade do solo, um planejamento adequado de amostragens de solo deve ser elaborado, visando obter um histórico para auxiliar na interpretação dos resultados das análises químicas e físicas e ajustar as recomendações de corretivos e fertilizantes (químicos e orgânicos) para

a adequada manutenção da fertilidade do solo e conseqüentemente sua sustentabilidade.

Esse planejamento pode ser construído seguindo as seguintes etapas:

- 1) Para amostragens de solo mais representativas, dividir a área a ser trabalhada em glebas uniformes com relação à vegetação ou cultura anterior, topografia, cor dos solos, etc. O uso de imagens aéreas obtidas por satélites ou drones é ferramenta importante para essa divisão.
- 2) Para a amostragem de solo pode-se utilizar o sistema tradicional ou sistematizado em grades georreferenciadas de 1 a 2 ha, coletando-se amostras de solo nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm.
- 3) Para análises físicas e químicas, enviar as amostras para laboratórios integrantes dos programas de controle de qualidade e que possuem selos como comprovantes de suas participações e eficiência.
- 4) Nas solicitações do que analisar, informar o tipo de análises desejadas, por exemplo: granulometria (teores de areia, silte e argila), análises químicas de fertilidade de rotina com a inclusão de matéria orgânica e micronutriente (zinco, cobre, boro, ferro e manganês).
- 5) Para a interpretação dos resultados e definição das necessidades de calagem, gessagem e adubação, sempre solicitar a assistência de especialistas que também podem auxiliar na definição das fontes de corretivos e fertilizantes a serem adquiridas no mercado.
- 6) Acompanhar o desenvolvimento inicial das lavouras para identificação visual de possíveis deficiências nutricionais passíveis de serem corrigidas em tempo.
- 7) Amostragens de folhas das culturas para análises e diagnóstico do estado nutricional podem ser úteis no programa de manejo de nutrientes do sistema ILP. Para isso, devem-se observar os procedimentos específicos indicados para cada espécie vegetal.
- 8) Sempre registrar informações das produtividades obtidas, o que permite verificar se as adubações realizadas foram compatíveis com as quantidades de nutrientes exportadas nos produtos colhidos. Isto é possível com as

informações disponíveis sobre as quantidades de nutrientes, em kg Mg<sup>-1</sup> de produto colhido (grãos e forragem), principalmente para o nitrogênio, o enxofre, o fósforo, o potássio, o magnésio, e o cálcio, exportados nas colheitas.

- 9) Mesmo os especialistas devem sempre buscar constante atualização de informações e critérios de interpretação de e recomendação de corretivos e fertilizantes, mais adequados às características da região, do sistema ILP adotado e da propriedade rural.
- 10) Os passos de 1 a 9 devem ser seguidos e repetidos periodicamente, visando aferir as condições de fertilidade do solo e proceder aos ajustes necessários, ao longo de todo o período de condução do sistema ILP.

### **Considerações finais**

De modo geral, o sistema ILP conduzido no projeto-piloto na Embrapa Milho e Sorgo possibilitou a manutenção de condições satisfatórias de fertilidade química do solo ao longo do tempo, sobretudo considerando que se trata de um esquema realístico de manejo/produção, análogo a uma pequena propriedade rural, associado à dinâmica de alternância de culturas/animais/finalidades nas glebas. Não obstante, constataram-se possibilidades de melhorias no monitoramento nutricional e manejo de correção e adubação das glebas.

Os resultados dos indicadores da fertilidade do solo nas glebas em ILP, avaliados no período de 2005 a 2018, revelam alguns resultados interessantes que servem de base para as tomadas de decisões neste e, principalmente, nos trabalhos futuros a serem desenvolvidos com sistemas intensivos de produção envolvendo a consorciação, a rotação e a sucessão de culturas com diferentes propósitos, como a produção de grãos, forragem e pastagem.

O primeiro aspecto está relacionado ao planejamento para a realização das amostragens de solo, considerando a necessidade de se obter resultados mais consistentes e padronizados. Neste aspecto, o sistema de amostragens sistematizadas, em grades e georreferenciadas, com repetições, possibilitaria obter resultados mais consistentes e análises estatísticas utilizando modelos adequados.

Outro aspecto é estabelecer programas de adubação utilizando o conceito de adubação de sistemas de produção de acordo com as exigências das culturas

e exportação de nutrientes, levando em consideração a finalidade de exploração, se para produção de grãos, silagem ou foragem.

Essas informações são essenciais para o estabelecimento de um balanço de nutrientes que, associado aos resultados das análises de solo, possibilita a elaboração de um programa mais adequado de correção do solo e adubação do sistema, evitando assim aplicações excessivas ou insuficientes de corretivos e fertilizantes e proporcionando uma maior sustentabilidade do sistema de produção.

Recomenda-se que o manejo da fertilidade do solo seja baseado no balanço de nutrientes o que permite melhor ajuste no fornecimento de fósforo e potássio, aumentando a eficiência de aproveitamento das reservas de P já existentes no solo e evitando que níveis deficitários de K venham a limitar o potencial produtivo das glebas.

## Referências

- BORTOLUZZI, E. C.; PARIZE, G. L.; KORCHAGIN, J.; SILVA, V. R.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Soybean root growth and crop yield in response to liming at the beginning of a no tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 262-271, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100026>.
- CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. A novel phosphogypsum application recommendation method under continuous no-till management in Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 5, p. 1987-1995, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.11.0642>.
- COELHO, A. M. Correção da acidez do solo e equilíbrio cálcio e magnésio em cultivos sucessivos de milho e feijão sob irrigação. In: EMBRAPA. Centro de Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**: período 1992-1993. Sete Lagoas, 1994. p. 34-36.
- COELHO, A. M. **Potencial de utilização das técnicas de agricultura de precisão na recuperação da fertilidade dos solos sob pastagens degradadas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005a. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 68).
- COELHO, A. M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005b. p. 613-658.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Adubação fosfatada na cultura do milho sob condições irrigadas. In: EMBRAPA. Centro de Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**: período 1992-1993. Sete Lagoas, 1994. p. 40-42.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017.
- PIAS, O. C. de C.; TIECHER, T.; CHERUBIM, M. R.; SILVA, A. G. B.; BAYER, C. Does gypsum increase crop yield on no-tilled acid soils? A meta-analysis. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 2, p. 675-692, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20125>.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5a. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SÁ, J. C. M. de. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (ed.). **Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 267-320.

SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; REIN, T. A. Manejo do fósforo em sistemas de cultivo na região de Cerrado. 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. 239-285.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.



## Capítulo 7

# Evolução dos teores de matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária

João Herbert Moreira Viana  
Ramon Costa Alvarenga  
Manoel Ricardo Albuquerque Filho  
Adriana Monteiro da Costa  
Maíse Soares de Moura



Foto: João Herbert Moreira Viana

## **Introdução**

Sistemas inadequados de produção agrícola podem acarretar danos ambientais, refletidos nos atributos do solo, sendo este um componente essencial para uma produção sustentável (Muniz et al., 2011). Para atenuar esses efeitos indesejados, são propostos sistemas agrícolas mais sustentáveis (Dias et al., 2019), sendo que no cerrado brasileiro, estas proposições englobam manejos que visem recuperar os estoques de carbono orgânico e manter a alta produtividade (Corbeels et al., 2016; Dias et al., 2019). De modo geral, a utilização de práticas sustentáveis de manejo do solo nos sistemas produtivos, tem reflexos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Olibone et al., 2010; Cecagno et al., 2016). Destaca-se que, para o sucesso dessas práticas, é fundamental o entendimento dos processos que afetam a qualidade do solo (Olibone et al., 2010), além de propostas metodológicas que permitam avaliar estes processos e os fatores que os compõem.

Deste modo, para aferição da eficácia dos sistemas ditos sustentáveis, são necessários parâmetros, capazes de avaliá-los quanto a sua efetividade em promover benefícios e, assim, subsidiar a escolha dos manejos a serem adotados (Rodrigues et al., 2010). Dentre esses parâmetros, a matéria orgânica do solo tem sido considerada como um indicador sensível de mudanças no uso da terra (Conceição et al., 2005; Baldotto et al., 2015; Niaz et al., 2017), além de ter sido destacada como um indicador-chave da qualidade do solo, considerando amplitude de sua influência nos demais atributos essenciais para que o solo desempenhe suas funções (Conceição et al., 2005).

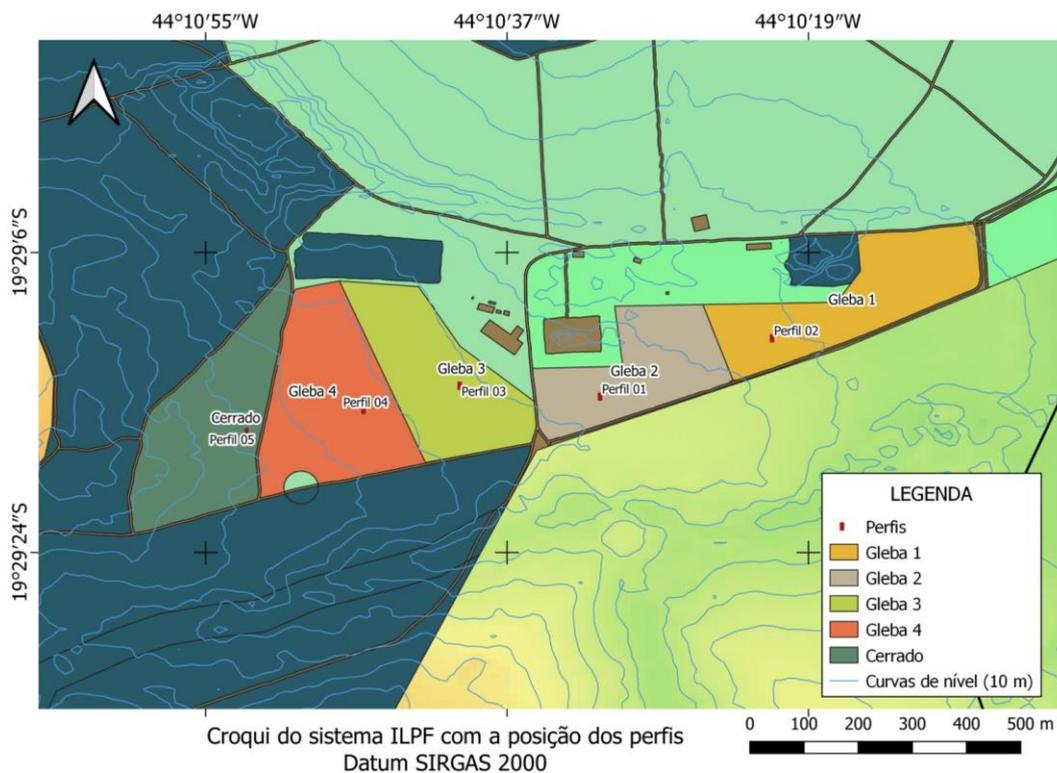
A utilização da matéria orgânica e seus componentes para a avaliação de sistemas de cultivo, é relatada na literatura para analisar a conversão de sistemas degradados, em sistemas sustentáveis. Em um estudo que avaliou a conversão de pastagens degradadas em um sistema de Integração lavoura-pecuária (ILP), foi relatado que os componentes biológicos do solo melhoraram durante o desenvolvimento da pastagem, no sistema ILP e que neste sistema os níveis de carbono orgânico foram mais elevados, quando comparados com uma pastagem degradada (Muniz et al., 2011). Já em outro trabalho, foi investigada a associação da ILP, com sistema de plantio direto (SPD). Observou-se que, após 3 anos de implantação, mesmo com alta exportação de nutrientes e tráfego de máquinas, esta associação foi eficiente para manutenção e até melhoria da fertilidade e dos

estoques de carbono do solo. Este sistema proporcionou a redução da compactação, o incremento da macroporosidade e da porosidade total, dentre outras melhorias, nos atributos do solo (Costa et al., 2015a). Assim, a utilização de sistemas ILP tem sido relatada como eficiente estratégia de manejo, ao promover benefícios para o solo, aferidos através de seus atributos físicos, químicos e biológicos.

Tendo em vista a sensibilidade da matéria orgânica como indicador de qualidade do solo, é aqui apresentada a evolução dos teores de matéria orgânica no solo do sistema de integração lavoura-pecuária de corte, após 14 anos da sua instalação, e discutida sua relação com os teores da área de referência (Cerrado).

### Matéria orgânica do solo

Foram coletadas amostras de solo nas quatro glebas do sistema ILP. A área de cerrado nativo, logo ao lado da área experimental, foi usada como referência (Figura 7.1).



**Figura 7.1.** Croqui com a localização dos perfis nas glebas no sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado, em 2019. No Cerrado está georreferenciado apenas o perfil descrito em 2019. Em anos anteriores, as amostragens nessa área foram identificadas como “Cerrado 1, 2 e 3”, cuja localização não consta na imagem.

Elaboração: João Herbert Moreira Viana.

Nas glebas, as amostragens de solo foram realizadas em 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2017, 2018 e 2019. A coleta foi feita por meio de gradagem, em caminhamento aleatório, retirando-se 20 amostras simples para compor uma amostra composta. Em 2005, as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Em 2006, 2009, 2010 e 2012, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm. Em 2008, as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, porém, nas linhas e entrelinhas da cultura anterior e analisadas separadamente, sendo os resultados apresentados e discutidos separadamente dos demais. Em 2014 e 2015, as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm. De 2017 a 2019, as amostragens foram realizadas nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm.

Foram descritos, analisados e classificados cinco perfis de solo em uma topossequência na área de estudo, sendo um perfil descrito cada gleba e um na área do Cerrado, conforme os procedimentos normatizados em Santos et al. (2013).

A análise dos teores de C foi feita pelos métodos de digestão via úmida e por calcinação, por analisador de C total (Teixeira et al., 2017). As análises de N foram feitas em analisador de N total por calcinação.

O estoque de carbono em cada camada de solo estudada foi calculado pela Equação 7.1 (Freixos et al., 2002):

$$EstC = \frac{(CO_{total} Ds e)}{10} \quad (7.1)$$

em que

EstC = estoque de carbono orgânico na camada estudada (Mg ha<sup>-1</sup>).

CO<sub>total</sub> = carbono orgânico total (g kg<sup>-1</sup>).

Ds=densidade do solo da camada estudada (kg dm<sup>-3</sup>).

e = espessura da camada estudada (cm).

## Resultados

Os trabalhos mais detalhados já publicados, visando a comparação do sistema ILP com o Cerrado de referência, indicaram que, em 2009 os maiores valores de matéria orgânica foram observados para a camada superficial do solo (0–10 cm) no tratamento com pastagem plantada (Costa et al., 2010). Segundo os autores, os maiores teores se justificam pelo fato da pastagem cultivada ter permanecido na área desde março de 2008, após a ensilagem do sorgo, levando à deposição de um grande volume de material vegetal morto da parte aérea e de raízes e proporcionando um acúmulo de carbono orgânico total (COT) nesta camada. Os valores observados foram muito próximos aos do Cerrado nativo. Para todos os sistemas avaliados, houve uma tendência à redução do teor de carbono com a profundidade, devido à menor deposição e, conseqüentemente, acúmulo nesta profundidade. Contudo os tratamentos não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si.

Para as coletas de 2010, observou-se que houve uma redução do estoque de carbono do solo nas camadas superficiais (0 a 10 cm e 10 a 20 cm), em relação ao cerrado nativo (Costa et al., 2011a). Os menores teores, nestes tratamentos estavam relacionados à cultura agrícola presente no ano da amostragem, ou seja, no ano de 2010 a gleba cuja cultura era a soja apresentou os menores teores de estoque de carbono no solo. Isto decorre, provavelmente devido à pequena incorporação de material orgânico à superfície do solo bem como ao sistema ser fornecedor de N, importante nutriente aos microrganismos na mineralização do material orgânico do solo e degradação da MOS (Costa et al., 2011b). Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para a camada subsuperficial (20 a 40 cm), indicando, segundo os autores, a maior influência dos sistemas de uso e manejo que ocorre nas camadas mais superficiais do solo (0 a 20 cm).

Para a coleta de 2011, os resultados de estoque de carbono no solo apontaram que houve diferença entre as glebas do ILP e o cerrado, mas não entre as glebas (Costa et al., 2015b). Observou-se uma redução no estoque de carbono do solo com o aumento da profundidade, sendo os maiores valores obtidos para a profundidade 0–10 cm no sob Cerrado nativo, com acúmulo de 26,1 Mg ha<sup>-1</sup>. Na profundidade de 10–20 cm, o maior estoque foi de 18,20 Mg ha<sup>-1</sup> também para o Cerrado nativo e o menor valor (9,9 Mg ha<sup>-1</sup>) na gleba 3, cuja

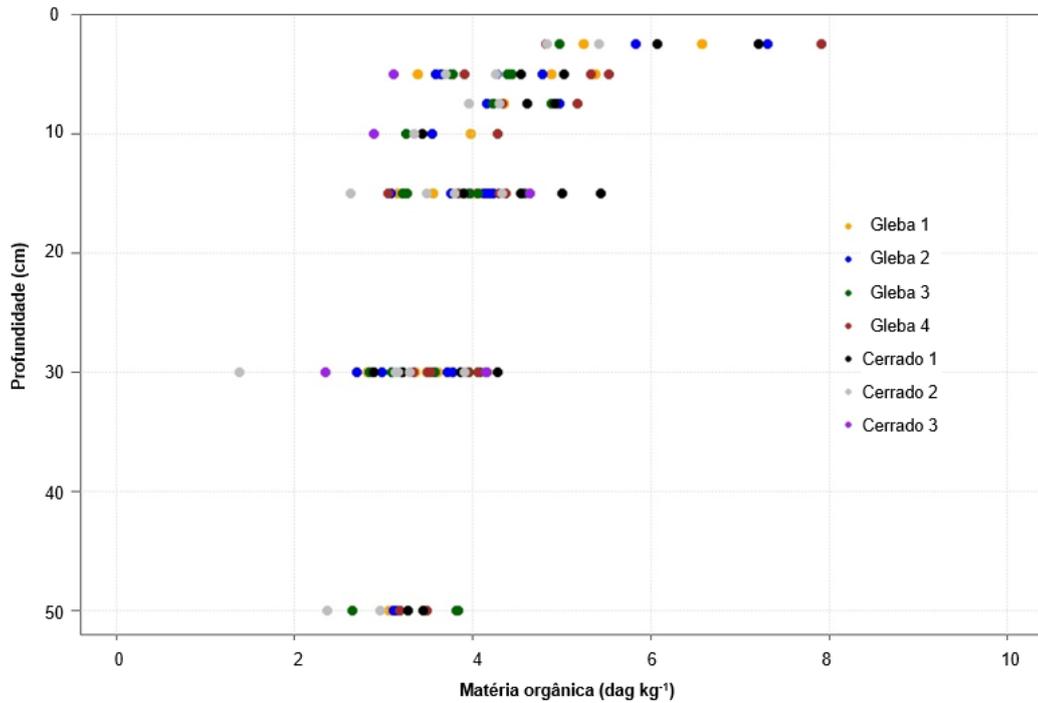
cultura implantada no ano agrícola anterior à amostragem foi a soja. Para a profundidade de 20 a 40 cm, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Costa et al., 2015b).

Os trabalhos de Costa et al. (2010, 2011a, 2011b, 2015a, 2015b) destacam que, para todos os tratamentos avaliados, os teores e estoque de carbono foram superiores na camada superficial do solo (0–10 cm), estando estes relacionados ao maior aporte de matéria orgânica em superfície, decrescendo com a profundidade. Os tratamentos de ILP apresentaram tendência a se aproximar dos valores das áreas de Cerrado nativo, estando relacionados à cultura agrícola presente no ano da coleta das amostras. Nos anos em que a cultura presente no ano agrícola foi uma gramínea, com maior relação C/N, ocorreu uma tendência a maiores teores de matéria orgânica, sendo, em alguns casos, superiores aos do Cerrado nativo. Nos anos em que a cultura foi uma leguminosa, os teores de carbono no solo foram reduzidos, independentemente do tempo referente à implementação do sistema.

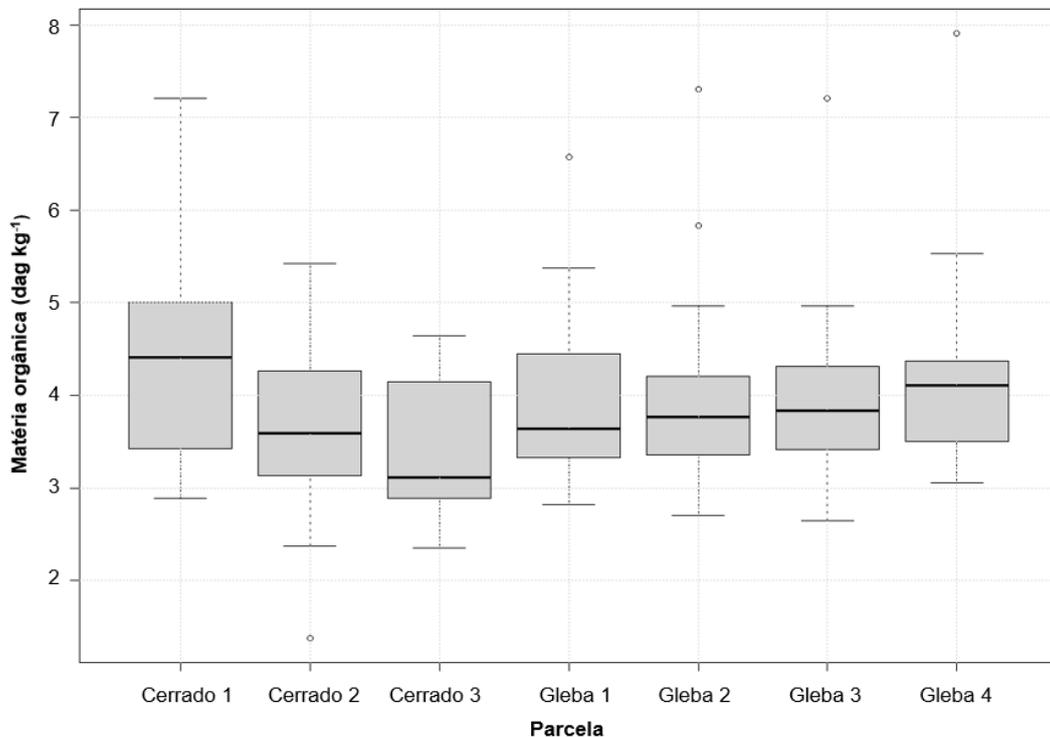
Silva et al. (1994) mostraram que os teores de matéria orgânica do solo decrescem drasticamente nos primeiros anos de conversão da vegetação nativa para culturas, principalmente pelo revolvimento do solo e pela correção da fertilidade, que proporcionam aumento da mineralização da matéria orgânica até um ponto de estabilidade. Santos et al. (2014) mostraram que a dinâmica de decomposição da palhada depende tanto da qualidade do material vegetal, quanto de fatores edafoclimáticos, como temperatura, umidade e textura do solo. Em sistemas ILP, há uma variação entre 70 e 150 dias após a dessecação da palhada de milho e braquiária para a liberação quase que completa dos nutrientes, com a decomposição de mais de 80% da palhada. O acúmulo de matéria orgânica no solo foi proporcionado principalmente pelo sistema radicular, o que explica os maiores teores de acúmulo de C abaixo de 10 cm de profundidade enquanto houve redução na superfície, em relação ao cerrado nativo, nos estágios iniciais de implementação do sistema ILP.

Com a adoção do sistema de plantio direto desde o início do ILP e a consolidação do sistema, o aporte de matéria orgânica se estabilizou e os resultados mostraram que a distribuição em profundidade da matéria orgânica nas parcelas seguiu o padrão usual de decréscimo em profundidade (Figura 7.2), com teores considerados “bons” em superfície e ainda relativamente elevados

a 50 cm (Ribeiro et al., 1999), e sem diferença perceptível entre os cerrados e as glebas. Também não houve diferença significativa entre os teores médios globais entre o cerrado e as glebas (Figura 7.3).

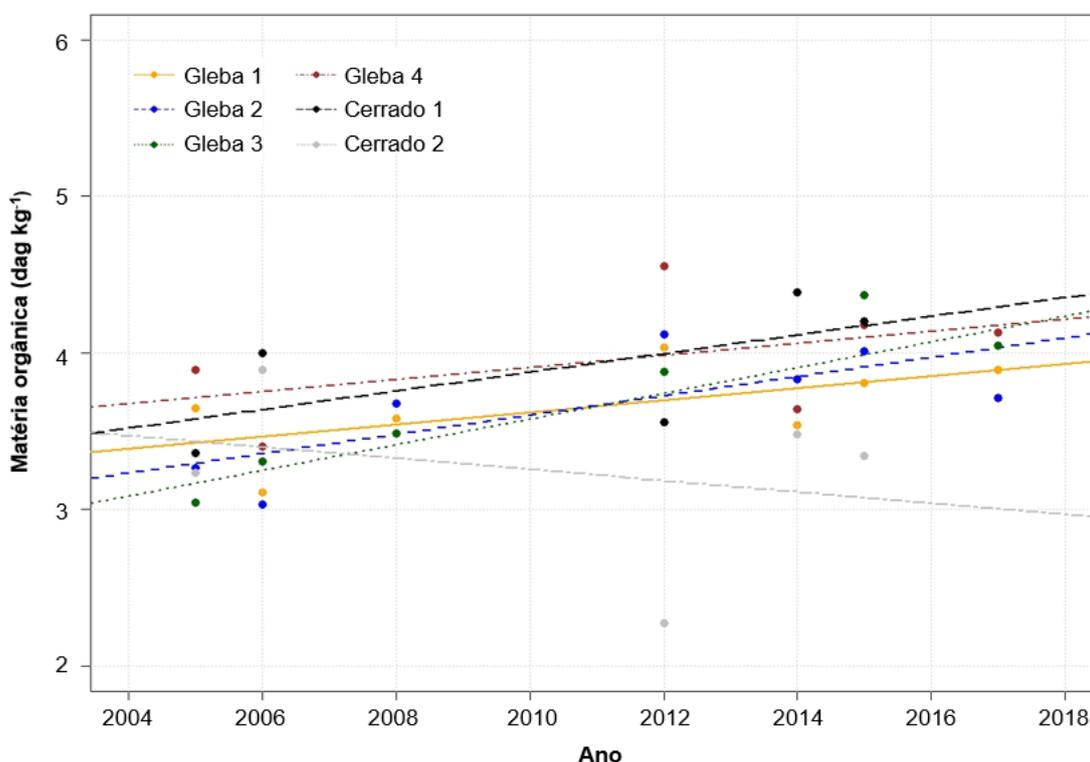


**Figura 7.2.** Distribuição do teor de matéria orgânica em profundidade, considerando todas as amostras coletadas nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado.



**Figura 7.3.** Médias gerais totais para os valores de matéria orgânica das glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e do Cerrado.

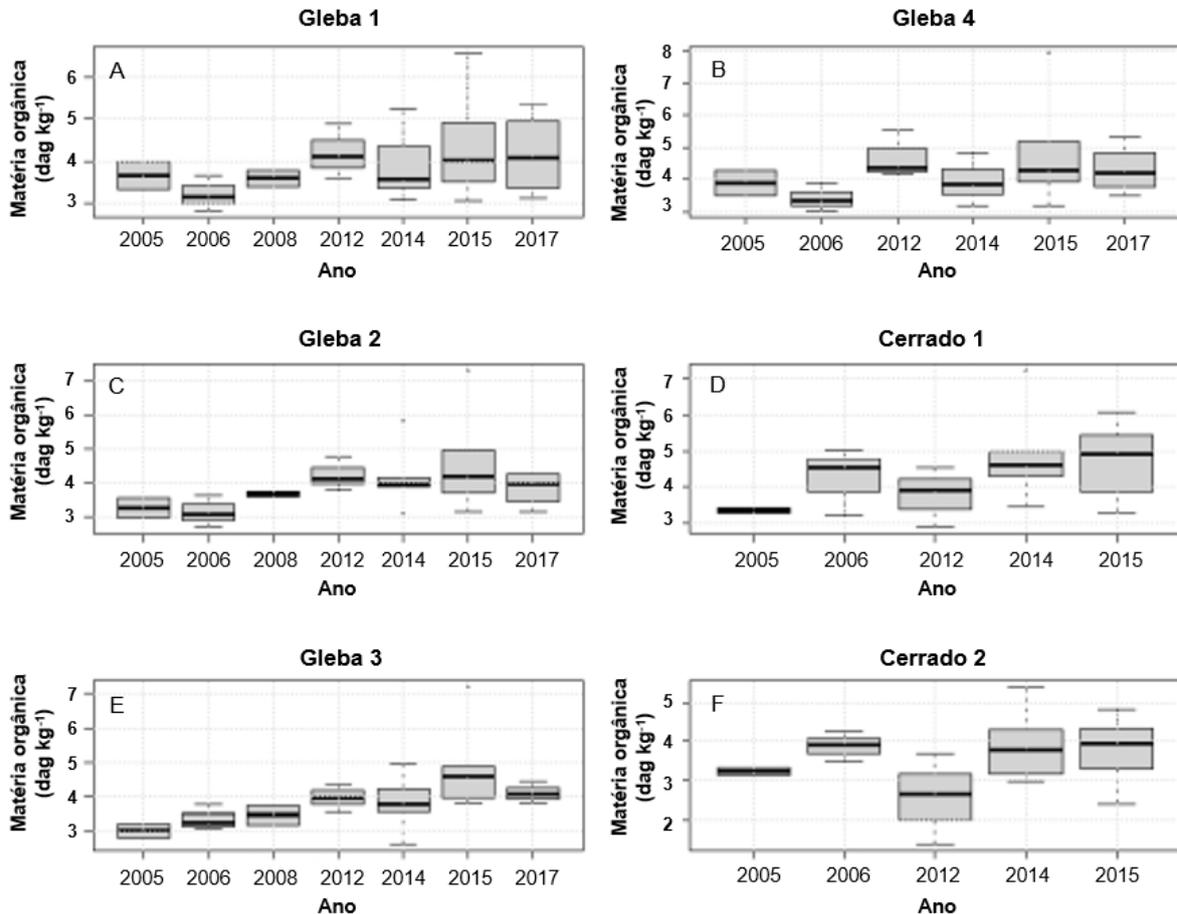
A análise temporal do teor de matéria orgânica nas glebas indica a tendência geral de incremento anual do teor de carbono orgânico total no sistema ILP, e um resultado inconclusivo com relação aos cerrados, pois o Cerrado 1 apresenta tendência de aumento e o Cerrado 2, de decréscimo dos teores (Figura 7.4). Aparentemente, há uma estabilização dos teores após o ano de 2012, na faixa de 4 dag kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. Estes resultados do ILP mostram o potencial deste sistema em aumentar a fixação do carbono no solo, quando manejado adequadamente. Isso contribui para a melhoria da qualidade do solo como um todo, visto que a MO é um fator chave nos processos físicos, químicos e biológicos sendo usado como indicador naquele quesito.



**Figura 7.4.** Modelos de regressão linear com as tendências gerais de variação para os valores de matéria orgânica das glebas amostradas no sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado.

A comparação entre anos indica que há diferença de comportamento entre as glebas, mas o Cerrado não apresenta variações com tendência evidente, e a variação de resultados pode refletir apenas a variabilidade natural nos teores de carbono no solo, entre os anos (Figura 7.5). A gleba 3 apresenta a tendência mais clara de elevação de teores, ao passo que a gleba 4 é similar aos cerrados, sem tendência aparente, o que está coerente com sua proximidade física com estas

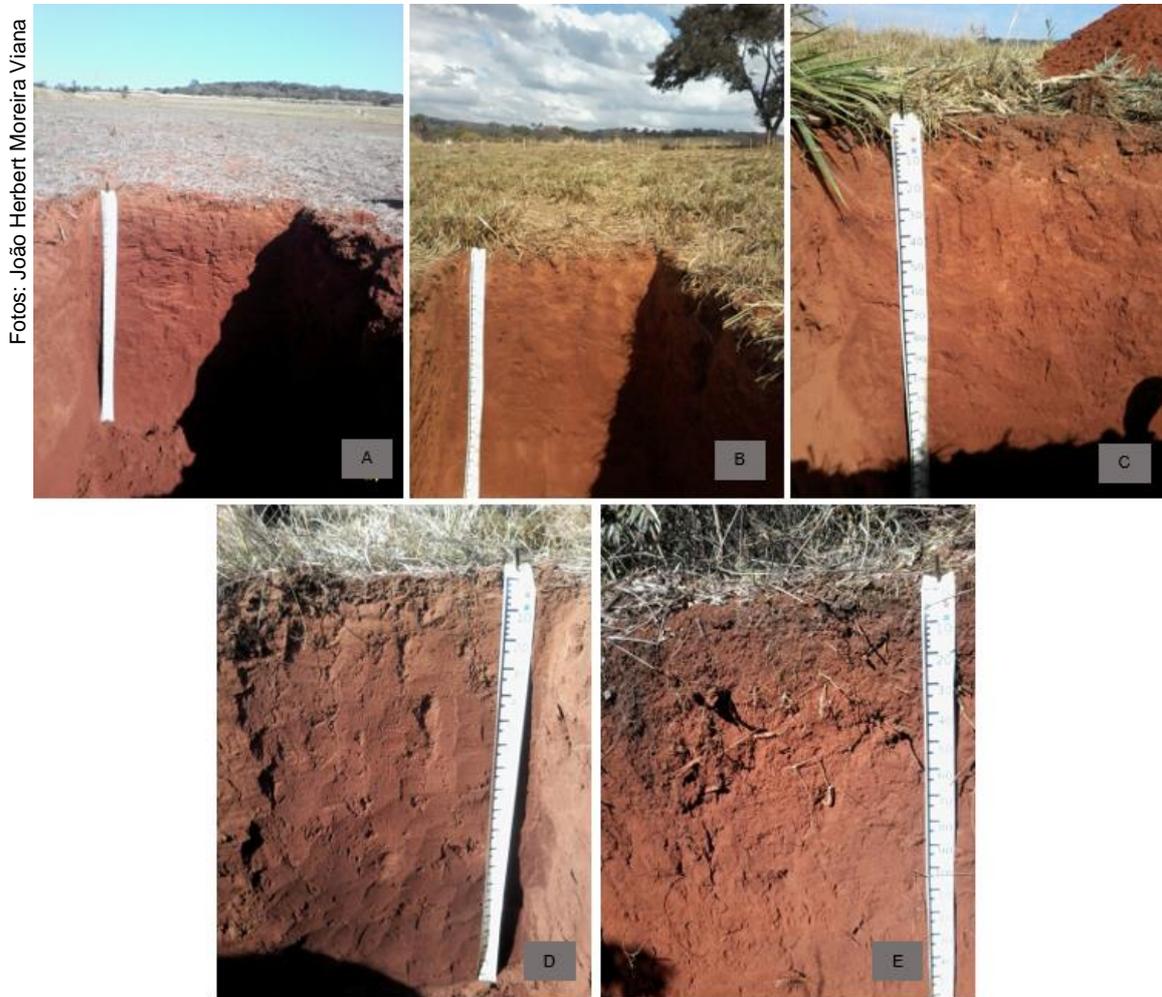
glebas, e com os resultados dos perfis, descritos mais adiante. Além da variabilidade espacial natural entre os solos, os resultados indicam o efeito acumulado dos manejos dos solos nos teores de matéria orgânica, antes da implantação do atual sistema ILP.



**Figura 7.5.** Tendência de variação anual para os valores de matéria orgânica das parcelas amostradas no sistema de integração lavoura-pecuária e Cerrado: (A) Gleba 1, (B) Gleba 2, (C) Gleba 3, (D) Gleba 4, (E) Cerrado 1, (F) Cerrado 2.

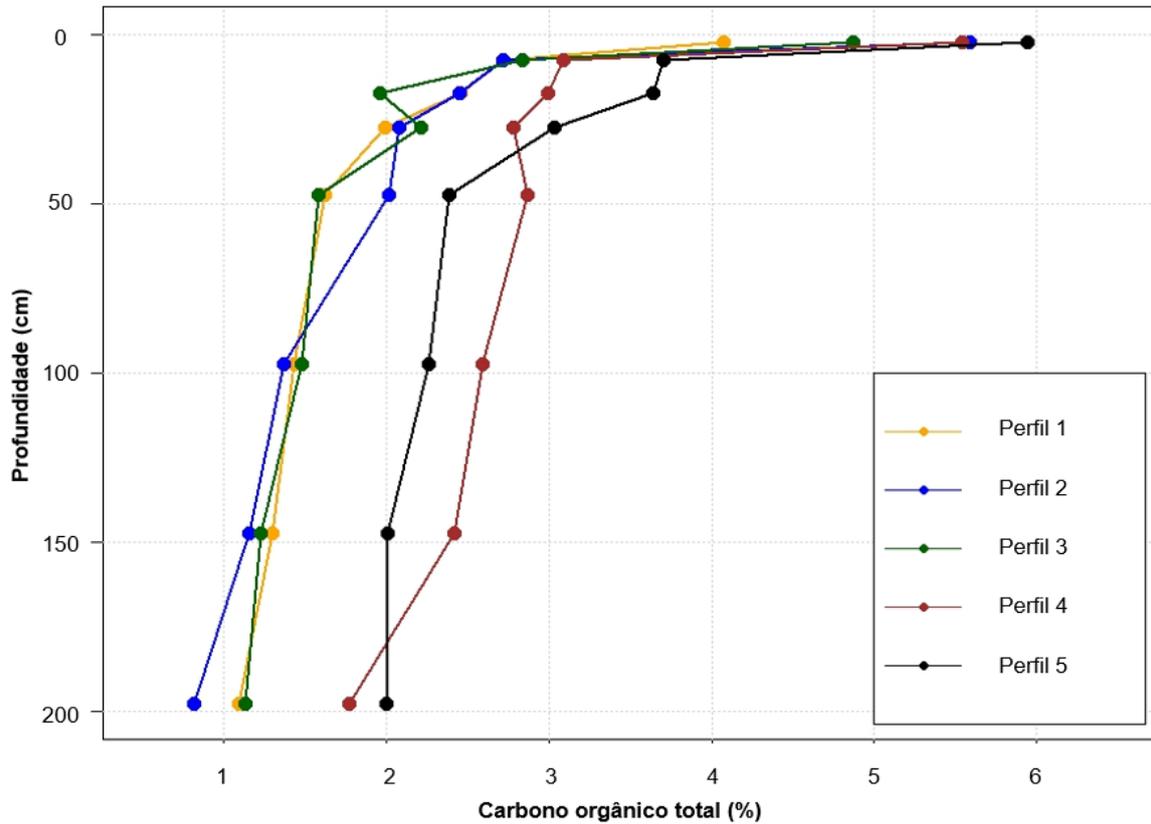
Nas glebas do ILP foram analisados quatro perfis do solo para fins de classificação e amostragens de solo e mais um no Cerrado: a) perfil 1 (gleba 2); b) perfil 2 (gleba 1); c) perfil 3 (gleba 3); d) perfil 4 (gleba 4); e) perfil 5 (Cerrado). Os cinco perfis foram classificados como Latossolo Vermelho Amarelo, com base na descrição e nas análises químicas (Figura 7.6). A classificação está de acordo com o mapa de solos da bacia do Ribeirão Marinho, que abrange a maior parte da área do sistema ILP (Oliveira, 2016). Nota-se, entretanto, que os perfis 4 e 5 apresentam horizonte superficial húmico, conforme descrito no SisBCS (Santos et al., 2013), o que os enquadraria em outra subclasse, em relação aos demais

perfis, e indica que a parte mais elevada da área já tem originalmente um teor mais elevado de matéria orgânica, e, por conseguinte, um maior estoque de carbono, como será discutido. A presença de Latossolos húmicos em torno da área do sistema ILP, também foi constatada no trabalho de Oliveira (2016).

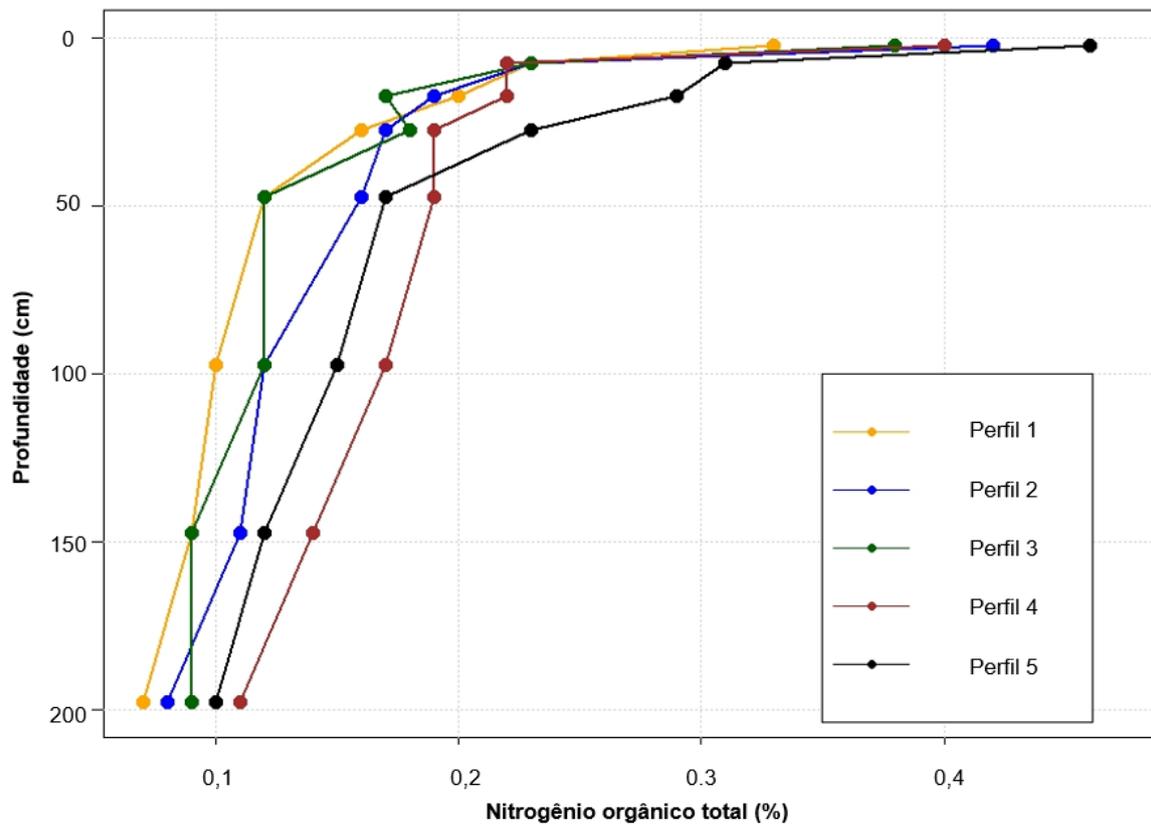


**Figura 7.6.** Perfis amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado: (A) Gleba 2, (B) Gleba 1, (C) Gleba 3, (D) Gleba 4 e (E) Cerrado

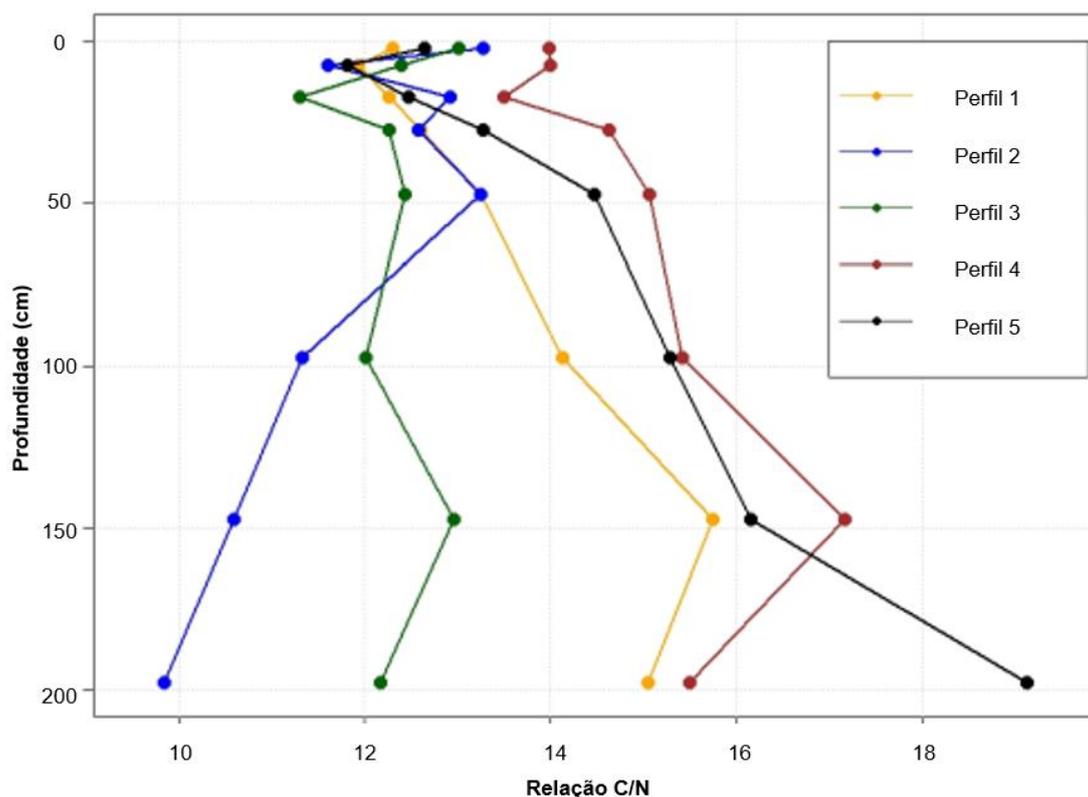
O padrão observado de distribuição em profundidade dos teores de carbono (Figura 7.7) e nitrogênio (Figura 7.8) indica que a diferença de teores no horizonte superficial se mantém em profundidade, indicando que fatores pedogenéticos são responsáveis por este padrão, já que ele se propaga para além das camadas usualmente afetadas pelo manejo do solo (~50 cm). As diferenças são mais evidentes quando se compara a relação C/N em profundidade (Figura 7.9).



**Figura 7.7.** Distribuição do teor de carbono orgânico total nos perfis amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado.



**Figura 7.8.** Distribuição do teor de nitrogênio total nos perfis amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado.



**Figura 7.9.** Distribuição da relação da C/N nos perfis amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado.

A Tabela 7.1 mostra a sequência de rotação de culturas nos primeiros anos do sistema ILP e que antecederam as amostragens em 2009 para avaliação de atributos físicos do solo (Tabela 7.2) estudados por (Costa et al., 2009). A densidade de solo indicou efeito de tratamento na macroporosidade do solo, mas não na densidade de solo (Ds).

**Tabela 7.1.** Descrição da sequência de rotação das culturas nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária, da pastagem e do Cerrado, e que foram avaliados em 2009.

Sistema de uso e manejo	Ano agrícola			
	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
S1 (Gleba 1)	Soja	sorgo silagem + capim	pastagem	soja
S2 (Gleba 2)	milho grão + capim	pastagem	soja	milho grão + capim
S3 (Gleba 3)	pastagem	soja	milho grão + capim	sorgo silagem + capim
S4 (Gleba 4)	sorgo silagem + capim	milho grão + capim	sorgo silagem + capim	pastagem
S5 (Pastagem)	pastagem nativa	pastagem nativa	pastagem nativa	pastagem nativa
S6 (Cerrado)	Cerrado nativo	Cerrado nativo	Cerrado nativo	Cerrado nativo

**Tabela 7.2.** Densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo, nas profundidades de 0–10 cm, 10–20 cm e 20–40 cm de profundidade nas glebas, na pastagem e no Cerrado.

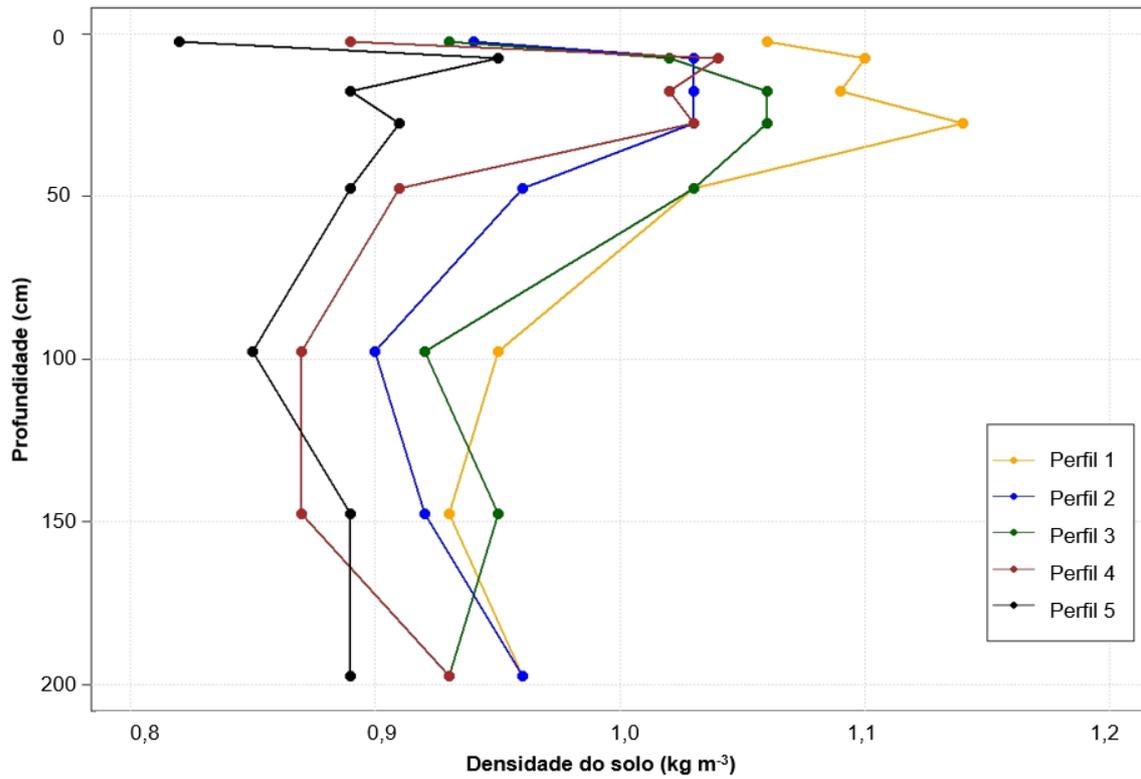
Tratamento	Densidade de partículas <sup>(1)</sup>	Densidade do solo <sup>(1)</sup>	Porosidade total <sup>(1)</sup>	Macroporosidade <sup>(1)</sup>	Microporosidade <sup>(1)</sup>
<b>Profundidade 0–10 cm</b>					
S1 (Gleba 1)	2,48 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,52 ab	0,06 a	0,45 <sup>ns</sup>
S2 (Gleba 2)	2,39	1,17	0,51 ab	0,06 a	0,43
S3 (Gleba 3)	2,47	1,10	0,56 ab	0,06 a	0,46
S4 (Gleba 4)	2,40	1,09	0,55 ab	0,09 a	0,46
S5 (Pastagem)	2,45	1,01	0,59 ab	0,13 b	0,41
S6 (Cerrado)	2,42	1,20	0,50 a	0,08 a	0,44
<b>Profundidade 10–20 cm</b>					
S1 (Gleba 1)	2,54 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,06 ab	0,45 abc
S2 (Gleba 2)	2,46	1,18	0,52	0,06 ab	0,42 ab
S3 (Gleba 3)	2,45	1,07	0,56	0,04 a	0,48 bc
S4 (Gleba 4)	2,45	1,07	0,56	0,09 b	0,44 abc
S5 (Pastagem)	2,55	1,11	0,57	0,04 a	0,49 c
S6 (Cerrado)	2,52	1,09	0,57	0,14 c	0,41 a
<b>Profundidade 20–40 cm</b>					
S1 (Gleba 1)	2,53 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,58 ab	0,09 a	0,45 <sup>ns</sup>
S2 (Gleba 2)	2,53	1,17	0,53 ab	0,10 a	0,43
S3 (Gleba 3)	2,44	1,19	0,51 a	0,07 a	0,47
S4 (Gleba 4)	2,50	1,01	0,60 b	0,07 a	0,46
S5 (Pastagem)	2,49	1,02	0,59 ab	0,16 b	0,39
S6 (Cerrado)	2,37	1,07	0,55 ab	0,16 b	0,41
C.V. (%)	6,30	7,32	6,15	17,67	5,74

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

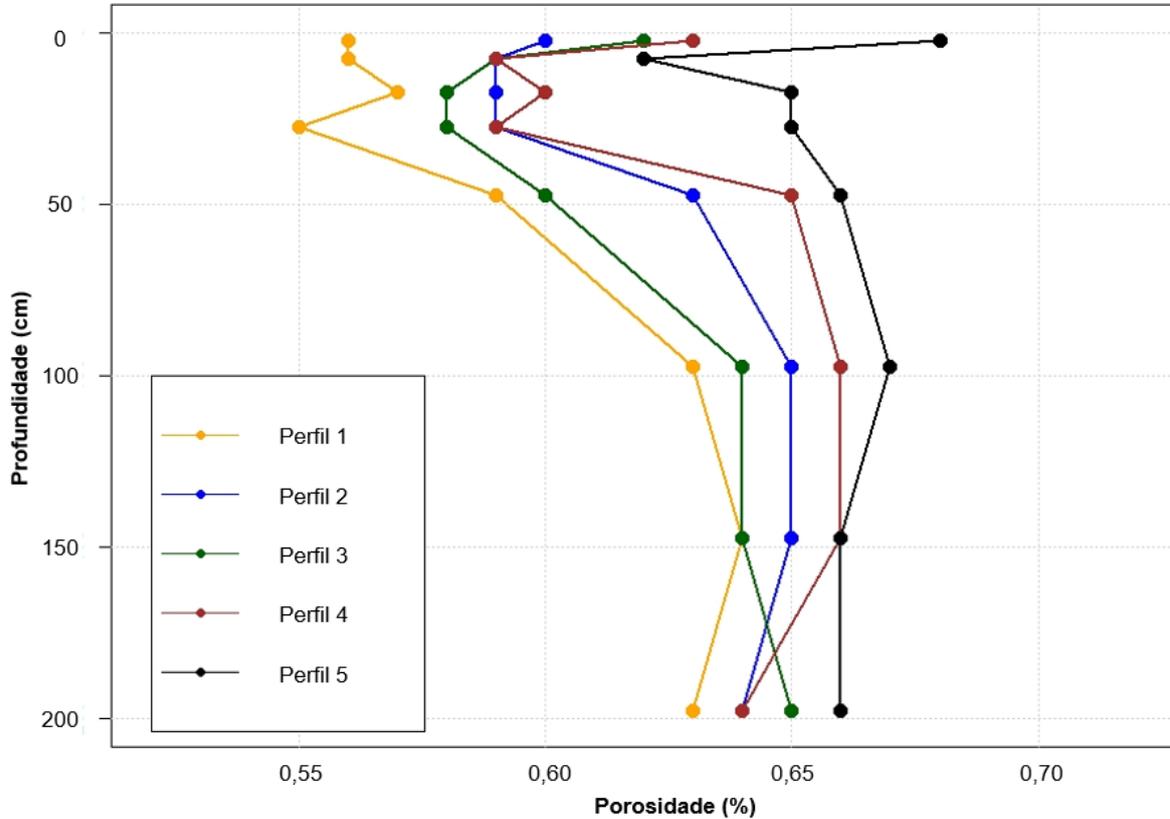
<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados também apontam para as diferenças de densidade de solo e porosidade, em profundidade, entre as glebas, bem como para o impacto do manejo nas camadas mais superficiais (Figuras 7.10 e 7.11). O cultivo intensivo para produção de silagem em sistema convencional, anterior à implantação do sistema ILP, certamente causou a redução da porosidade. As alterações físicas são de reversão lenta, e, a despeito do incremento observado na matéria orgânica das glebas, ainda não houve tempo suficiente para que a estrutura dos solos retornasse à condição anterior, ou similar ao cerrado não cultivado. Todavia, estes valores da  $D_s$  não causam impedimento ao crescimento das raízes das culturas ali cultivadas e não há evidências de erosão, de onde se conclui que o ILP confere sustentabilidade. Soma-se a isto os valores da porosidade total (Figura 7.11) que se situa, sempre, acima de 50%, tido como referência para representar um solo com adequada porosidade.

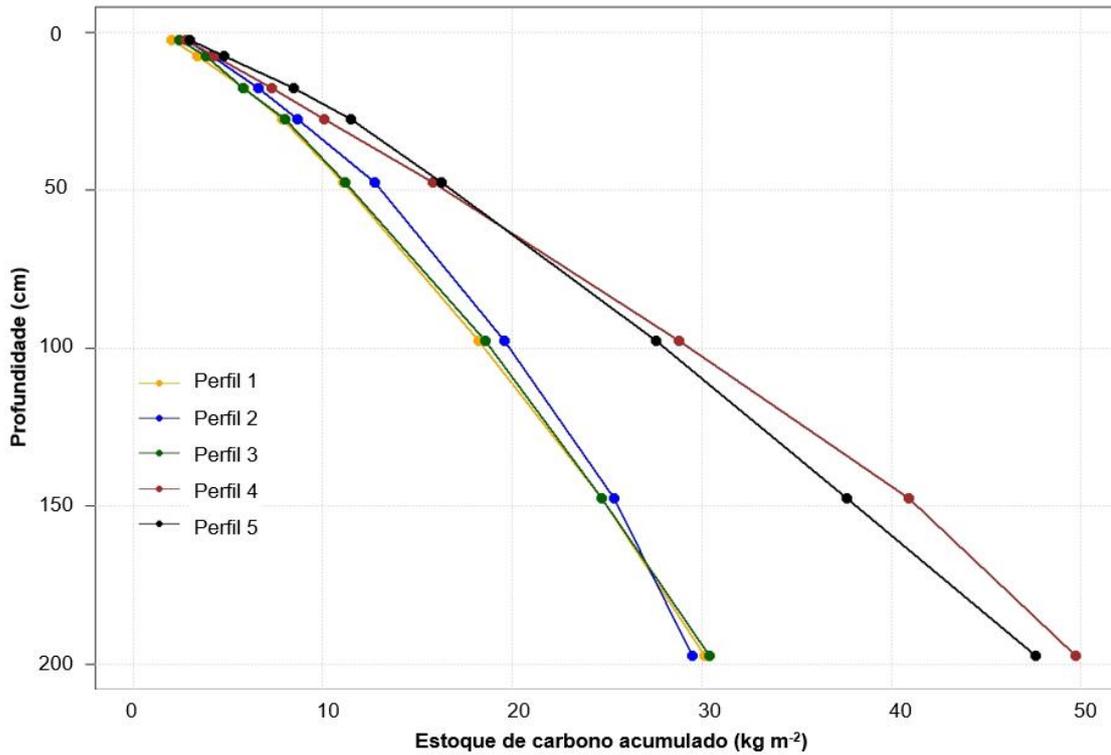
Os resultados de conteúdo de carbono e de densidade de solo permitem calcular os estoques de carbono nas glebas. O estoque de carbono acumulado até a profundidade de 2 metros está apresentado na Figura 7.12, e indica que as glebas 1, 2 e 3 são muito similares, e distintas da gleba 4 e Cerrado, com os resultados médios e dispersão mostrados na Figura 7.13 (ressaltando se tratar da soma do acumulado em cada camada avaliada, o que gera o formato crescente do estoque de C em profundidade). Este resultado torna as diferenças entre os dois grupos, já apontadas antes, mais explícitas e indica, também, que a área do cerrado a montante é uma referência adequada apenas para a área da gleba 4, uma vez que as diferenças pedológicas mascaram os efeitos de manejo pretérito e os benefícios provindos pelo atual sistema.



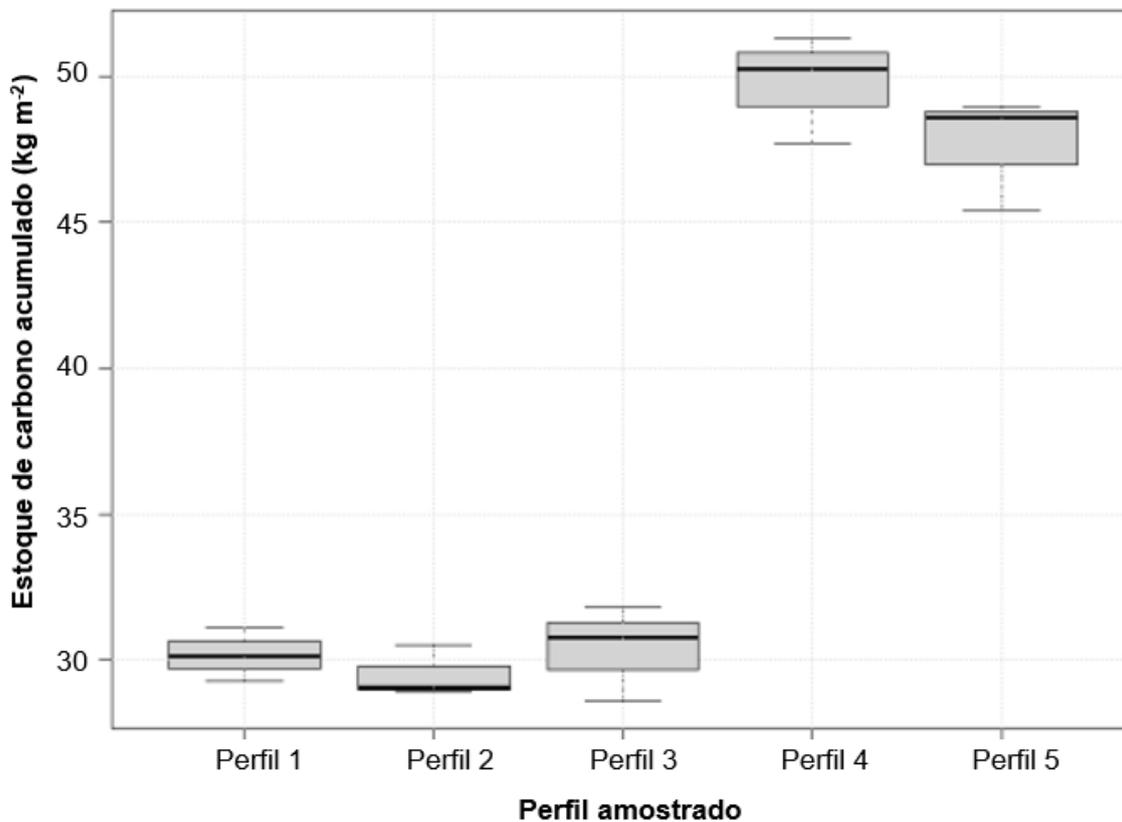
**Figura 7.10.** Distribuição da densidade de solo (Ds) nos perfis amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado.



**Figura 7.11.** Distribuição da porosidade total nos perfis de solo amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e no Cerrado.



**Figura 7.12.** Distribuição do estoque de carbono acumulado até 200 cm de profundidade nos perfis amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e Cerrado.



**Figura 7.13.** Comparação do estoque de carbono entre os perfis amostrados nas glebas do sistema de integração lavoura-pecuária e do Cerrado.

## Considerações finais

O sistema ILP em estudo, instalado na Embrapa Milho e Sorgo e monitorado desde 2005, apresenta solos com teores de carbono relativamente elevados, mas com diferenças entre as glebas estudadas (tanto entre as diferentes glebas quanto entre estas e o cerrado) atribuídas a fatores pedogenéticos. Houve tendência geral ao acúmulo de carbono orgânico nas glebas em uso nos primeiros anos com sua estabilização posterior, indicando os benefícios da adoção do sistema ILP para aquelas parcelas. O monitoramento continuado da matéria orgânica neste trabalho mostra a importância de experimentos de longa duração, com amostragem e análise periódicas, para a adequada avaliação e validação de sistemas de produção intensificados como ferramentas de manejo sustentável e de cumprimento de metas ambientais, como o estoque de carbono.

Estes resultados demonstram a assertiva de inclusão de sistemas ILP no rol de estratégias de políticas públicas para a agricultura visando atender os compromissos assumidos na Conferência de Biodiversidade da ONU (COP) 15 para mitigação de mudanças climáticas (United Nations, 2015). Como parte desses compromissos, foram aprovados a Lei nº 12.187 e o Decreto nº 7.390 (Política Nacional para Mudanças Climáticas), e os Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação, que incluem os sistemas ILPF como uma das seis opções a serem implementadas na agricultura, dentro do Programa ABC (Plano Setorial para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura).

## Referências

- BALDOTTO, M. A.; VIERA, M. E.; SOUZA, D. de O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 301-309, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030010>.
- CECAGNO, D.; ANDRADE, S. E. V. G. de; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A. P.; REICHERT, J. M.; GUBIANI, P. I.; BALERINI, F.; FINK, J. R.; CARVALHO, P. C. de F. Least limiting water range and soybean yield in a long-term, no-till, integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 54-62, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.10.005>.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500013>.
- CORBEELS, M.; MARCHÃO, R. L.; SIQUEIRA NETO, M.; FERREIRA, E. G.; MADARI, B. E.; SCOPEL, E.; BRITO, O. R. Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v. 6, article 21450, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep21450>.

COSTA, A. M.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; SANTANA, D. P. Estoque de carbono de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo na região do cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas**. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011a.

COSTA, A. M.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; WILDA, L. R. M. Alterações no estoque de carbono do solo sob Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2011, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA: NEFOR, 2011b.

COSTA, A. M.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; OLIVEIRA, J. L. Estoque de carbono de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **O solo e suas múltiplas funções: anais**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015a.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015b. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140269>.

COSTA, A. M.; VASCONCELOS, F. V.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; SANTANA, D. P. Estoque de carbono em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Sete Lagoas, MG, região do Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Novos caminhos para a agricultura conservacionista no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010.

COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Atributos físicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios**. Fortaleza: UFC: SBCS, 2009.

DIAS, F. P. M.; HÜBNER, R.; NUNES, F. de J.; LEANDRO, W. M.; XAVIER, F. A. da S. Effects of land-use change on chemical attributes of a Ferralsol in Brazilian Cerrado. **Catena**, v. 177, p. 180-188, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.016>.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000200016>.

MUNIZ, L. C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B. de F.; CANTANHÊDE, I. S. de L.; MACHADO, P. L. O. de A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. de S. Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1262-1268, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000021>.

NIAZ, S.; IJAZ, S. S.; HASSAN, A.; SHARIF, M. Landuse impacts on soil organic carbon fractions in different rainfall areas of a subtropical dryland. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, n. 10, p. 1337-1345, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1280727>.

OLIBONE, D.; ENCIDE-OLIBONE, A. P.; ROSOLEM, C. A. Least limiting water range and crop yields as affected by crop rotations and tillage. **Soil Use and Management**, v. 26, n. 4, p. 485-493, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00301.x>.

OLIVEIRA, A. R. **Relações solo-paisagem e modelo de predição de solos da bacia do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas (MG)**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. A.; BARROS, I. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 4, p. 229-239, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.10.002>.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob Integração Lavoura-Pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600020>.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, I. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100 p.

SILVA, J. E. da; LEMAINSKI, J.; RESK, D. V. S. Perda de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

UNITED NATIONS. **Framework convention on climate change**. Paris, 2015. Disponível em: <https://undocs.org/FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1>. Acesso em: 14 out. 2019.



## Capítulo 8

# Monitoramento e manejo de pragas na fase agrícola do sistema de integração lavoura-pecuária

Ivênio Rubens de Oliveira  
Paulo Afonso Viana  
Simone Martins Mendes  
Marco Aurélio Guerra Pimentel  
Elena Charlotte Landau



## **Introdução**

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) provocou significativa mudança de cenário na agropecuária, com interferência direta em todos os componentes do sistema de produção, entre eles, o manejo de pragas.

No que diz respeito às pragas, uma nova situação se percebeu na qual não se podia mais efetuar avaliações apenas para uma cultura, mas agora para todo o sistema em que se utiliza a área de cultivo, considerando o tempo e o espaço. Desta forma, precisa ser compreendido tudo o que ocorrer na área durante todo o calendário agrícola e até mesmo fora dele. Na maioria das vezes, uma praga tem conseguido permanecer na área durante todo o ano, migrando de uma cultura para outra ou mesmo hospedando-se em plantas daninhas. Este é o caso da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).

A lagarta-do-cartucho continua sendo a principal praga, tanto para o milho quanto para o sorgo. Entretanto, também se tornou praga importante em pastagens, principalmente naquelas do gênero *Brachiaria*. Isso tem aumentado o seu potencial de dano e causado preocupações para a maioria dos produtores nas mais diferentes regiões do Brasil.

O que pode ser observado é que mesmo que não se percebam grandes prejuízos de seu ataque em pastagens, a produtividade do milho ou do sorgo semeados em consórcio pode ser altamente prejudicada pelos danos desta lagarta. Assim sendo, trabalhos que permitam entender e mensurar os danos causados por esta praga em sistemas ILP são cada vez mais necessários para que sejam aprimoradas as ferramentas de monitoramento e tomada de decisão para o controle, em consonância com táticas adotadas para um bom manejo integrado de pragas (MIP).

## **Manejo integrado de lagarta-do-cartucho do sistema de integração lavoura-pecuária**

A importância da lagarta-do-cartucho deve-se aos danos provocados e, especialmente, à dificuldade de controlá-la. O controle vem sendo realizado, na maioria das vezes, com produtos químicos aplicados tão logo seja detectada a ocorrência da praga na lavoura (Figueiredo et al., 2006). Na maioria das vezes as decisões de controlar, ou não, são tomadas de forma empírica e geralmente são

precipitadas ou tardias, onerando custos de produção e promovendo desequilíbrio do agroecossistema (Bianco, 1995).

Antes, durante e após a implantação da lavoura de sorgo ou milho é de extrema importância que se faça o monitoramento para que o produtor tenha conhecimento sobre a ocorrência das pragas no local. O monitoramento de *S. frugiperda* permite a tomada de decisão para o controle eficiente ao mostrar o momento mais adequado e o produto mais indicado em cada situação, reduzindo os custos de controle e, conseqüentemente, os custos da produção. Isto ocorre porque também há o favorecimento para que ocorra a presença de insetos benéficos na lavoura, predadores e parasitoides, que atuam no controle de lagartas. Na maioria das vezes, a deficiência no monitoramento traz como consequência a intervenção com inseticidas químicos, como última alternativa. Assim, podem ser necessárias aplicações adicionais em razão de altas incidências da praga (Miranda, 2006).

Existem diferentes métodos para monitoramento da lagarta-do-cartucho, e um destes é utilizar armadilhas apropriadas para a captura de insetos adultos. As armadilhas são ferramentas úteis no MIP, desde que utilizadas corretamente (Avellar et al., 2015). A armadilha tipo Delta é considerada eficiente para monitorar adultos de *S. frugiperda*, pois mostra a ocorrência dos insetos presentes naquele momento da lavoura.

Destaca-se também a importância de instalar a armadilha de feromônio antes da semeadura, pois isso ajudará na tomada de decisão e na escolha da estratégia de controle logo a partir da emergência das plantas no campo. São fatores a serem observados no monitoramento: o número de componentes do feromônio e suas proporções, bem como sua pureza, estabilidade e taxa de liberação, as quais se relacionam ao sucesso no uso das armadilhas. Além disso, deve-se considerar o modelo da armadilha, a altura e a localização dentro da lavoura, a temperatura e a umidade no período em que ela fica no campo (Vilela; Della Lucia, 2001). A localização da armadilha e a altura dela dentro da lavoura tornam-se fatores relevantes para a dissipação do feromônio nos locais em que as mariposas se movimentam. O modelo de armadilha Delta é o mais eficiente no monitoramento de *S. frugiperda* por capturar mariposas mesmo quando a densidade populacional da praga é menor e as iscas de feromônio diminuem sua atração após 40 dias no campo, sendo que aos 60 dias não possuem efeito algum

na atração de adultos (Melo et al., 2011). A longevidade do efeito atrativo do feromônio pode ser influenciada pela temperatura e pela umidade.

Para a tomada de decisão de controlar, ou não, a praga considera-se que inseticidas somente devem ser usados se forem atingidos níveis populacionais capazes de causar dano econômico (NDE). Nesse nível, o custo de operação de controle não pode ser superior ao custo do dano causado pela praga. A simples presença da praga não determina que se aplique algum defensivo, por isso é essencial fazer a amostragem antes da decisão. O nível de controle (NC) é abaixo do NDE para que se garanta que esse não seja atingido.

Para *S. frugiperda*, o NC adotado é o mesmo para a cultura do milho ou do sorgo, independentemente se estão em monocultivo ou em consórcio com pastagens, ou seja, aplicar inseticida somente quando atingir 20% das plantas raspadas, o que corresponde aos níveis 3 e 4 da escala Davis (Davis et al., 1992). Para um controle mais efetivo e considerando-se o ganho em produtividade, a partir de 10% das plantas com nota 3 já se recomenda o controle. Nesta escala de nível 3, nas folhas do cartucho das plantas são observadas pequenas lesões circulares e algumas pequenas lesões alongadas (formato de retângulo), lesões de até 1,3 cm de comprimento. Este NC é adotado, principalmente, quando há a decisão de pulverizações com inseticidas químicos ou bioinseticidas para o controle (Figura 8.1).



**Figura 8.1.** Prancha representativa da escala Davis, para avaliação de dano causado pela lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, ao milho. Notas de 0 (sem dano) a 9 (cartucho completamente destruído).

Fonte: Adaptado de Davis et al. (1992).

Outra forma de obter-se o NC é a partir do uso de armadilhas de feromônio, as mesmas utilizadas para o monitoramento. Instaladas corretamente, as armadilhas tipo Delta têm sido eficientes para monitorar adultos de *S. frugiperda* na atualidade, por isso são essenciais para a tomada de decisão, tanto para as pulverizações foliares como para a liberação de parasitoides de ovos como a vespa *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Cruz et al., 2012). O NC, que pressupõe a decisão de utilizar-se um controle com inseticida químico, é o mesmo usado para qualquer outra estratégia de controle e é alcançado quando coletada uma média de três mariposas por armadilha. Essa tomada de decisão está fundamentada em informações biológicas e tecnológicas (Cruz; Turpin, 1983; Cruz, 2007) utilizadas no cultivo de milho e sorgo.

Geralmente, um inseticida químico é aplicado 10 dias após a coleta das três mariposas. Ocorrendo a oviposição da praga, somente após 10 dias as lagartas estarão entre o terceiro e o quarto instar e este ponto não deve ser ultrapassado, o que significaria prejuízos com danos irreversíveis. Antes disso, as lagartas ainda não causam perdas significativas na produção. Considera-se também que, nas fases de ovo e primeiros instares, a lagarta-do-cartucho pode sofrer a ação de inimigos naturais a um patamar que até dispense a aplicação de inseticidas. Por isso, é importante que a amostragem seja continuada (Cruz, 2007).

Um bioinseticida deve ser aplicado por volta de 4 dias após a captura das três mariposas. É o tempo necessário para que haja a eclosão das lagartas, o que possibilita o contato com o produto. Já a liberação do parasitoide *Trichogramma* para o controle biológico deverá ser iniciada imediatamente após a detecção da média de três mariposas adultas por armadilha, pois sua ação ocorrerá sobre os ovos da praga.

Em locais onde o MIP é utilizado, é nítida a presença de várias espécies de insetos benéficos que controlam não só *S. frugiperda*, mas também outras pragas, caracterizando o controle integrado. Espera-se que a atuação dos inimigos naturais presentes na área seja mais efetiva atuando em conjunto com a aplicação de um inseticida fisiológico seletivo, independentemente da época de aplicação (Cruz, 2007).

Havendo a necessidade de aplicação de um produto químico de amplo espectro, que seja pouco seletivo, espera-se que sejam eliminados tanto a praga

como os insetos benéficos que estejam presentes na área. Nessa situação, ainda pode ser adotada a integração de medidas de controle químico e biológico, sendo este último promovido a partir da liberação inundativa do inimigo natural no campo, principalmente por parasitoides como *T. pretiosum*.

O controle biológico, com a liberação de *T. pretiosum* após a utilização do controle químico, respeitando-se 7 dias de carência para evitar mortalidade das vespinhas, apresenta bons resultados desde que haja um monitoramento eficaz que detecte a praga ainda na fase de ovo. Caso contrário podem ocorrer altos níveis de dano, inviabilizando o seu uso e deixando a necessidade de uma nova intervenção de controle químico. A eficiência dos parasitoides em liberações em áreas de produção, em parte, continuará diretamente ligada ao uso da armadilha para monitoramento da chegada da mariposa da lagarta-do-cartucho (Figueiredo et al., 2015).

### **Controle integrado do sistema de integração lavoura-pecuária**

Visando contribuir para o MIP das culturas de milho e sorgo e também ajudar os produtores que cultivam estas culturas para produção de silagem na região Central de Minas Gerais, foi desenvolvido, no sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo, um trabalho para avaliar a eficácia da associação entre os controles biológico e químico no manejo da lagarta-do-cartucho em plantações de forragens. Para tanto, as estratégias de manejo foram implementadas em uma área cultivada com sorgo forrageiro e capim-tanzânia para produção de silagem do sistema ILP, em plantio consorciado e simultâneo (Oliveira et al., 2018).

O sorgo foi cultivado na safra agrícola 2016/2017 semeando-se no mês de novembro as cultivares BRS 658 em 2 ha, BRS 655 em 2 ha, e Volumax em 1 ha. Foi utilizado o espaçamento de 70 cm entre linhas e foram distribuídas sementes para um estande 120 mil plantas por hectare.

Foram realizados dois sistemas de amostragem: Sistema de Amostragem Convencional (SAC), com monitoramento através da observação direta das injúrias nas folhas dos cartuchos das plantas, e aplicação de inseticida com base na porcentagem de folhas raspadas e/ou furadas em consequência do ataque da lagarta-do-cartucho (Figura 8.2).

Foto: Ivênio Rubens de Oliveira



**Figura 8.2.** Folhas do cartucho de plantas de sorgo com sinais do ataque de *Spodoptera frugiperda*.

O outro sistema de amostragem foi com instalação de Armadilha de Feromônio (SAF), utilizando-se a armadilha modelo Delta Biocontrole na proporção de uma armadilha para 5 ha, em que as aplicações foram realizadas quando se coletaram, em média, três mariposas por armadilha, de acordo com Cruz (2007). A isca de feromônio sexual utilizada foi a BioSpodoptera (existente no mercado nacional). As armadilhas foram suspensas em estacas de madeira com auxílio de um arame, a uma altura de aproximadamente 1,60 m em relação ao solo. As estacas tinham um formato de “L” invertido, tendo a parte maior um comprimento de 2,10 m e a menor de 0,5 m (Figura 8.3).



Foto: Ivênio Rubens de Oliveira

**Figura 8.3.** Armadilha tipo Delta com feromônio instalada para captura de mariposas de *Spodoptera frugiperda* na cultura do sorgo.

Para controle químico utilizou-se o inseticida com princípio ativo clorantianiliprole. Trata-se de um inseticida pertencente ao grupo químico das Diamidas antranílicas, formulado como suspensão concentrada (SC), com ação por contato e ingestão atuando como modulador de receptores de rianodina, classificado como medianamente tóxico (CT III). As aplicações foram realizadas com pulverizador pressurizado tipo tratorizado com barra de 6 m (dosagem de 125 mL ha<sup>-1</sup>, 200 L ha<sup>-1</sup> de calda, pontas tipo leque direcionadas para atingirem prioritariamente o cartucho das plantas). Para melhor aderência do produto às folhas foi adicionado espalhante adesivo.

Neste trabalho, não houve o monitoramento inicial com armadilha. Esta foi utilizada para a confirmação da movimentação de mariposas adultas e o entendimento do potencial de risco caso as medidas de controle não fossem adotadas. A primeira avaliação foi realizada aos 13 dias após a germinação quando as plantas se encontravam no estágio V4 (quatro folhas completamente desenvolvidas).

A intervenção para o controle através de pulverização com o inseticida ocorreu porque foram detectados níveis de danos maiores que 4 nas folhas dos cartuchos, em até 50% das plantas. Em 24 horas, o monitoramento com a armadilha permitiu a captura de 25 adultos de *S. frugiperda* por armadilha de feromônio (Figura 8.4). Estes números confirmaram uma alta infestação da praga e a necessidade de adoção de medidas de controle de forma imediata. O inseticida foi pulverizado em toda a área e, após 7 dias, capturaram-se sete mariposas por armadilha de feromônio, por isso iniciou-se a liberação semanal de *T. pretiosum* através de cartelas, na proporção de 100 mil ovos parasitados por hectare. Isto ocorreu quando estava próxima a emergência dos adultos de *T. pretiosum*. Esta liberação se estendeu até o término da fase vegetativa, totalizando cinco liberações, uma vez que a captura de adultos continuou constante nas armadilhas.

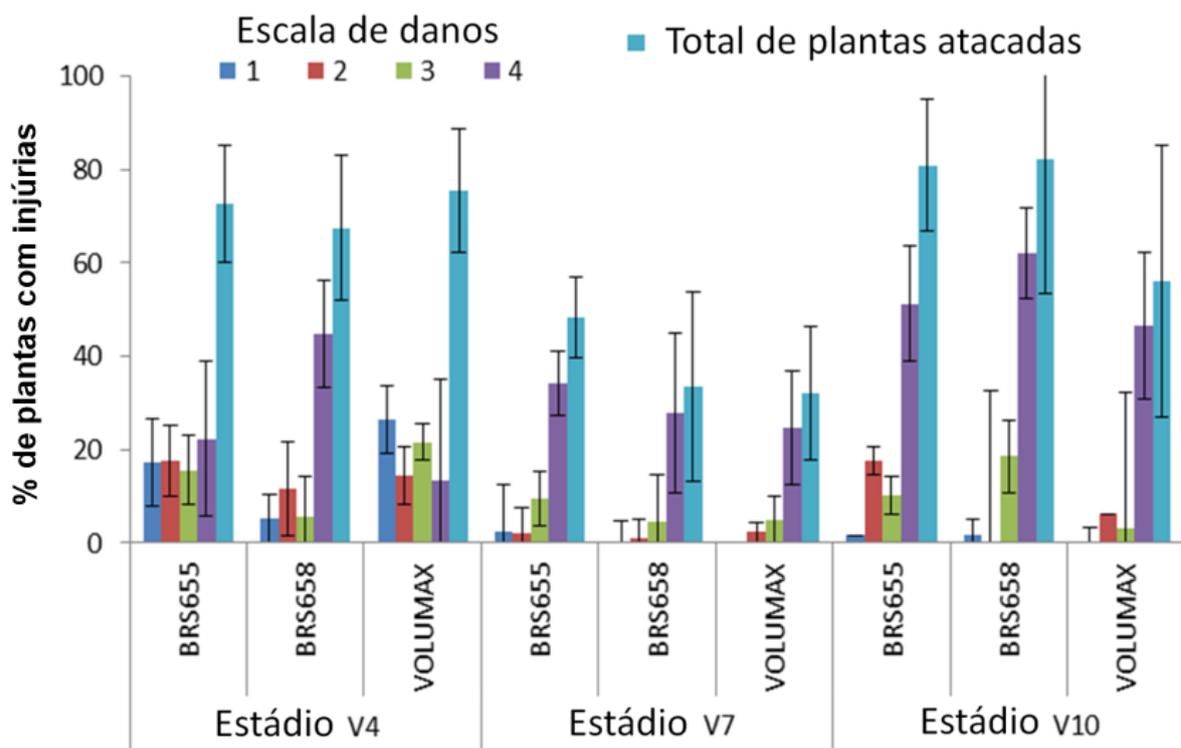
Foto: Ivênio Rubens de Oliveira



**Figura 8.4.** Vista interna da armadilha tipo Delta com feromônio e mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas na cultura do sorgo do sistema de integração lavoura-pecuária.

### Resultados do controle integrado do sistema de integração lavoura-pecuária

Não foram verificadas diferenças com relação ao nível de dano entre as cultivares (Figura 8.5). Todas as cultivares foram igualmente atacadas pela lagarta-do-cartucho. Entretanto, para a cultivar BRS 655 foi observado que 17% das plantas estavam com danos na escala 1, 18% com dano na escala 2, 16% de dano na escala 3 e 22% de dano na escala 4. Para a cultivar BRS 658 observou-se 5% das plantas de dano na escala 1, 12% de dano na escala 2, 6% de dano na escala 3 e 45% de dano na escala 4. Já para a cultivar Volumax observaram-se 26% das plantas atacadas com dano na escala 1, 14% com dano na escala 2, 22% com dano na escala 3 e 13% com dano na escala 4. Considerando as somas dos níveis de danos nas escalas 3 e 4, houve recomendação da pulverização do inseticida clorantraniliprole em toda a área.



**Figura 8.5.** Porcentagem de plantas com injúrias com base no grau de raspagem causado pela *Spodoptera frugiperda* de acordo com a escala Davis para avaliação de dano (Davis et al., 1992).

Sete dias após a primeira liberação do *Trichogramma*, 14 dias após a pulverização do clortraniliprole, uma nova avaliação foi realizada com as plantas em estágio V7 (sete folhas completamente desenvolvidas). Nessa avaliação, a cultivar BRS 655 apresentou 2,5% das plantas com dano na escala 1, 2% com dano na escala 2, 9,5% com dano na escala 3 e 34,2% com dano na escala 4. A cultivar BRS 658 não apresentou plantas atacadas com dano na escala 1, mas foi observado 1% das plantas com dano na escala 2, 4,6% com dano na escala 3 e 27,2% com dano na escala 4. A cultivar Volumax também não apresentou plantas com dano na escala 1. Foi verificado 2,4% de plantas com dano na escala 2, 5% com dano na escala 3 e 24,8% com dano na escala 4. O monitoramento com feromônio, com verificação semanal, capturou em média seis adultos de *S. frugiperda* por armadilha. A presença dos adultos e o baixo número de plantas com níveis de dano 1, 2 e 3 (Figura 8.4) demonstram a efetividade do controle biológico em não deixar ocorrer uma nova explosão populacional da praga. No entanto, as lagartas que sobreviveram após a pulverização continuaram mantendo alto o número de plantas com nível de dano na escala 4, o que permitiu que, após completarem o ciclo, houvesse mais mariposas na área.

Após uma semana, nova avaliação foi realizada quando as plantas se encontravam em V10 (dez folhas completamente desenvolvidas). O monitoramento com feromônio capturou, em média, 37 adultos de *S. frugiperda* por armadilha. Observou-se que a cultivar BRS 655 apresentou 1,7% das plantas com nível de dano na escala 1, 17,7% com nível de dano na escala 2, 10,3% com nível de dano na escala 3 e 51,3% com nível de dano na escala 4. A cultivar BRS 658 apresentou 1,7% das plantas atacadas com nível de dano na escala 1, não apresentou plantas com nível de dano na escala 2, 18,5% com nível de dano na escala 3 e 62,7% com nível de dano na escala 4. A cultivar Volumax não apresentou plantas atacadas com nível de dano na escala 1, 6,3% com nível de dano na escala 2, 3,2% com nível de dano na escala 3 e 40,5% com nível de dano na escala 4. Embora tenha sido observado um maior número de plantas com danos na escala 4, percebe-se que o controle biológico contribuiu eficazmente para não permitir uma nova explosão populacional da praga, ficando o percentual máximo de plantas atacadas próximo àquele do início do cultivo,

dentro do intervalo de confiança de 5%, (Figura 8.5), mesmo porque muitas plantas ainda apresentavam folhas perfuradas oriundas daquele ataque inicial.

Com relação aos aspectos econômicos, o uso de *Trichogramma* para controle de *S. frugiperda* representou custo 21,7% menor em relação ao custo da aplicação do controle químico realizada no primeiro momento. Em 2017, o preço de aplicação do *Trichogramma* ficava próximo a 10 dólares por hectare, para três liberações, o que corresponde a uma cartela com 100 mil ovos parasitados. Esse valor é dependente da logística disponível para entrega nas propriedades. No mesmo período, apenas o inseticida custava próximo a 35 dólares por hectare por aplicação. Há de se considerar os custos inerentes à tecnologia de aplicação, tais como uso de máquinas e implementos, combustível, entre outros. A liberação de vespinhas não requer nem mesmo água.

Silva et al. (2017), analisando genótipos de milho resistentes em diferentes estratégias no controle de *S. frugiperda*, mostraram que o tratamento submetido ao controle biológico (*T. pretiosum*) apresentou menor percentual de espigas danificadas (31,11%) quando comparado aos outros tratamentos, entre eles, o controle químico (46,67%), e obtendo, em alguns casos, maior produtividade. Martinazzo et al. (2007) observaram que com a liberação do parasitoide houve uma redução nos danos causados por *S. frugiperda* de até 63%. Além disso, o uso deste tipo de controle biológico vai de encontro aos anseios da sociedade, de ter acesso a alimentos saudáveis. Essa metodologia de controle também contribui para redução de riscos à saúde humana e impactos ao meio ambiente (Medeiros et al., 2006; Martinazzo et al., 2007).

Na área em que esta estratégia de MIP foi aplicada, a produção de silagem foi de aproximadamente 50 t ha<sup>-1</sup>, para todas as cultivares de sorgo. Essa produtividade alcançada neste trabalho está próxima ao valor máximo obtido ao longo dos anos, 53 t ha<sup>-1</sup>, em avaliações anuais realizadas nessa mesma área (Alvarenga et al., 2018). Tal fato demonstra que mesmo havendo a necessidade de uma primeira intervenção com controle químico, o uso do controle biológico a partir de então permite que se complete o ciclo da cultura do sorgo forrageiro com boa produção, mesmo sob a pressão de ataque da lagarta-do-cartucho, sem a necessidade de novas pulverizações com inseticidas. Ressalta-se o fato de que a partir do estágio V7/V8 não são mais observados os benefícios econômicos de pulverizações com inseticidas químicos.

## Considerações finais

O sucesso da integração dos controles biológico, a liberação de parasitoides, com o químico, e a pulverização do inseticida clorantamiprole mostram que o produtor, dentro de uma estratégia de MIP, pode e deve lançar mão do controle químico em situações de surtos populacionais da lagarta-do-cartucho, evitando maiores prejuízos na produção. No entanto, voltando a atenção em seguida para o monitoramento e os níveis de tomada de decisão, o controle biológico pode voltar a ser a ferramenta principal para manter a praga em níveis que não representem danos econômicos, diminuindo o custo de produção da cultura.

## Referências

- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V.; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; LOPES, L. S. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 23 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 237).
- AVELLAR, G. S. de; CRUZ, I.; REDOAN, A. C. M.; CASTRO, A. L. G. de. Monitoramento de machos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) utilizando armadilhas de feromônio. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 12., 2015, São Lourenço, MG. **Anais...** São Lourenço: Sociedade Brasileira de Ecologia, 2015.
- BIANCO, R. **Construção e validação de planos de amostragem para o manejo da lagarta de cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho**. 1995. 113 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1995.
- CRUZ, I. Novas tecnologias de manejo da lagarta-do-cartucho e broca da cana-de-açúcar em milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL MILHO SAFRINHA: RUMO À ESTABILIDADE, 9., 2007, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 193-215. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 89).
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; SILVA, R. B.; SILVA, I. F.; PAULA, C.; FOSTER, J. Using sex pheromone traps in the decision-making process for chemical application against *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in maize. **International Journal of Pest Management**, v. 58, n. 1, p. 83-90, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.655702>.
- CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) to mid-whorl growth stage of corn. **Journal of Economic Entomology**, v. 76, n. 5, p. 1052-1054, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/76.5.1052>.
- DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992. 9 p. (Technical Bulletin, 186).
- FIGUEIREDO, M. L. C.; CRUZ, I.; SILVA, R. B.; FOSTER, J. E. Biological control with *Trichogramma pretiosum* increases organic maize productivity by 19.4%. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 3, p. 1175-1183, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0312-3>.

FIGUEIREDO, M. L. C.; DIAS, A. M. P. M.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1693-1698, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006001200002>.

MARTINAZZO, T. N.; PIETROWSKI, V.; CORDEIRO, E. S.; ECKSTEIN, B.; GRISA, S. Liberação de *Trichogramma pretiosum* para controle biológico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1-4, out. 2007.

MEDEIROS, M. A.; VILELA, N. J.; FRANÇA, F. H. Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 180-184, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000200011>.

MELO, E. P. I.; LIMA JUNIOR, I. dos S. de; BERTONCELLO, T. F.; SUEKANE, R.; DEGRANDE, P. E.; FERNANDES, M. G. Desempenho de armadilhas à base de feromônio sexual para o monitoramento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Entomotrópica**, v. 26, n. 1, p. 7-15, 2011.

MIRANDA, J. E. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 24 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 98).

OLIVEIRA, I. R.; ALMEIDA, J. P. S.; MENDES, S. M.; PIMENTEL, M. A. G.; CRUZ, I.; PESSOA, S. T. **Associação dos controles biológico e químico para manejo da lagarta-do-cartucho na cultura do sorgo forrageiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 234).

SILVA, C. L. T.; CORRÊA, F.; PINTO, A. F. de J.; SILVA, F. C.; JESUS, F. J. de. Genótipos de milho resistentes e diferentes estratégias no controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: SEMANA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 14.; JORNADA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL, 5., 2017, Ipameri, GO. **Produção agrícola e florestal: tecnologias e seus desafios: anais**. Ipameri: [s.n.], 2017.

TEODORO, A. V.; SILVA, S. S.; CARVALHO, H. W. L. de; PROCOPIO, S. de O.; VASCONCELOS, J. F.; SANTOS, M. C. dos. **Suscetibilidade de cultivares de milho à lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 165). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145830/1/cot-165.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2023.

VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2001.

#### Literatura recomendada

OLIVEIRA, I. R.; ALMEIDA, J. P. S.; MENDES, S. M.; PIMENTEL, M. A. G.; CRUZ, I.; PESSOA, S. T. **Associação dos controles biológico e químico para manejo da lagarta-do-cartucho na cultura do sorgo forrageiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 234).

ALMEIDA, J. P. S.; RAMOS, N. C. D.; CARRUSCA, B. T.; RODRIGUES, C. A.; FADINI, M. A. M.; OLIVEIRA, I. R. Eficácia da associação dos controles biológico e químico sobre a lagarta-do-cartucho na cultura do sorgo forrageiro. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 15, 2017, Ribeirão Preto, SP. **Anais**. Ribeirão Preto: Unesp, 2017.



## Capítulo 9

# Monitoramento e manejo de plantas daninhas no sistema de integração lavoura-pecuária

Maurilio Fernandes de Oliveira  
Anderson de Oliveira Latini  
Carlos Henrique Lima e Silva  
Ramon Costa Alvarenga



Foto: Maurílio Fernandes de Oliveira

## Introdução

A integração lavoura-pecuária (ILP) envolve consórcio, rotação, sucessão e diversificação no cultivo de pastagens e culturas de grãos ou forragens na mesma área (Balbinot Júnior et al., 2009). A consorciação em ILP pode ocorrer entre diversas culturas, tais como entre a soja (sucessão soja e pastagem em sobressemeadura) ou o milho (consórcio simultâneo ou defasado) com forrageiras do gênero *Urochloa* ou *Megathyrsus*, majoritariamente. Para evitar competição das forrageiras com as culturas no consórcio (Kluthcouski; Yokoyama, 2003) são necessárias adequações nas práticas agrícolas tradicionais dos monocultivos. Um dos fatores que podem comprometer o sistema de ILP é a interferência das plantas daninhas, tanto na competição com as forrageiras quanto com as culturas no consórcio.

As plantas daninhas competem por nutrientes, água, espaço e luz com as culturas e podem ser hospedeiras de pragas e doenças (Christoffoleti; Passini, 1999). Caso o controle das plantas daninhas não seja eficiente, perdas significativas podem ocorrer na produção (Severino et al., 2005). Diante disso, o uso de medidas de controle é essencial, sendo que o controle químico tem sido bastante empregado, por ser eficiente e de rápida execução (Jakelaitis et al., 2005). A eficácia dos herbicidas irá depender das condições ambientais, das culturas implantadas, da época de aplicação e da espécie a ser controlada (Merotto Júnior et al., 1997).

Em alguns casos, as espécies forrageiras em consórcio podem interferir no desenvolvimento da cultura de grãos. Entretanto, algumas técnicas agrícolas podem ser utilizadas visando reduzir a competição entre a forrageira e a cultura, tais como semeadura da forrageira na entrelinha, em maior profundidade, ou posteriormente à semeadura da cultura, além da aplicação de subdoses de graminicidas (Oliveira et al., 2008). Desse modo, além da aplicação de herbicidas latifolicidas para eliminar as plantas daninhas, pode haver necessidade de uso de subdoses de graminicidas. Dentre os herbicidas indicados para esse sistema, têm-se destacado o atrazine e algumas sulfonilureias, como o nicosulfuron e a mistura pronta de foramsulfuron e iodosulfuron methyl sodium em baixas dosagens (Jakelaitis et al., 2005). Mais recentemente, tem sido feito uso de tembotrione e mesotrione (Martins, 2017).

O monitoramento de populações de plantas daninhas ao longo dos anos agrícolas permite compreender como o manejo afeta a dinâmica da comunidade dessas plantas no sistema, e, conseqüentemente, permite recomendações de controles mais eficientes. Avaliando-se diferentes sistemas de manejo, conduzidos por 16 anos, observou-se que a presença das plantas daninhas foi 87% superior no sistema convencional em relação à média dos demais tratamentos (ILP, plantio direto e pastagem permanente) (Concenço et al., 2011a). Além disso, a presença da pastagem permanente na área fez com que houvesse apenas 30% do nível de infestação verificada nas demais áreas, em média. A manutenção da pastagem na área por 16 anos promoveu adequado nível de controle para grande parte das plantas daninhas por causa da falta de luz após a germinação. Além disso, o efeito supressivo da pastagem sobre o banco de sementes em uma área experimental de longa duração na Embrapa, na região de Planaltina, DF, foi descrito por Ikeda et al. (2007). Os autores constataram reduções significativas nos bancos de sementes de plantas daninhas em sistema ILP em comparação ao sistema de lavoura contínua. Por esse motivo, o consumo de herbicidas em área ILP pode ser reduzido após anos de cultivo.

Compreender a dinâmica da comunidade infestante em diferentes sistemas de produção, ao longo do tempo, é prática importante para se estabelecer estratégias de controle adequadas às diferentes realidades. O monitoramento da comunidade infestante, em áreas rotacionadas com diferentes combinações de sistema ILP, foi realizado por três anos no município de Sete Lagoas, Minas Gerais.

### Material e métodos

O monitoramento de plantas daninhas foi conduzido no período 2015 a 2017 no sistema ILP, e as informações adicionais podem ser encontrados em Alvarenga et al. (2007, 2015, 2019). Além disso, foram utilizados resultados de estudos anteriores nessa área experimental em 2006, realizados por Gama et al. (2007), para comparações temporais. O momento de manejo com os herbicidas e os produtos e as doses utilizados são representados nas Tabelas 9.1 e 9.2, respectivamente.

**Tabela 9.1.** Rotação das culturas e épocas de aplicação dos herbicidas nas glebas nos anos de 2015 a 2017.

Ano/Gleba	Mês			
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
2015	Pasto mombaça			
				Soja RR
				Feijão
2016				
	Pasto mombaça			
2017				
	Pasto mombaça			



**Tabela 9.2.** Produtos, dosagem e datas de aplicação nas glebas por ano.

Ano	Gleba	Data	Produto	Dosagem por hectare
2015	2	5/11/2015	Glifosato	2,5 kg
		4/12/2015	Glifosato	2,5 kg
		6/1/2016	Glifosato	2,5 kg
	3	30/10/2015	Glifosato	2,5 kg
		2/12/2015	Glifosato	2,5 kg
		2/12/2015	Carfentrazone	0,05 L
		28/12/2015	Atrazina	3,5 L
	4	3/11/2015	Glifosato	2,5 kg
28/12/2015		Atrazina	3,5 L	
2016	1	9/11/2016	Glifosato	3,0 kg
		19/12/2016	Glifosato	2,5 kg
		9/1/2017	Glifosato	2,0 kg
	2	11/11/2016	Glifosato	3,0 kg
		11/11/2016	2,4D	0,8 L
		21/12/2016	Atrazina	3,5 L
	3	11/11/2016	Glifosato	3,0 kg
		5/12/2016	Atrazina	3,5 L
2017	1	7/11/2017	Glifosato	2,0 kg
		7/11/2017	2,4 D	1,0 L
		13/12/2017	Atrazina	4,0 L
	2	6/11/2017	Glifosato	2,0 kg
		12/11/2018	Paraquat	1,0 L
		22/11/2017	Atrazina	4,0 L
	4	6/11/2017	Glifosato	2,0 kg
		28/12/2017	Glifosato	2,5 kg
		9/1/2018	Glifosato	2,0 kg

Pela produção de palhada ser planejada em todos os piquetes, inclusive na soja, tentou-se implantar pastagem por sobressemeio em R3-R5 nessa cultura, inicialmente. No entanto, em razão do clima seco, a pastagem não se estabeleceu no ano de 2005 e nos anos seguintes até a safra 2010.

O consumo da pastagem ocorre por animais anualmente adquiridos no peso de aproximadamente seis arrobas. A entrada dos animais no sistema ILP ocorre em junho ou julho de cada ano, e eles permanecem em pastejo de forma

rotacionada nas glebas. Na primavera-verão (outubro a abril), eles ficam na gleba de pastagem que é subdividida em cinco subglebas de 1,25 ha. Na estação seca do ano (outono-inverno) todas as glebas são pastagens utilizadas pelos animais. Quando completam um ano no sistema, e com peso aproximado de 12,5 arrobas (380 kg de peso vivo), eles são terminados em confinamento. Imediatamente após a saída dos animais das pastagens, novo lote de bezerros entra no sistema.

O manejo dos bovinos nas pastagens se dá de maneira rotacionada, sendo que a entrada e a retirada dos animais da pastagem atendem à recomendação de altura de pastejo máximo e mínimo para a forrageira. A altura de entrada para pastejo na braquiária e no mombaça é de 50 cm e 80 cm, respectivamente. A altura de saída na braquiária e no mombaça é de 25 cm e de 45 cm, respectivamente.

As amostragens de plantas daninhas foram realizadas: a) na entressafra; b) após a semeadura das culturas e antes da aplicação dos herbicidas de manejo nas culturas; e c) na pré-colheita ou imediatamente após a colheita nos anos de 2015 a 2017. O sistema de avaliação de plantas daninha compreendeu a amostragem aleatória em 10 pontos por gleba por meio do método do quadrado inventariante (de 1 m<sup>2</sup>). Somente no ano de 2015, a amostragem foi realizada com 30 pontos por gleba utilizando quadrado de 50 cm de lado (0,25 m<sup>2</sup>). As plantas daninhas presentes no quadrado foram coletadas, identificadas, separadas e contadas por espécie e a sua massa da matéria seca foi registrada pelo método de secagem em estufa a 65 °C até atingir o peso constante.

As populações de plantas daninhas nas mesmas áreas descritas por Gama et al. (2007) foram utilizadas para descrever as modificações nas populações em função dos anos de plantio e do manejo em cada sistema.

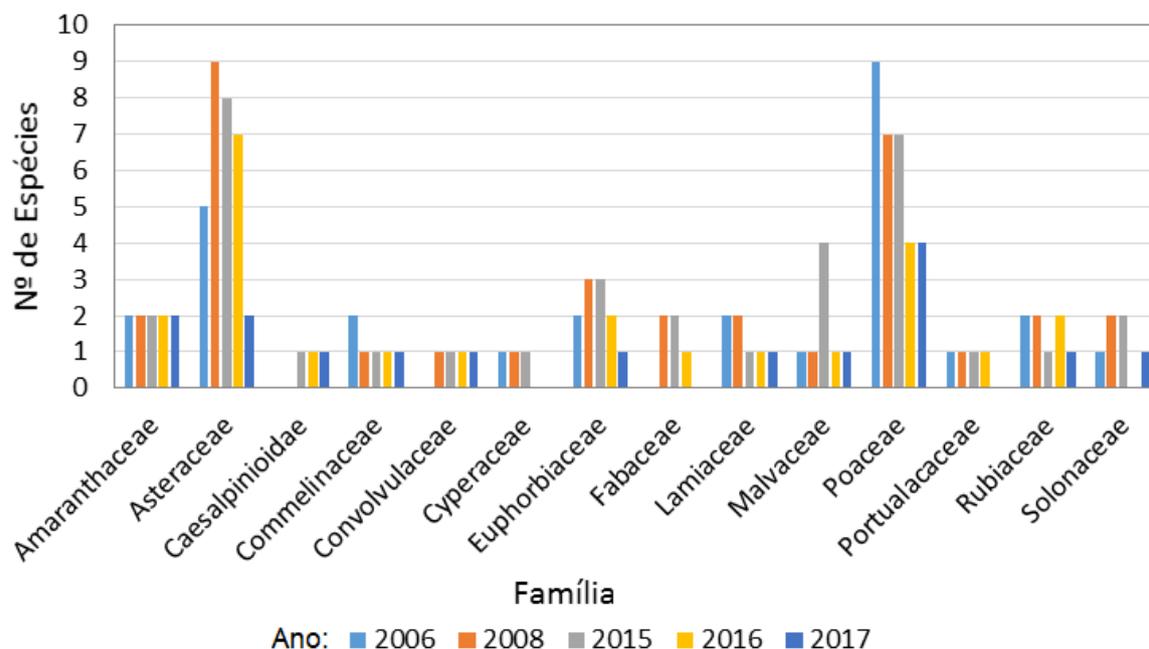
De modo complementar, foram usadas duas Análises de Componentes Principais (ACPs) para o reconhecimento de padrões (Krebs, 1999) gerais ligados às comunidades de plantas daninhas de cada gleba. Uma ACP foi desenvolvida com os dados de abundância em número e outra ACP com os dados de abundância em biomassa para cada espécie. As ACP estabeleceram conjuntos de eixos (autovetores de uma matriz de semelhanças) que detiveram a variância total do modelo, permitindo a representação e a interpretação a partir de duas dimensões sem perda das informações contidas em multidimensões (Ludwig; Reynolds, 1988). Como resultados, foram obtidas associações que ilustraram o

perfil geral de arranjo entre as diferentes espécies de daninhas dentro do sistema.

Pelo não atendimento de pressupostos para uso de estatística paramétrica, para comparar o número e a biomassa de plantas daninhas entre as diferentes glebas, foi utilizada a estatística de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância. Nesses testes, as glebas foram consideradas como variável independente, e a abundância das espécies dominantes em número e em biomassa, como as variáveis dependentes. Para as análises, foi usado o software Statistica 13.3, licenciado para o segundo autor (JPZ804I376009FA-9).

### Resultados e discussão

As famílias com o maior número de espécies entre as 14 famílias encontradas na área experimental foram Asteraceae e Poaceae (Figura 9.1). Essas duas famílias possuíram grande número de espécies nos anos de 2006 e 2008 (Gama et al., 2007) e no período de 2015 a 2017. Num estudo fitossociológico, realizado por Tavares et al. (2013), os autores descreveram 24 espécies de plantas daninhas, sendo que os maiores números de espécies encontradas foram das famílias Asteraceae e Poaceae. Esses autores descrevem que essas famílias são as principais frequentemente encontradas em diferentes culturas no Brasil.



**Figura 9.1.** Número de espécies por família, encontradas nos anos de 2006 e 2008, e no período de 2015 a 2017.

Fonte: Oliveira et al. (2018).

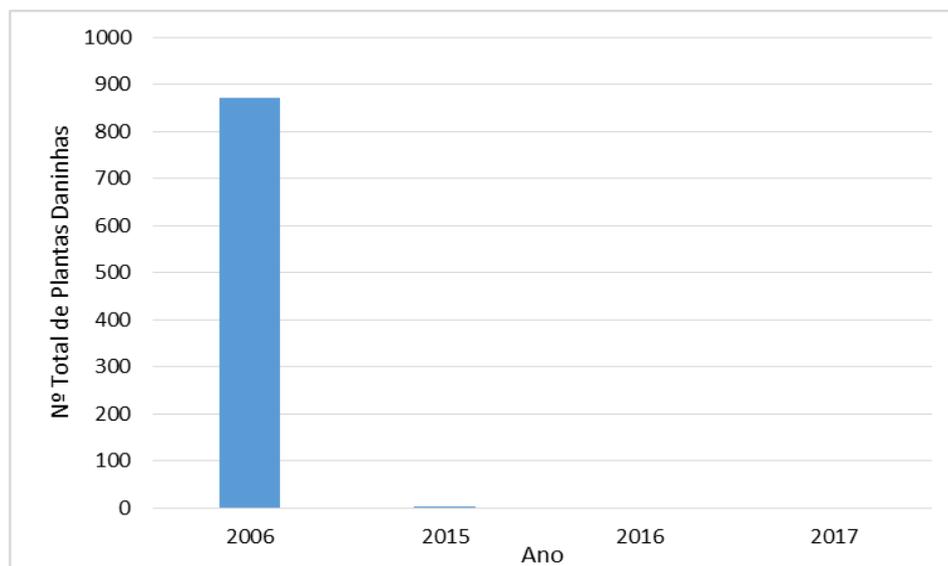
A família Asteraceae caracteriza-se pela fácil adaptação a locais desbravados e pela produção de grande número de sementes, em que uma única planta chega a produzir de 3 a 6 mil sementes, que são facilmente dispersas pelo vento e, também, apresentam mecanismos de dormência, em que elas podem germinar após 3 anos a 5 anos (Lorenzi, 1990). A adaptação das plantas dessa família foi beneficiada porque o manejo do solo não apresentou revolvimento nos sistemas de cultivo. Em razão disso, as sementes permaneceram entre a superfície do solo e a palhada, protegidas, com facilidade para a germinação na entressafra. Sementes de plantas dessa família caracterizam-se por capacidade de sobrevivência em ambientes secos e com alta temperatura, típicos de períodos de entressafra no Cerrado.

As plantas daninhas da família Poaceae possuem alta capacidade competitiva por espaço, luz e nutrientes com outras plantas. Alguns fatores influenciam no sucesso da dispersão e adaptação dessas plantas, como a pouca exigência nutricional, a alta taxa intrínseca de crescimento, a alta produção de sementes leves e pequenas, além da fácil ambientação em locais de estresse (Carvalho; Jacobson, 2005).

Observa-se, na Figura 9.1, que o número de famílias foi praticamente constante durante os anos estudados. Da mesma maneira, não se observou grande variação no número de espécies por família, mesmo nas famílias com maior número de indivíduos. Esperava-se uma variação maior no número de famílias de plantas daninhas num sistema de produção após sucessivos anos de manejo.

Em estudos anteriores nessa área experimental, em 2006, Gama et al. (2007) descrevem as seguintes espécies da família Asteraceae na área de soja: *Ageratum conyzoides* L. (mentrasto), *Blainvillea dichotoma* (Murray Stewart) (erva-palha) e *Tridax procumbens* L. (erva-de-touro), num total de 17 plantas. A espécie erva-palha apresentou maior frequência, e 13 indivíduos. Na parcela de milho, encontrou-se uma espécie de planta daninha da família Asteraceae, o *Bidens pilosa* L. (picão-preto). A família Poaceae, nessa parcela, em 2006, apresentou 159 indivíduos, sendo que a braquiária e o capim-colonião apresentaram o maior número, com 63 e 49 indivíduos, respectivamente. Ressalta-se que a *Brachiaria brizantha* 'Piatã' foi semeada junto ao milho. Na parcela de soja, o total de indivíduos da família Poaceae foi de 130, com destaque

para o *Urochloa plantaginea* (Link) R. D. Welster (capim-marmelada) e o *Panicum* spp. (capim-colonião), com 75 e 30, respectivamente. Ainda nessa amostragem, em 2006, a tiririca (*Cyperus esculentus* L.) foi a espécie com o maior número de indivíduos nessas duas áreas (Figura 9.2), mas apresentou somente um indivíduo em 2015 e não foi encontrada nas amostragens seguintes de 2016 a 2017.

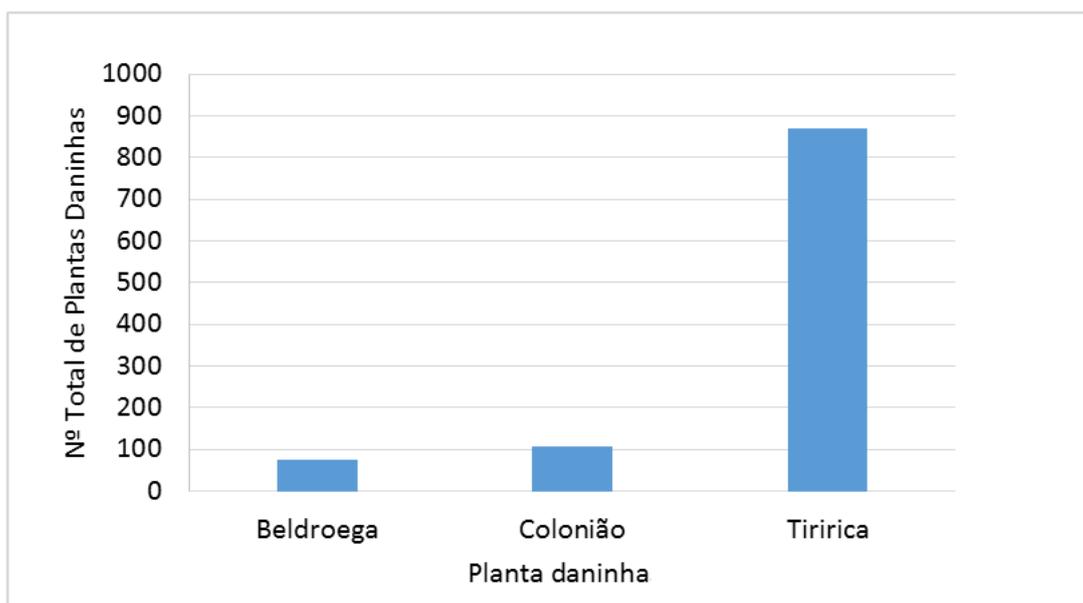


**Figura 9.2.** Número de plantas daninhas de tiririca amostradas nos anos de 2006 (em 21,50 m<sup>2</sup>), 2015, 2016 e 2017 (em 20 m<sup>2</sup>).

Fonte: Oliveira et al. (2018).

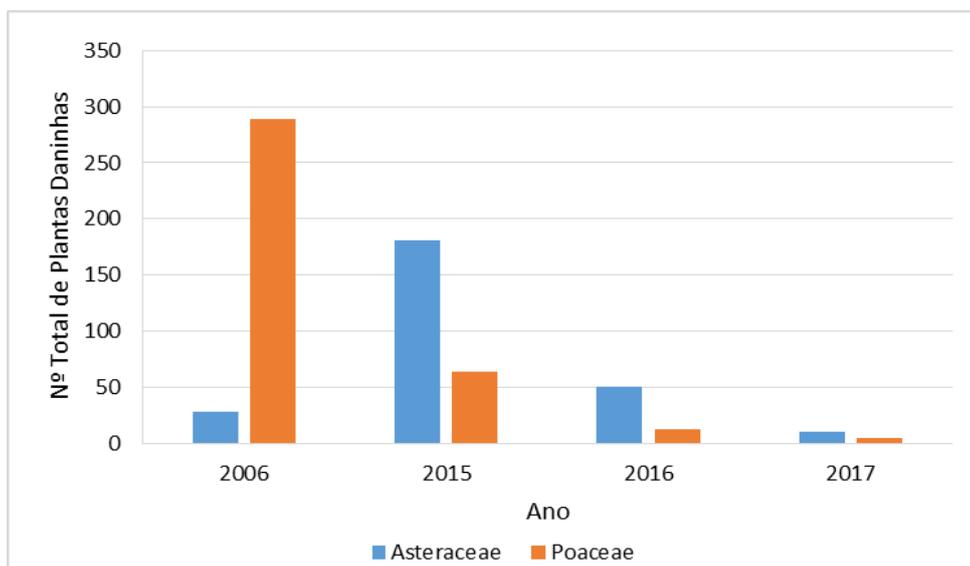
Gama et al. (2007) ainda descrevem que no ano de 2006, nessas duas áreas amostradas, após a tiririca com maior população, o colonião e a *Portulaca oleracea* L. (beldroega) foram as espécies mais encontradas no milho e na soja, respectivamente. Os dados descritos por estes autores demonstram que, do total de plantas daninhas em 2006 (1.425 indivíduos), a tiririca representou 61% da população, enquanto o colonião e a beldroega foram 8% e 5%, respectivamente (Figura 9.3).

A população de Asteraceae cresceu nove vezes no período de 2006 para 2015, e daí decaiu acentuadamente até 2017. Neste mesmo período, a população de Poaceae decresceu três vezes (Figura 9.4). Gama et al. (2007) apontaram as quatro espécies de maior frequência da família Asteraceae: *Ageratum conyzoides* L., *Bidens pilosa* L. *Blainvillea romboidea* Cass, *Tridax procumbens* L., e as três espécies de Poaceae: *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus* L. (capim carrapicho), *Panicum maximum* Jacq. Nas avaliações de 2015 a 2017, foram nove as espécies da família Asteraceae.



**Figura 9.3.** Número total de plantas daninhas (em 21,50 m<sup>2</sup>) com maior número dentre as espécies amostradas no ano de 2006.

Fonte: Oliveira et al. (2018).



**Figura 9.4.** Número total de plantas daninhas (em 40 m<sup>2</sup>) das famílias Asteraceae e Poaceae amostradas nos anos de 2015, 2016 e 2017; e no ano de 2006.

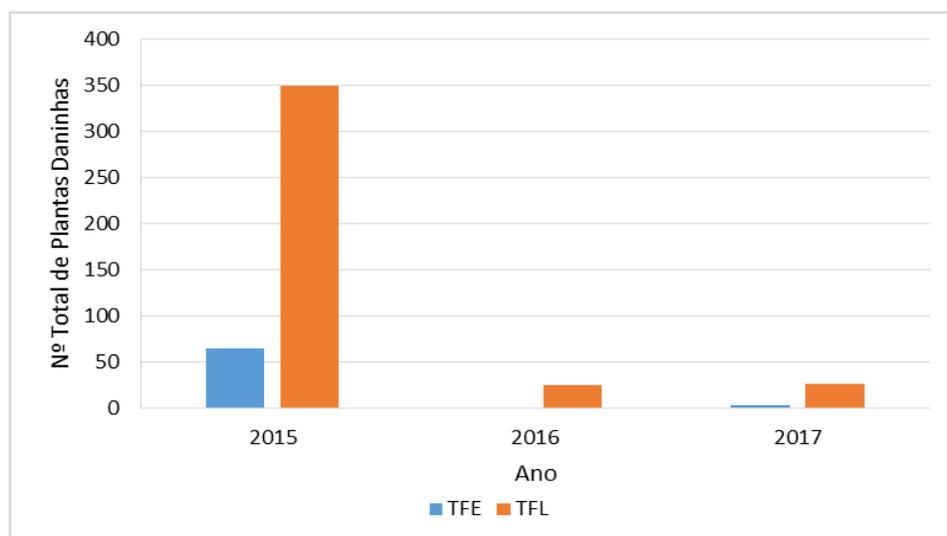
Fonte: Oliveira et al. (2018).

Mesmo que os sistemas de produção apresentem condições mais favoráveis às plantas das famílias Asteraceae e Poaceae (Figura 9.1), observa-se a redução no número de plantas daninhas de ambas as famílias no período de 2015 a 2017

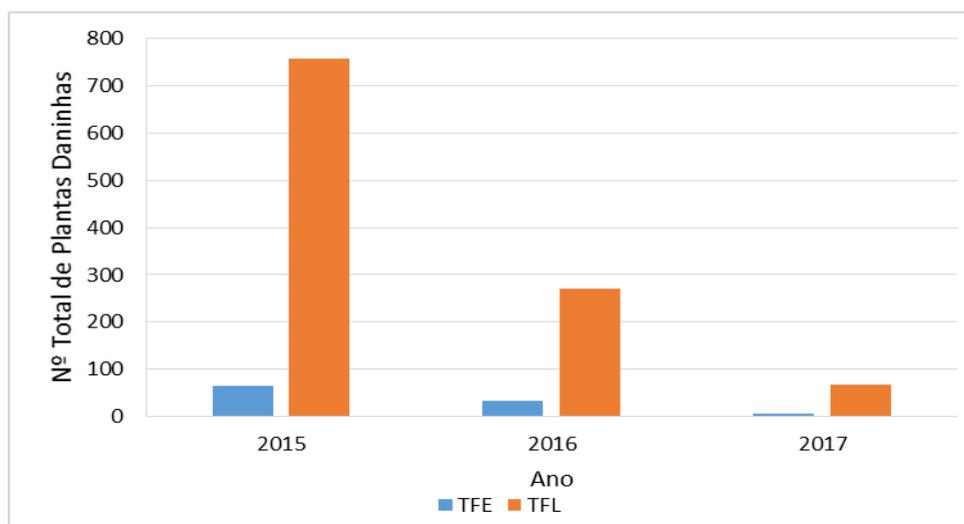
(Figura 9.4). Isso demonstra a efetividade do sistema de manejo adotado com adição da palhada na supressão das espécies de plantas daninhas.

No período de entressafra na parcela de soja/feijão, o número de plantas daninhas em 2016 reduziu acentuadamente após o cultivo do feijoeiro (2016) em comparação aos anos em que a soja foi a espécie cultivada (Figura 9.5). O número de espécies na soja em 2015 foi de 34 enquanto em 2016 esse número no feijoeiro foi reduzido para 17 espécies. Observando-se os dados das Figuras 9.5 e 9.6, percebe-se que o cultivo de feijão em 2016 promoveu baixa contribuição para o número total de plantas daninhas de folhas largas (TFL) e nenhuma contribuição para o número total de plantas daninhas de folhas estreitas (TFE) (Figura 9.6). Por outro lado, em 2015, a parcela da soja contribuiu com aproximadamente 50% da população total de folhas largas. As populações de plantas daninhas decresceram de 2015 para 2017 (Figura 9.6). A permanência de pastagem anualmente em três glebas impedindo a emergência e o estabelecimento de plântulas justifica a redução das populações, similarmente como observado por Concenço et al. (2011b). Esses autores atribuíram à braquiária o estado de quiescência (germinariam imediatamente se o ambiente estivesse favorável) ou dormência (não germinariam imediatamente se o ambiente se tornasse favorável) das sementes do banco de sementes numa área mantida com pastagem permanente por 16 anos.

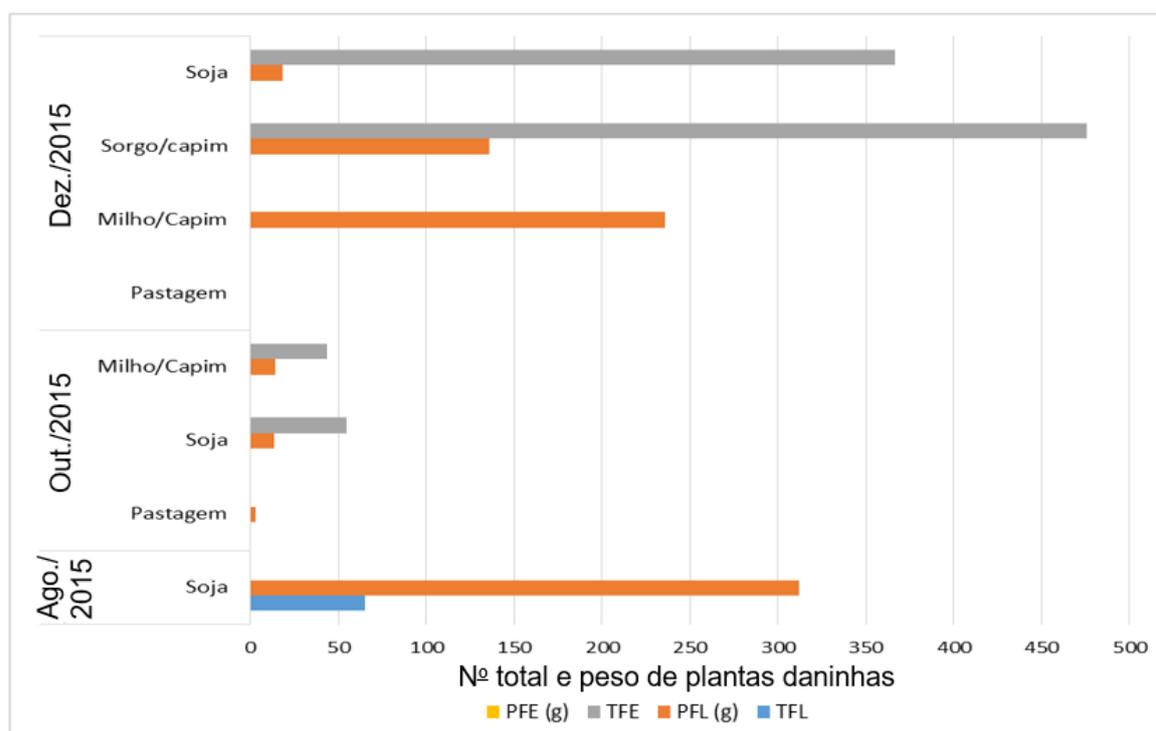
No ano de 2015, as folhas largas foram predominantes em todas as glebas e em todas as épocas. A gleba de pastagem não apresentou plantas daninhas (Figura 9.7), mostrando o potencial de pastagens bem manejadas em controlar o crescimento de plantas daninhas. Somente na parcela de soja foram encontradas algumas espécies de folhas estreitas (FE) na amostragem de entressafra. As glebas com milho e sorgo apresentaram maior número de folhas largas (FL). Porém a parcela com soja apresentou alto valor de biomassa mesmo com número menor de plantas (Figura 9.7).



**Figura 9.5.** Número total de plantas daninhas (em 40 m<sup>2</sup>) de folhas estreitas (TFE) e de folhas largas (TFL) amostradas na soja na entressafra (agosto de 2015 e abril de 2017, e na cultura do feijão, em agosto de 2016).  
Fonte: Oliveira et al. (2018).



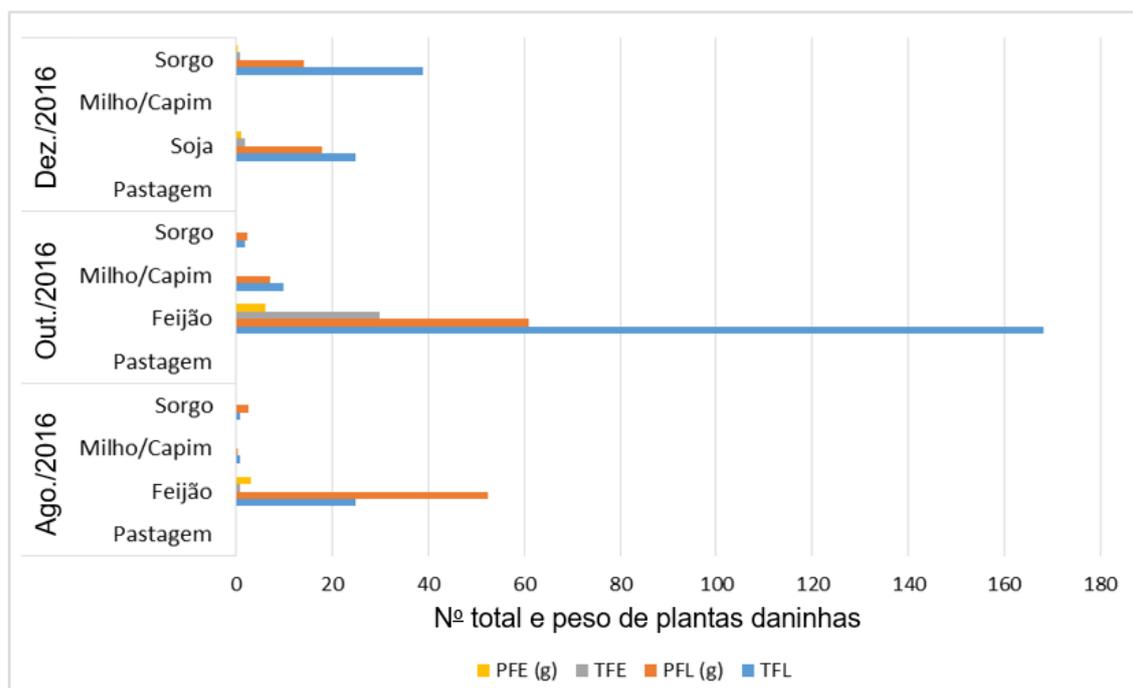
**Figura 9.6.** Número total de plantas daninhas (em 40 m<sup>2</sup>) de folhas estreitas (TFE) e de folhas largas (TFL), amostradas nos anos de 2015, 2016 e 2017.  
Fonte: Oliveira et al. (2018).



**Figura 9.7.** Número total de plantas daninhas (em 7,5 m<sup>2</sup>) de folhas estreitas (TFE) e de folhas largas (FL) e peso de plantas daninhas de folhas largas (PFL) amostradas no ano de 2015.

Fonte: Oliveira et al. (2018).

No ano de 2016, os números de plantas daninhas por glebas nas diferentes épocas foram menores, em geral (Figura 9.8), que os encontrados no ano anterior. A parcela com pastagem não apresentou plantas daninhas. As parcelas que receberam feijão apresentaram folha estreita (FE), porém em menor número em relação às folhas largas (FL). Considerando a baixa contribuição da parcela de soja/feijão para o número total de plantas daninhas em 2016, este elevado número deveu-se às populações dos outros sistemas de cultivo amostradas em todas as épocas. Nesse ano, ocorreu a redução do número de plantas daninhas em outubro, especificamente nas parcelas de milho e sorgo (Figura 9.8).



**Figura 9.8.** Número total de plantas daninhas (em 10 m<sup>2</sup>) de folhas estreitas (TFE) e folhas largas (TFL) e peso de plantas daninhas de folhas largas (PFL) e folhas estreitas (PFE) amostradas no ano de 2016.

Fonte: Oliveira et al. (2018).

A baixa população de plantas daninhas na pastagem em todas as épocas nos anos de 2015 e 2016 deve-se à boa formação, manutenção e manejo das glebas. A entrada e a retirada dos animais na altura de pastejo recomendada para as forrageiras permite cobertura do solo constante, reduzindo a germinação das plantas daninhas. O cultivo consorciado do milho e sorgo com a forrageira e o uso de herbicidas para o manejo de plantas daninhas nesses sistemas promoveram populações de plantas daninhas em número baixo, porém variável entre as épocas.

No ano de 2016, o consórcio milho-braquiária apresentou similar ou menor densidade de plantas daninhas do que sorgo-braquiária (Figura 9.8). Em ambos os sistemas, o herbicida aplicado foi a atrazina, e a época de aplicação foi dentro do recomendado pelo fabricante para as culturas. Por isso, o comportamento diferenciado no controle de plantas daninhas pode ser atribuído ao maior espaçamento adotado para o semeio do sorgo (0,7 m) do que para o do milho (0,5 m).

O sorgo possui porte mais baixo e menor velocidade de crescimento, tomando mais tempo para proporcionar o fechamento da entrelinha. Esses fatos favorecem a germinação e o crescimento inicial das plantas daninhas.

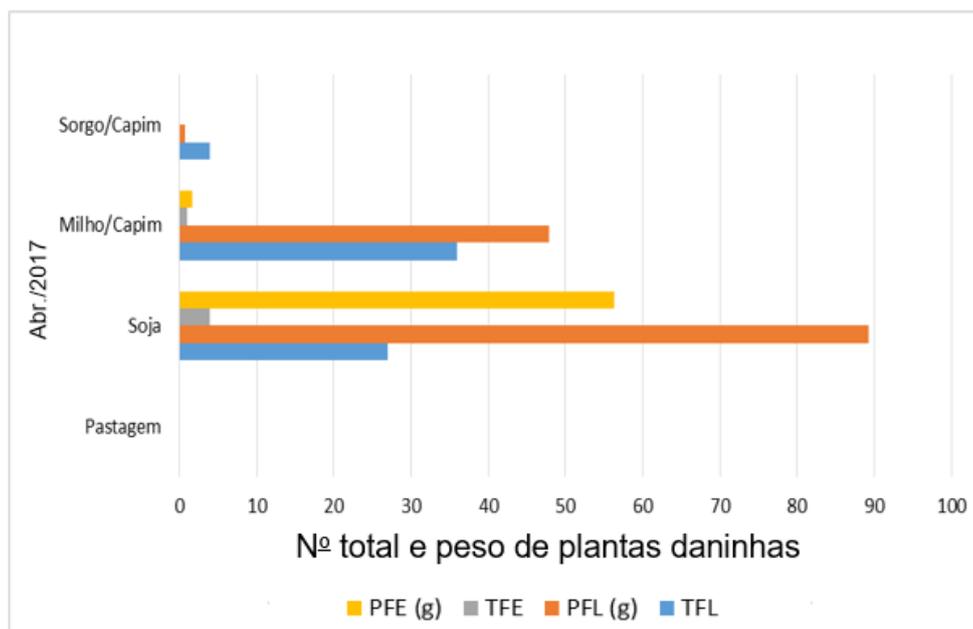
Nesse ano, nas parcelas de feijão na entressafra e pela ausência de pastagem, conseqüentemente com a área de solo exposta, observaram-se as maiores populações de plantas daninhas de folhas largas. A amostragem em outubro mostrou aumento nas populações de plantas daninhas em todos os sistemas, sendo maior no sistema que recebeu feijão (Figura 9.8).

A palhada exerce importante papel de supressão de plantas daninhas, por meio da barreira física, dificultando ou inibindo o crescimento de espécies que possuem pouca reserva nutritiva; inibindo ou reduzindo a germinação de espécies que possuem sementes fotoblásticas positivas; servindo de barreira química através da liberação de compostos alelopáticos; e por meio do aumento da macro e microfauna do solo, que podem se alimentar das sementes das espécies daninhas. A precipitação ocorrida em setembro favoreceu a germinação das plantas daninhas.

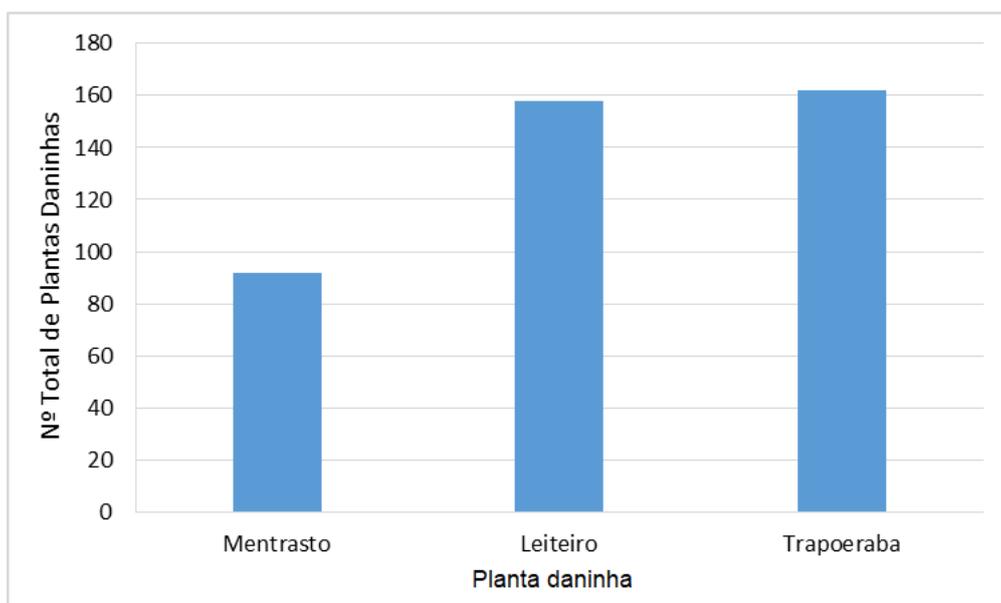
Entretanto, na parcela de soja, a trapoeraba correspondeu a mais de 50% da população de plantas daninhas de folhas largas, indicando que o controle dessa espécie pelo glifosato não foi eficiente. Importante salientar que a trapoeraba é uma espécie sabidamente tolerante a esse herbicida. Na Figura 9.9, as parcelas de soja e milho apresentaram populações de plantas daninhas, tanto de folhas largas quanto de folhas estreitas, maiores para as folhas largas. Deve-se ressaltar que na amostragem de dezembro de 2016 (Figura 9.8) as populações de plantas daninhas no milho foram nulas, e na soja também foram baixas. Mesmo com aplicação do herbicida de manejo nas culturas, observam-se populações na pré-colheita (Figura 9.9). A gleba pastagem não apresentou plantas daninhas em nenhuma época de amostragem.

Em 2015, do total de plantas daninhas em todas as glebas (824 indivíduos), as três espécies com maior número de indivíduos foram a trapoeraba, que apresentou 19,6%, o leiteiro, com 19,1%, e o mentrasto, com 11,16% (Figura 9.10).

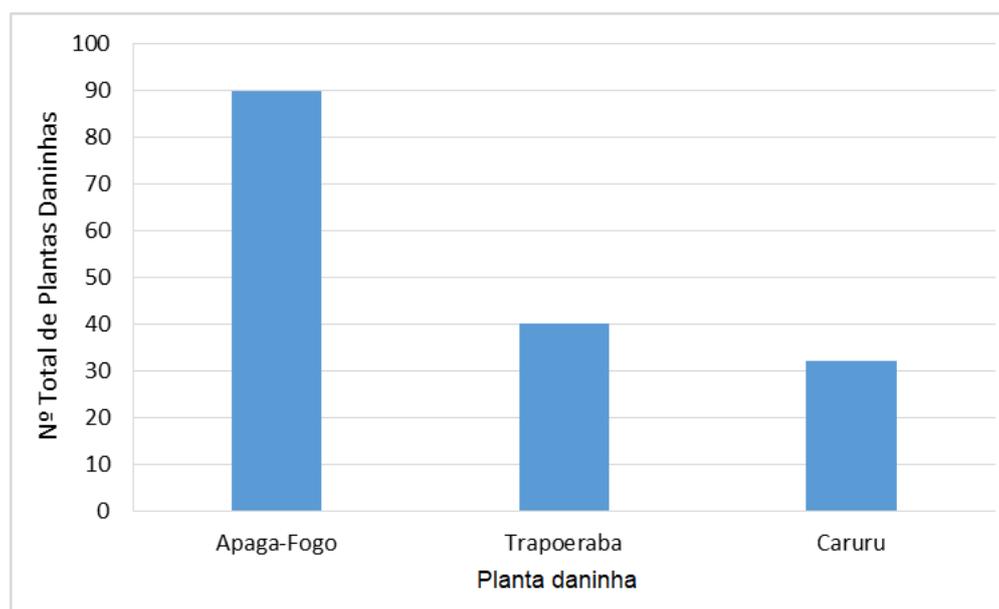
Todavia, do total de plantas daninhas em todas as glebas em 2016 (305 indivíduos), o apaga-fogo representou 29%, a trapoeraba, 13% e o caruru teve 10,5% (Figura 9.11).



**Figura 9.9.** Número total de plantas daninhas (em 10 m<sup>2</sup>) de folhas estreitas (TFE) e folhas largas (TFL) e peso de plantas daninhas de folhas largas (PFL) e folhas estreitas (PFE) amostradas no ano de 2017.  
 Fonte: Oliveira et al. (2018).



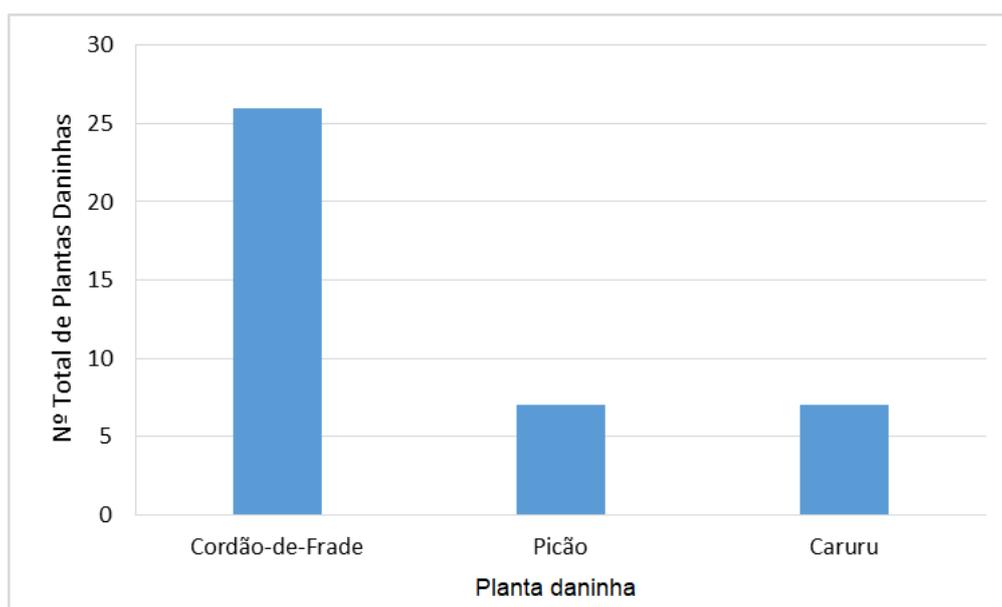
**Figura 9.10.** Espécies de plantas daninhas (em 40 m<sup>2</sup>) com maior número de indivíduos dentre as amostragens no ano de 2015.  
 Fonte: Oliveira et al. (2018).



**Figura 9.11.** Espécies de plantas daninhas (em 40 m<sup>2</sup>) com maior número de indivíduos dentre as amostragens no ano de 2016.

Fonte: Oliveira et al. (2018).

A população de trapoeraba reduziu em 2016, porém esteve presente como importante espécie. No ano de 2017 (Figura 9.12), essa espécie não esteve entre as três espécies principais presentes nas glebas. No entanto, a população presente indica que a espécie tem sido favorecida pelo manejo adotado.



**Figura 9.12.** Espécies de plantas daninhas (em 40 m<sup>2</sup>) com maior número de indivíduos nas amostragens no ano de 2017.

Fonte: Oliveira et al. (2018).

Em 2017, o total de plantas daninhas decaiu e foi de 73 indivíduos, sendo o cordão-de-frade a principal espécie, com 36% do total; o picão e o caruru representaram 10% cada um. Importante ressaltar que as três espécies com o maior número de indivíduos nos três anos de avaliação foram as de folhas largas. A variabilidade das espécies presentes na área pode ser atribuída aos fatores relacionados ao manejo, às condições climáticas e, possivelmente, ao baixo banco de sementes.

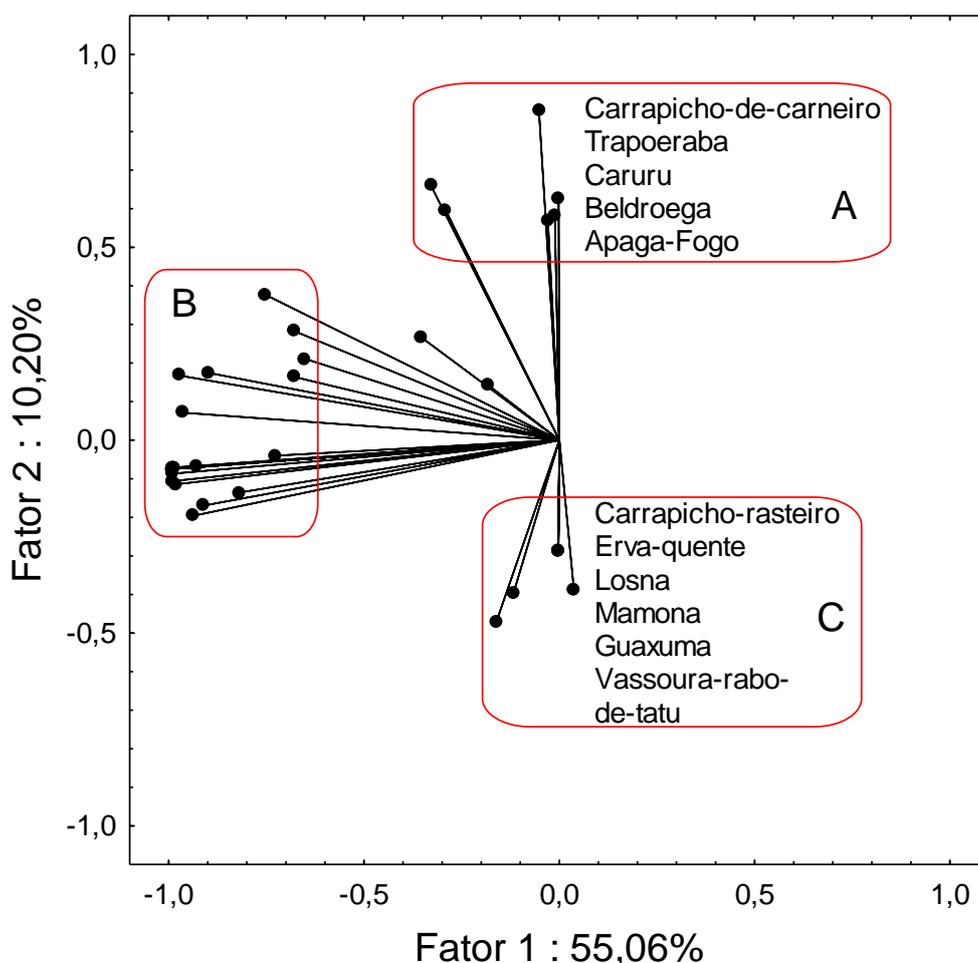
No decorrer de tempo, com o sistema ILP, as práticas de manejo na área foram efetivas para o controle da tiririca. Entre as práticas de manejo para justificar a alteração e redução das populações de plantas daninhas, enumeram-se: o não revolvimento do solo; a adoção do sistema de plantio direto; a dessecação da área com glifosato para o plantio; a utilização de plantios consorciados com forrageiras; a adoção da recomendação de altura da forrageira para a entrada e saída dos animais, promovendo cobertura permanente do solo, incluindo na entressafra; a adoção de sistema de rotação e sucessão de culturas nas glebas; e a formação e manutenção de camada de palhada sobre o solo. A dormência, tanto a inerente quanto a induzida por fatores externos, como a decorrente do manejo adotado, pode explicar a manutenção da população de algumas espécies e ausência de outras que eram encontradas em 2006 a 2008, a exemplo da tiririca.

Numa mesma área, a composição da comunidade infestante é alterada em decorrência do sistema de cultivo e da cultura. O sistema ILP reduziu a ocorrência de plantas daninhas ao longo do tempo. O número total de plantas daninhas nas áreas manejadas com ILP caiu 95% em 11 anos (de 2006 para 2017). A população de tiririca desapareceu da área no mesmo período. As populações de gramíneas e folhas largas decresceram acentuadamente de 2015 para 2017. A inclusão do sistema pastagem na rotação e do seu consórcio com o milho ou sorgo viabiliza a formação e o pasto de entressafra e palhada efetiva, reduzindo o aparecimento de plantas daninhas no sistema.

Considerando a ACP, por sua vez, realizada com a abundância em número de plantas daninhas nas glebas em diferentes épocas de amostragem, a Figura 9.13 descreve 65,26% da variação que explica a abundância dessas espécies na gleba. A análise ilustra agrupamentos de espécies (A, B, C) independentemente do sistema de rotação e da época de amostragem. Tais agrupamentos são

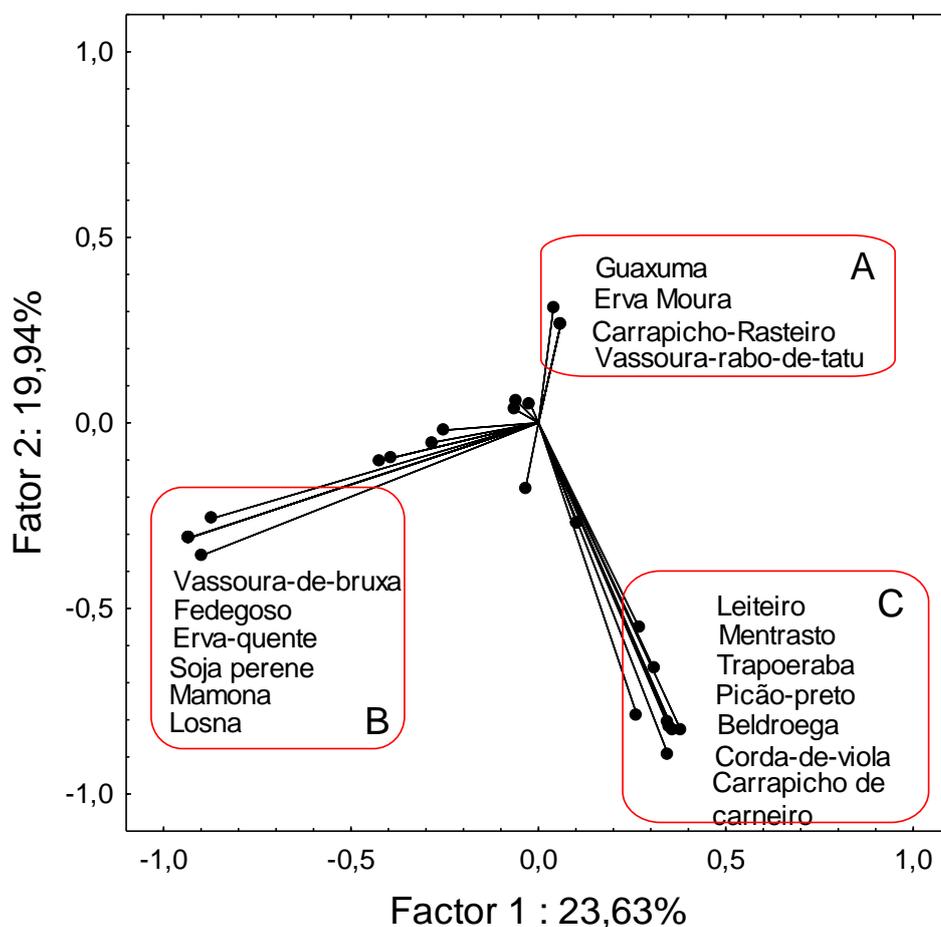
indícios de que a prática adotada nas glebas nos últimos anos tem ocasionado tal segregação de grupos e tais agrupamentos de espécies dentro dos grupos, com algumas daninhas se associando positivamente, mas com agrupamentos se associando negativamente. Assim, quaisquer dos agrupamentos são favorecidos em circunstâncias que prejudicam os outros dois grupos.

O agrupamento B apresenta um grande número de espécies com baixo número de indivíduos, e outros dois agrupamentos, A e C, têm menos espécies, mas a maioria delas com elevado número de indivíduos. As espécies caruru, beldroega e trapoeraba, do agrupamento A, caracterizam-se por demandas similares quanto às características do solo e de disponibilidade de água para completar o ciclo. Contrariamente, as espécies erva-quente, guaxuma, losna, vassoura-rabo-de-tatu, do agrupamento C, estão associadas negativamente às do agrupamento A.



**Figura 9.13.** Análise de componentes principais (ACP) realizada com a abundância do número de plantas daninhas nas áreas de integração lavoura-pecuária, nos anos 2015 e 2016.

A ACP desenvolvida com os dados de biomassa das espécies de plantas daninhas (Figura 9.14) descreve 43,57% do comportamento das espécies na área. Observa-se que as espécies se encontram, novamente, em três agrupamentos distintos, independentemente do sistema de cultivo. Os agrupamentos mostram-se independentes e comportam-se antagonicamente, assim como na ACP, utilizando dados de número ao invés de biomassa (este caso).



**Figura 9.14.** Análise de componentes principais (ACP) desenvolvida com a abundância em biomassa de plantas daninhas em áreas de integração lavoura-pecuária nos anos 2015 e 2016.

Para as plantas daninhas dominantes no período de 2015 a 2017, apenas trapoeraba teve abundância em número diferente em algumas das glebas (Tabela 9.3; Figura 9.15). Quando foi considerada a abundância em biomassa, neste caso, nenhuma espécie de daninha apresentou diferença de abundância em

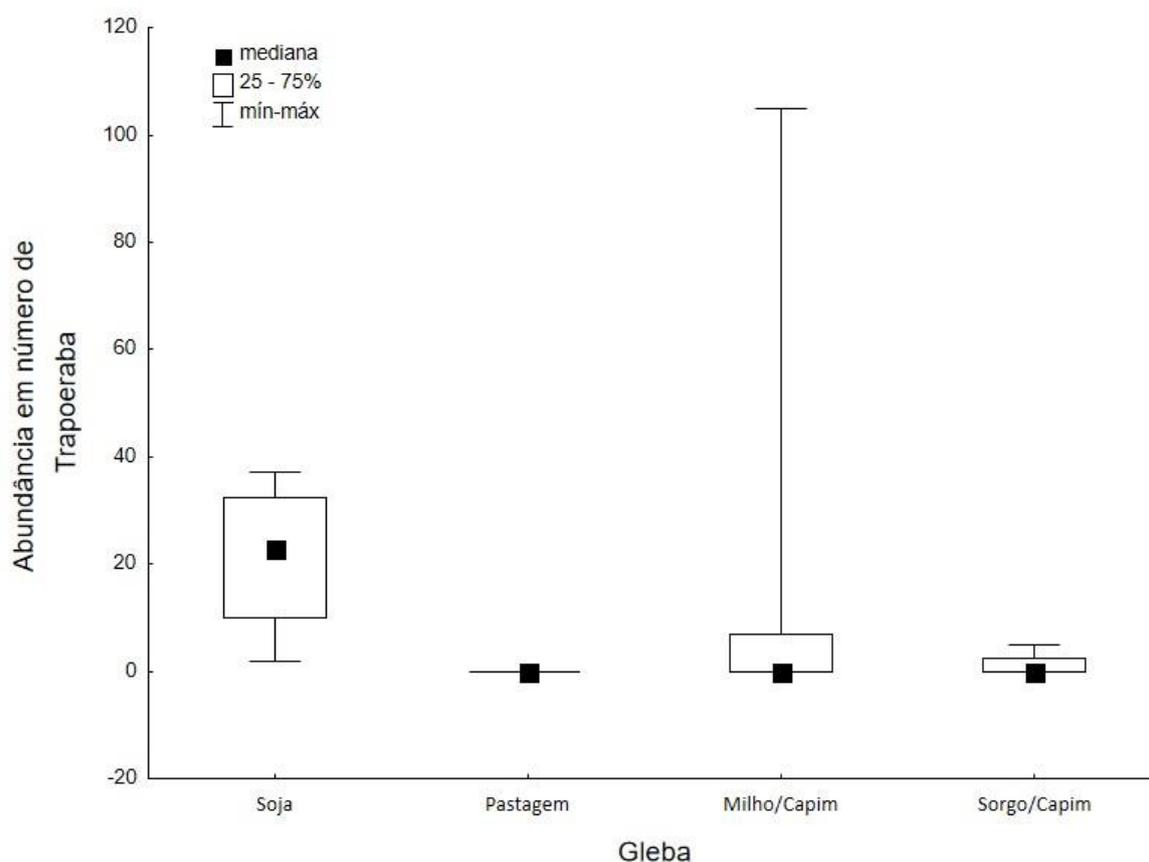
alguma gleba. É comum encontrar altas populações de trapoeraba em áreas de plantio direto com formação de palhada. Em razão de as espécies mais abundantes serem dicotiledôneas, adicionalmente, elas em geral não apresentam diferenças em abundância entre as glebas. Isto ilustra que o histórico de manejo das glebas vem prejudicando as plantas daninhas de folha estreita. Por outro lado, esse manejo permite a manutenção de uma população de plantas daninhas de folhas largas nas glebas, mas sem diferenças expressivas de seu sucesso em diferentes glebas em um mesmo ano.

A abundância da trapoeraba na parcela de soja deve-se à menor eficiência de controle da espécie pelo glifosato. Este reduzido controle promove aumento na população.

**Tabela 9.3.** Avaliação da abundância de plantas daninhas em número e em biomassa entre as diferentes glebas.

Espécie de planta daninha	Diferença de abundância em número			Diferença de abundância em biomassa		
	H (3,18)	p	Resultado	H (3,18)	p	Resultado
Apaga-fogo	5,260	0,153	NS	2,661	0,446	NS
Corde-de-violão	4,004	0,260	NS	1,494	0,683	NS
Leiteiro	5,757	0,124	NS	3,414	0,332	NS
Mentrasto	2,795	0,424	NS	1,388	0,708	NS
Picão-preto	2,984	0,394	NS	1,309	0,726	NS
Trapoeraba	8,885	0,308	*	3,290	0,349	NS

\* significativo,  
NS: não significativo



**Figura 9.15.** Abundância em número apresentada por trapoeraba nas diferentes glebas sob tratamento de integração lavoura-pecuária, referente aos anos 2015 e 2016.

### Considerações finais

O sistema ILP promove mudanças nas populações de plantas daninhas na área. Essas mudanças ocorrem tanto no número de espécies das comunidades quanto no número de indivíduos nas populações.

As populações de plantas daninhas são função do sucesso na adoção das práticas de manejo das culturas. Insucesso nas práticas de manejo promovem alterações nas populações de plantas daninhas, geralmente aumentando-as.

A presença da palhada mostra-se como prática influenciadora na composição das espécies de plantas daninhas. Todavia, para essa prática há necessidade de amostragem por mais anos.

O processo contínuo de manejo nas glebas desfavorece as plantas daninhas de folhas estreitas, permitindo a manutenção de uma comunidade de plantas daninhas de folhas largas.

Portanto, o sistema de integração lavoura-pecuária, com suas estratégias de plantio direto associado à rotação/sucessão de culturas e pastagens, é recomendado como ferramenta de redução da presença de plantas daninhas nas áreas de produção agropecuária.

## Referências

- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 211).
- 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).
- ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; CARVALHO, E. R. de O.; ALBERNAZ, W. M.; VENTURIN, R. P.; OLIVEIRA, I. R. de; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da. Integração lavoura-pecuária-floresta na região Central de Minas Gerais, Brasil. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 669-686.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A.; MORAES, A. de; VEIGA, M. da; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009. DOI: <http://www.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000107>.
- CARVALHO, F. A.; JACOBSON, T. K. B. Invasão de plantas daninhas no Brasil: uma abordagem ecológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS, 1., 2005, Brasília, DF. **Palestras, comunicações orais, painéis**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; PASSINI, T. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (ed.). **Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: ESALQ, 1999. p. 80-97.
- CONCENÇO, G.; SALTON, J. C.; CECCON, G. **Dinâmica de plantas infestantes em sistemas integrados de cultivo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011a. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 114).
- CONCENÇO, G.; SALTON, J. C.; SEGRETTI, M. L.; MENDES, P. B.; BREVILIERI, R. C.; GALON, L. Effect of long-term agricultural management systems on occurrence and composition of weed species. **Planta Daninha**, v. 29, n. 3, p. 515-522, 2011b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000300005>.
- GAMA, J. de C. M.; JESUS, L. L. de; KARAM, D. Fitossociologia de plantas espontâneas em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 929-932, 2007.

IKEDA, F. S.; MITJIA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1545-1551, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100005>.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; PEREIRA, J. L.; VIANA, R. G. Efeitos de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 69-78, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000100009>.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 129-141.

LORENZI, H. (coord.). **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1990.

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology**: a primer on methods and computing. New York: John Wiley & Sons, 1988. 336 p.

MARTINS, D. A. **Subdoses de herbicidas no desempenho produtivo do consórcio entre milho e *Urochloa brizantha***. 2017. 63 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2017.

MEROTTO JÚNIOR, A.; GLIIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L. de; HAVERROTH, H. S. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, v. 15, n. 2, p. 141-151, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83581997000200007>.

OLIVEIRA, M. F. de; BRIGHENTI, A. M.; KARAM, D.; GONTIJO NETO, M. M.; COBUCCI, T.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; BALBINOT JÚNIOR, R. C.; QUEIRÓZ, L. R. **Manejo de herbicidas na dessecação de pastagem e na cultura do milho consorciado com gramíneas forrageiras**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 110).

OLIVEIRA, M. F. de; SILVA, C. H. L. e; ALVARENGA, R. C.; SILVA, A. F. da. **Monitoramento de plantas daninhas em sistema integrado entre lavoura e pecuária em Sete Lagoas, MG**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 241).

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. I- Implicações sobre a cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 589-596, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000400005>.

TAVARES, C. J.; JAKELAITIS, A.; REZENDE, B. P. M.; CUNHA, P. C. R. da. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do feijão. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 27-32, 2013.

## Literatura recomendada

PITELLI, R. A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informativo Agropecuário**, v. 11, n. 129, p. 16-24, 1985.

## Capítulo 10

# Análise socioeconômica do sistema de integração lavoura-pecuária

Jason de Oliveira Duarte  
Miguel Marques Gontijo Neto  
Rubens Augusto de Miranda  
Ramon Costa Alvarenga  
Derli Prudente Santana



## Introdução

A escolha do que produzir e como produzir, com práticas e tecnologias agropecuárias, passa, necessariamente, pelo processo de tomada de decisão do produtor, que depende das informações e do conhecimento técnico-gerencial para tal. Caso o produtor não avalie o desempenho econômico da atividade de forma objetiva, há a possibilidade de estagnação e/ou saída da atividade do mercado em que ele atua. A falta de análise econômica/financeira é a regra em estabelecimentos de micro, pequenos e médios produtores do setor agropecuário, levando à redução do número de produtores e à concentração da atividade em poucos (Miranda, 2018). Uma dificuldade por parte dos produtores é a falta de experiência em gestão de propriedade, principalmente quando essa propriedade tem múltiplos produtos a serem ofertados no mercado e quando ela demanda diferentes insumos para produção integrada da atividade agrícola e pecuária. Sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) demandam gerenciamento de alguns processos e práticas de produção que requerem altos investimentos de recursos. Assim, o produtor necessita conhecer sua estrutura de custos e retornos esperados, para que tenha previsão do resultado que pode ser alcançado.

Os produtores rurais sempre se ressentiram de informações econômico-financeiras que pudessem ajudá-los a analisar suas atividades. Dessa forma, o sistema ILP tornou-se um núcleo de aferição de tecnologias de manejo do solo, da pastagem e dos componentes lavoura e animal, gerando coeficientes técnicos que servem de base para uma análise ex ante, contribuindo para auxílio na elaboração de projetos viáveis visando captação de crédito agrícola para aplicação na intensificação produtiva nas fazendas. A ILP também permitiu que as melhores combinações de práticas de manejo pudessem ser irradiadas para produtores, não só da região Central do estado de Minas Gerais, mas de todas as áreas com características semelhantes no Cerrado brasileiro. As informações deste sistema constituem subsídios ao trabalho de assistentes técnicos, da iniciativa pública e privada.

O sistema ILP acumulou nesses 15 anos um banco de dados com informações acerca do desempenho da agropecuária ali desenvolvida. O objetivo deste capítulo é analisar, sob uma perspectiva econômica e financeira, o sistema ILP, considerando o desejo de obtenção de lucro nessa atividade produtiva. Nesta

análise, será considerado um modelo de avaliação econômica que reflete os reais desembolsos no sistema simplificando e a aplicação da engenharia econômica para este caso. Ainda será apresentada uma análise dos impactos da influência dessa Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) na região Central de Minas Gerais, sob as perspectivas dos produtores quanto aos resultados econômicos, sociais e ambientais da implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em suas propriedades.

No aniversário de 15 anos da implantação do sistema, resolveu-se apresentar os resultados econômicos e os impactos na região Central de Minas Gerais. Os resultados econômicos são específicos para a experiência desse sistema e foram feitos de forma expedita para atender à demanda de visitantes sobre resultados econômicos e financeiros. Já os impactos regionais do sistema ILP da Embrapa são apresentados com base em trabalhos científicos que foram feitos em propriedades, destacando-se os aspectos econômico, social e ambiental. Para desenvolvimento desses temas, o capítulo está dividido em quatro partes: esta introdução; uma segunda parte, onde é apresentado o método usado para fazer a avaliação econômica do sistema ILP da Embrapa; uma terceira parte, onde são apresentados os resultados da avaliação econômica; e a quarta parte, com a análise qualitativa abordando aspectos econômico, social e ambiental da experiência de pequenos produtores da região Central de Minas Gerais com a implantação e os resultados de ILPF em suas propriedades. Por fim, a conclusão, com algumas observações resultadas do capítulo.

### **Método para a avaliação econômica expedita**

A avaliação expedita tem como base uma análise dos indicadores econômico-financeiros calculados usando a metodologia apresentada por Matsunaga et al. (1976), em que são usados os gastos, preços e cálculos de retornos efetivamente praticados no processo produtivo. Assim, usam-se preços de mercado para os insumos e serviços e para o produto comercializado. É um sistema mais simples e rápido, por isso expedito, para cálculo desse retorno.

Considerando que o produtor é um empresário que toma decisões racionais, ele vai sempre estar à procura de maximizar seu lucro em suas

atividades. Lucro ( $\pi$ ) é definido como o valor que resta da diferença entre a Receita Total (RT) e o Custo Total (CT) (Equação 10.1):

$$\text{Lucro: } \pi = RT - CT \quad (10.1)$$

Assim, o produtor quer sempre aumentar o valor dessa diferença. Para maximizar o lucro, o produtor rural pode mexer apenas na redução dos custos. Isto porque o produtor rural atua em um mercado de concorrência perfeita, oligopsônio ou monopólio, em que ele não tem poder de mercado para determinar os preços. O produtor rural pode reduzir seus custos por duas vias:

1. Redução do custo total por hectare pelo uso de insumos com preços mais baixos, o que para ele é muito difícil, uma vez que os insumos também têm seus preços estabelecidos no mercado.
2. Redução do custo unitário do produto, através do aumento da quantidade produzida, realizando mudanças na relação de uso dos insumos e das formas de manejo da atividade, de tal forma que o aumento da produtividade da atividade seja mais que proporcional aos aumentos dos insumos e custos de seus rearranjos. Busca da melhor eficiência técnica na produção com a restrição de custos que tem para a combinação de insumos.

Considerando que custo é igual aos preços dos fatores ( $w_i$ ) vezes as quantidades dos fatores ( $q_{fi}$ ) utilizados, teríamos a Equação 10.2:

$$CT = w_i q_{fi} \quad (10.2)$$

em que

$i$  são os  $n$  fatores utilizados na produção,

ou então Equação 10.3:

$$CT = \text{Custos Fixos} + \text{Custo Variável} \quad (10.3)$$

em que custo fixo (CF) representa as parcelas do custo que são resultado do valor de uso de algum fator de produção que não tem sua quantidade mudada no curto prazo, enquanto custo variável é a parcela dos custos representada pelo valor dos fatores que tem suas quantidades mudadas no curto prazo. Essas

quantidades são mudadas para atender as restrições de produção e restrição da relação de preços desses fatores variáveis.

Assim, esses fatores podem ser fixos ou variáveis, e o Custo Total seria desmembrado em Custos Variáveis e Custos Fixos. Novamente o produtor rural não altera os custos fixos de sua atividade, a não ser que ele vá ampliar sua produção agregando novas áreas ou fazendo novos investimentos em equipamentos, mas aí a análise teria que ser diferente. Seria necessário fazer análise econômica de pelo menos dois processos produtivos para ver qual seria o mais eficiente.

Para apresentar o resultado do período de 6 anos (2013/2014 a 2018/2019) do sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo, foram adotados os termos do meio rural para fazer a avaliação econômica.

- Produtividade de grãos, silagem e carne – mostram o nível produtivo em relação a um dos fatores de produção. Na economia agrícola, é mais usado representar a quantidade produzida em termos de área (por exemplo: kg ha<sup>-1</sup>, unidade animal (UA) por hectare, entre outras). Será usado kg ha<sup>-1</sup> ou t ha<sup>-1</sup> para a produção de grãos e silagens. Na produção de bovino de corte, será usado arroba por hectare e arroba total, em que arroba equivale a 30 kg de boi vivo.
- Custos operacionais do Total (Custos Operacionais Efetivos + Depreciações e remuneração do produtor rural) – Seguindo a metodologia proposta por Matsunaga et al. (1976), é o desembolso com os fatores fixos e variáveis usados no processo produtivo. Na Tabela 10.1 estão representados os itens agregados que compõem o levantamento dos custos na atividade. Depreciações e remuneração do produtor rural. Essa depreciação segue o padrão da legislação brasileira e a remuneração do produtor também leva em conta os custos de oportunidade do capital e tempo do produtor aplicados à atividade produtiva. Esses itens são considerados como inseridos nos preços de mercado dos insumos, máquinas e equipamentos, trabalho e uso da terra. A remuneração do capital é considerada como parte do retorno líquido da atividade.
- Preços de Mercado (nominais de compra/venda) – Também foram levantados os preços de mercado dos produtos, serviços e equipamentos, bem como os preços dos produtos que foram resultado do processo produtivo do sistema

ILP. Esses preços são dados em reais com valores nominais dos anos em que eles são usados. Suas unidades de avaliação são sempre dadas em R\$ total ou R\$ por unidade de medida (saco, hectare, arroba, etc.).

- Receita Operacional Líquida (ROL) de grãos e silagem na produção de carne – Esses são valores calculados a partir Receita Total Bruta de cada exploração como resultante do uso do sistema ILP. Nos resultados são apresentados os valores por hectare (ha) e valor total da área explorada. A receita total é simplesmente a multiplicação da quantidade produzida pelo valor de mercado do produto (Equação 10.4).

$$ROL = Q \times (P \text{ unitário} - CO \text{ unitário}) \quad (10.4)$$

em que

Q = Produtividade de cada cultura em cada ano, em kg ha<sup>-1</sup>.

P unitário = Preço de mercado de cada produto em cada ano, dado em R\$ por quilograma.

CO unitário = Custo operacional de produção de cada produto em cada ano, dado em R\$ por quilograma.

- Lucro operacional de grãos, silagem e carne

A partir da definição de Lucro:  $\pi = RT - CT$ , desenvolveu-se a seguinte fórmula para se calcular o resultado final, isto é, o Lucro Operacional Total da Carne em cada ano (LOTcarne ano<sup>-1</sup>) (Equação 10.5):

$$LOT_{carne} \text{ ano}^{-1} = [(PFT \times P \text{ arroba}) - ((GPP \times CP \text{ arroba}) + (GPC \times CC \text{ arroba}) + (PB \times NA))] \quad (10.5)$$

em que

PFT = Peso final total em arrobas.

P arroba = Preço da arroba no mercado de boi gordo em R\$ por arroba.

GPP = Ganho de peso em pasto de todos os animais em arroba.

CP arroba = Custo de produção de cada arroba em pasto de boi em R\$ por arroba.

GPC = Ganho de peso no confinamento de todos os animais em arroba.

CC arroba = Custo de produção de cada arroba no confinamento de boi em R\$ por arroba.

PB = Preço do bezerro por unidade animal em R\$ por unidade animal.

NA = Número de animais no projeto em cada ano.

**Tabela 10.1.** Itens representativos de Receita Bruta, custos e margens na produção de grãos.

<b>Apuração da Receita Total</b>		
Produtividade esperada	A	(t ha <sup>-1</sup> )
Preço de Mercado	B	(R\$/Mg)
Receita Total Bruta esperada	A B	(R\$/ha)
<b>Custo Total</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Valor por Participação (R\$) (%)</b>
COE – Custo Operacional Efetivo (desembolsos)		
Depreciações e remuneração do produtor rural		
COT – Custo Operacional Total		
Fatores Fixos		
<b>COE - Resumo por etapa</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Participação (%)</b>
Pré-plantio		5,14%
Plantio		37,69%
Condução da lavoura		26,95%
Colheita		2,76%
Pós-colheita		22,83%
Despesas financeiras		4,63%
<b>Total</b>		<b>100,00%</b>
<b>COE - Resumo por tipo de custo</b>		
Mão de obra		0,30%
Operações com máquinas		11,30%
Sementes		16,92%
Fertilizantes e corretivos		35,67%
Defensivos		10,29%
Outros insumos		20,89%
Financeiro e administrativo		4,63%
<b>Total</b>		<b>100,00%</b>
<b>Rentabilidade</b>		
<b>Descrição</b>	<b>(R\$/ha)</b>	<b>(R\$/Mg)</b>
Margem bruta (Renda bruta – COE)		
Margem líquida (Renda bruta – COT)		
Lucro (Renda bruta – CT)		

Observação: esta estimativa não reflete as particularidades de cada produtor rural. Metodologia IFAG ([www.ifag.org.br](http://www.ifag.org.br)).

Esse é o resultado da avaliação econômica expedita que é apresentada neste trabalho, em que estão usadas as receitas totais e os custos totais para o cálculo dos lucros operacionais totais do sistema ao longo do período analisado.

Para estimativa dos coeficientes técnicos operacionais e realização da análise econômica, os dados de tipo, doses e data de aplicação dos insumos foram coletados, para cada um dos segmentos, no decorrer da condução do sistema ILP. As datas e os tempos demandados para a realização dos serviços (horas-máquina e horas-homem), expressos por hectare, foram mensurados/estimados com base no tempo médio necessário para cada operação. Quando não se tinha informação sobre essas atividades, buscaram-se informações da Conab (Companhia Nacional de Abastecimento, 2021) e do Instituto para o Fortalecimento da Agropecuária de Goiás (2021).

### **Resultados da avaliação econômica expedita do sistema de integração lavoura-pecuária**

São apresentados a seguir os resultados de 6 anos do sistema ILP considerando a produção agrícola e pecuária. Os preços de insumos e dos produtos resultado do ILP são cotações feitas pelo mercado, os indicadores agrônômicos das culturas e da produção agropecuária foram levantados nos sistemas de produção ILPF da Embrapa em Sete Lagoas e refletem a real situação e quantidade produzida a cada ano, de grãos, silagem e arroba bovina.

É apresentada na Tabela 10.2 a produtividade dos grãos e a produção de carne nos 6 anos, completando um ciclo e meio de rotação nas glebas. Observa-se que, por causa das condições climáticas, algumas culturas tiveram níveis de produtividades baixos em alguns casos. Como exemplos, pode-se perceber que a soja na safra 2015/2016, o milho silagem na safra 2018/2019, milho em grãos na safra 2014/2015 e o sorgo silagem na safra 2016/2017 tiveram problemas com baixa produção por hectare. Essa situação leva à perda de lucratividade e pode trazer prejuízo para o produtor. Com baixas produtividades causadas por intempéries climáticas, o custo de produção por unidade produzida vai aumentar, pois não há outra forma de se recuperar o dispêndio feito no estabelecimento da cultura, entretanto esta é a realidade da agropecuária de sequeiro da região.

No geral, contudo, as produtividades das lavouras e também da carne foram mantidas em níveis de eficiência técnica positiva, mostrando leve tendência de crescimento, afetada apenas pelas condições climáticas que são próprias da região. Essa eficiência técnica tem que se refletir em eficiência econômica senão o produtor muda a sua atividade. Assim, quanto maior a produtividade, menor deverá ser o custo unitário do produto (R\$ saco<sup>-1</sup>, R\$ t<sup>-1</sup>, etc.). As novas propostas de tecnologias devem apresentar resultados em que o aumento da produtividade seja mais que proporcional ao aumento do custo causado pela tecnologia.

**Tabela 10.2.** Produtividade de grãos, silagem e carne no sistema de integração lavoura-pecuária de Sete Lagoas, no período 2013/2014 a 2018/2019.

Ano agrícola	Produtividade						
	Soja	Milho silagem	Milho grão	Sorgo silagem	Carne pastagem <sup>(2)</sup>	Carne confinamento <sup>(3)</sup>	Carne total
	(kg ha <sup>-1</sup> )				(arroba por hectare)	(arroba)	(arroba)
2013/2014	N.A. <sup>(1)</sup>	32.000	6.670	32.000	34,53	219,9	445,46
2014/2015	2.240	39.000	5.140	43.200	39,07	332,2	586,19
2015/2016	1.240	45.900	9.010	50.000	44,50	300,6	631,81
2016/2017	3.810	49.800	7.670	25.400	59,00	342,6	707,86
2017/2018	3.650	30.200	8.530	37.200	31,69	302,60	614,84
2018/2019	4.110	21.200	6.120	31.440	52,67	289,05	684,34

<sup>(1)</sup> N.A. = Não avaliado, atraso na entrega das sementes.

<sup>(2)</sup> Arroba de carcaça, considerando a área de 5,5 ha da gleba de pastagem no verão.

<sup>(3)</sup> Total em carcaça produzido no confinamento.

Fonte: Adaptada e ampliada de Miranda (2019). Baseado em Gontijo Neto (2018), Lopes et al. (2024), Silveira et al. (2024) e Borghi et al. (2024).

Os custos operacionais efetivos (desconsideram depreciação) são apresentados na Tabela 10.3. Estes custos são resultado da divisão dos custos por hectare pela produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). Como os custos das lavouras que usam determinado nível de tecnologia variam pouco, qualquer resultado pior em termos de produtividade afeta os custos unitários. O alto custo da soja em 2015/2016, R\$ 2,707 por quilograma (quase duas vezes a cotação do grão no mercado) decorre da baixa produtividade obtida

com a cultura. Aconteceu o mesmo com os custos de silagem de milho em 2018/2019 e com silagem de sorgo em 2016/2017.

Vale destacar a questão da eficiência econômica ao se comparar a cultura de milho que pode ter como resultado a produção de grãos ou a produção de silagem. A quantidade média produzida por hectare de silagem de milho é cerca de cinco vezes maior do que a quantidade média de grãos por hectare. Como seus custos são muito próximos, o custo médio por quilograma de milho em grão foi aproximadamente quatro vezes maior do que o custo médio do quilograma de silagem de milho. Ressalta-se que na gleba de cultivo com milho utilizaram-se, a cada ano, quatro ou cinco cultivares de milho com diferentes tecnologias transgênicas incorporadas e convencional, o que, na média com que se trabalha neste estudo, gerou alguns resultados contrastantes. Quando se observa na Tabela 10.4 que o preço de mercado do quilo do milho é apenas 3,6 vezes maior do que o preço de silagem, o produtor vai ofertar sempre aquilo que lhe traz maior retorno. Assim, seguindo a lógica do empresário que busca maximização de lucro, dentro da proposta no projeto analisado, seus coordenadores optaram para se voltar à produção de milho apenas para oferta de silagem de milho a partir da safra 2013/2014, continuando a se fazer o levantamento de produtividade de grãos com metodologia consagrada para isso.

Na pastagem, os animais receberam uma suplementação proteica e a aquisição dos bezerros foi, como esperado, o maior item de custo da pecuária. A alimentação dos animais em confinamento (seguindo uma dieta aproximada de 66% de concentrado e 34% de silagem de milho) foi fornecida pelo próprio sistema, com exceção da soja em 2013/2014 e do milho em 2014/2015, que precisaram ser adquiridos no mercado. A mão de obra fixa teve um peso grande no custo de produção da carne, decorrente do pequeno número de animais no sistema implementado.

**Tabela 10.3.** Custos operacionais da produção de grãos, silagem e carne, no período 2013/2014 a 2018/2019 (calculados a preços nominais).

Ano agrícola	Custo operacional da produção					
	Soja	Milho silagem	Milho grão	Sorgo silagem	Carne pastagem <sup>(1)</sup>	Carne confinamento <sup>(2)</sup>
	(R\$/kg)				(R\$ por arroba)	
2013/2014	-	0,091	0,295	0,086	117,67	111,12
2014/2015	0,835	0,051	0,382	0,043	150,17	107,12
2015/2016	2,707	0,100	0,384	0,085	162,28	120,28
2016/2017	0,570	0,083	0,370	0,156	150,93	109,77
2017/2018	0,801	0,119	0,423	0,097	163,36	141,04
2018/2019	0,730	0,175	0,605	0,118	162,74	148,68

<sup>(1)</sup> No cálculo está incluso o custo da pastagem, da suplementação, da aquisição de bezerros, vacina e controle parasitário, impostos e mão de obra fixa.

<sup>(2)</sup> No cálculo está incluída a dieta de grãos e silagem, o núcleo proteico e a mão de obra fixa. Custos de milho anos 2018 e 2019. Fonte: Conab (Companhia Nacional de Abastecimento, 2021) e Instituto para o Fortalecimento da Agropecuária de Goiás (2021).

Fonte: Adaptada e ampliada de Miranda (2019).

Na Tabela 10.4 são apresentados os preços nominais de compra/venda de grãos, silagem e carne produzidos no sistema. Também é apresentado o preço do bezerro em cada época, o que ressalta cada vez mais o peso desse item no custo final do sistema apresentado aqui. O custo médio por unidade animal (UA) de bezerro no período de 6 anos foi de R\$ 1.039,77. Considerando que foram confinados por volta de 45 bezerros por ano, o custo anual para aquisição dos bezerros ficou ao redor de R\$ 47.000,00 em média.

Observa-se ainda, na Tabela 10.4, que o preço da silagem de sorgo é ligeiramente mais baixo que o preço de silagem de milho. Por outro lado, a produção de silagem de sorgo é ligeiramente maior que a produção de silagem de milho, embora o custo de produção do sorgo seja em média 9% menor do que o custo de silagem de milho.

**Tabela 10.4.** Preços nominais de compra/venda de grãos, silagem e carne (valores nominais).

Ano agrícola	Preço de compra/venda: valor nominal					
	Soja	Milho silagem	Milho grão	Sorgo silagem	Boi gordo	Bezerro
	(R\$/kg)				(R\$ por arroba)	(R\$ por unidade animal)
2013/2014	-	0,15	0,47	0,14	134,00	705,97
2014/2015	1,21	0,15	0,45	0,14	147,00	941,10
2015/2016	1,48	0,20	0,85	0,18	150,00	1.338,71
2016/2017	1,40	0,18	0,70	0,15	140,00	1.212,11
2017/2018	1,59	0,16	0,59	0,15	150,81	986,77
2018/2019	1,60	0,18	0,60	0,17	180,00	1.053,95

Fonte: Adaptada e ampliada de Miranda (2019).

Dados os preços acima e as quantidades produzidas, o valor do excedente (ou demanda) do sistema foi calculado e apresentado na Tabela 10.5. O excedente foi vendido a preços de mercado, com destaque para a silagem de sorgo (que não foi consumida no confinamento), e as demandas não supridas de soja (2013/2014) e milho (2014/2015) foram adquiridas no mercado.

O valor desse excedente entra como receita nas análises finais do processo, sendo que contribui para melhorar o retorno do sistema ILP. Observa-se que só aconteceram retornos negativos na produção agrícola para soja na safra 2015/2016, do sorgo silagem na safra 2016/2017 e um pequeno retorno negativo para milho em grãos em 2018/2019. Algumas baixas produtividades foram compensadas por preços melhores nos anos correspondentes, reduzindo assim as perdas do sistema.

**Tabela 10.5.** Receita Operacional Líquida de grãos e silagem utilizados na produção de carne do sistema de integração lavoura-pecuária, no período 2013/2014 a 2018/2019 (valores nominais).

Ano agrícola	Receita operacional líquida: valor nominal							
	Soja	Milho silagem	Milho grão	Sorgo silagem	Soja	Milho silagem	Milho grão	Sorgo silagem
	(R\$ em 5,5 ha)				(R\$ por hectare)			
2013/2014		10.384,00	6.419,88	9.504,00		1.888,00	1.167,25	1.728,00
2014/2015	4.620,00	21.235,50	1.922,36	23.047,20	840,00	3.861,00	349,52	4.190,40
2015/2016	-8.368,14	25.245,00	23.092,63	26.125,00	-1.521,48	4.590,00	4.198,66	4.750,00
2016/2017	17.392,65	26.568,30	13.921,05	-838,20	3.162,30	4.830,60	2.531,10	-152,40
2017/2018	15.831,92	6.737,61	7.841,46	10.851,61	2.878,53	1.225,02	1.425,72	1.973,02
2018/2019	19.656,29	636,02	-155,98	9.044,42	3.573,87	115,64	-28,36	1.644,44

Fonte: Adaptada e ampliada de Miranda (2019).

Os resultados operacionais do sistema ILP são apresentados na Tabela 10.6 para cada um dos seus produtos. A baixa produtividade causou prejuízos na produção de soja em 2015/2016 e na silagem de sorgo em 2016/2017. Entretanto, considerando o sistema como um todo, foram obtidos lucros operacionais positivos em todos os anos, somando R\$ 70.837,54 em todo o período. Os resultados operacionais de grãos e silagem se referem somente à sobra da demanda na produção de carne.

Para se chegar a esses resultados usou-se a fórmula para cálculo do Lucro Operacional Total da Carne em cada ano (LOTcarne ao ano) e da Receita Operacional Líquida (ROL), descritas anteriormente. Considerando que receita líquida se assemelha ao lucro líquido, resolveu-se que a Tabela 10.6, nomeada de “Lucro operacional de grãos, silagem e carne, em R\$”, representa as Receitas Operacionais Líquidas em cada ano e total.

**Tabela 10.6.** Lucro operacional de grãos, silagem e carne, em R\$, no período 2013/2014 a 2018/2019 (valores nominais).

Ano agrícola	Lucro operacional (R\$); valor nominal					
	Soja	Milho silagem	Sorgo silagem	Total grãos/silagem	Total carne	Total Sistema ILP
2013/2014		10.384,00	9.504,00	19.888,00	21.806,56	41.694,56
2014/2015	4.620,00	21.235,50	23.047,20	48.902,70	24.781,89	73.684,59
2015/2016	-8.368,14	25.245,00	26.125,00	43.001,86	5.134,17	48.136,03
2016/2017	17.392,65	26.568,30	-838,20	43.122,75	38.513,27	81.636,02
2017/2018	15.831,92	6.737,61	10.851,61	33.421,14	41.297,15	74.718,28
2018/2019	19.656,29	636,02	9.044,42	29.336,73	85.798,52	115.135,24
<b>Média</b>	<b>9.826,54</b>	<b>15.134,41</b>	<b>12.955,67</b>	<b>36.278,86</b>	<b>36.221,93</b>	<b>72.500,79</b>
<b>Total</b>	<b>49.132,71</b>	<b>90.806,43</b>	<b>77.734,03</b>	<b>217.673,17</b>	<b>217.331,55</b>	<b>435.004,72</b>

Fonte: Adaptada e ampliada de Miranda (2019).

Os resultados ilustram uma experiência positiva do sistema ILP para produção de carne numa pequena propriedade rural, apresentando uma rentabilidade média no período avaliado de R\$ 3.020,87 por hectare por ano (R\$ 72.500,79 em 24 ha considera a área total). A produção de alimentos para o confinamento apresentou-se vantajosa com a diminuição de custos e pela diversificação das fontes de renda, dada a possibilidade de venda dos excedentes do sistema. Adicionalmente, o sistema ILP diminuiu riscos da atividade pecuária, pois mesmo em anos de cotações altas dos grãos, como nos quatro últimos analisados, 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. Contudo, cabe ressaltar que há um custo de oportunidade, em período de alta de preços de grãos, ao se optar por alimentar o gado no confinamento e não usufruir de uma possível receita com a venda total da produção de grãos e dos animais para terminação por terceiros. Isso ilustra como a diversificação de produtos do sistema ILP permite ao produtor usufruir de amplas oportunidades de mercado.

## **Impactos econômicos, sociais e ambientais do sistema de integração lavoura-pecuária nas pequenas propriedades da região Central de Minas Gerais**

Além da área com o sistema ILP implantada pela Embrapa, o trabalho de apresentar o sistema ILP para produtores da região foi realizado por três instituições e teve um retorno muito positivo em termos de uso do sistema. Alguns estudos de pós-graduação analisaram o processo de transferência de tecnologias que foi feito ao longo dos anos usando como base o sistema ILP instalado na Embrapa. Um exemplo foi o trabalho de Santos (2020), que analisa o processo como um todo e traz informações sobre impactos econômicos, sociais e ambientais do uso de sistemas ILPF em propriedades. Outro exemplo foi o trabalho de Noce (2017), que avalia o programa da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Seapa-MG) para fortalecimento da expansão do uso dos sistemas ILPF também na região Central de Minas Gerais, apresentando também alguns impactos do uso do sistema ILPF. Apenas para entendimento, o sistema implantado na Embrapa foi o ILP, porém ele serviu de exemplo e unidade de demonstração para a implantação de unidades de ILPF na região, e as teses falam dos diversos sistemas ILPF (Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), integração lavoura-floresta (ILF), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração pecuária-floresta (IPF).

Nesta parte, vamos apresentar conceitos para poder trazer ao conhecimento alguns resultados, relacionados à eficiência e à sustentabilidade, advindos do trabalho de ILP e ILPF na região Central de Minas Gerais, que se tornaram possíveis pela atuação da Embrapa em parceria com a Epamig e com a Emater-MG.

### **Sustentabilidade**

Mas essa análise não deve basear-se apenas nos conceitos econômicos puros, estabelecidos pela teoria econômica, mas também levando em consideração os aspectos sociais e ambientais que são afetados pelo novo sistema produtivo. Volta-se a atenção para a análise da sustentabilidade do processo, que deve ser avaliado sem viés ideológico, mas de forma prática, se possível, com ferramentas que tenham alguma métrica.

Assim, sustentabilidade envolve em sua análise as três vertentes do desejado desenvolvimento sustentável, em que se afirma que as ações produtivas devem ser economicamente viáveis e rentáveis, socialmente justas e ambientalmente amigáveis. Esse processo produtivo tem de levar em conta o como suas externalidades atuais vão impactar o legado das atividades atuais para gerações futura.

A ILP já tem se mostrado eficiente em termos técnicos, como se pode encontrar em outros capítulos dessa publicação. Embora seja quase uma unanimidade em termos de reconhecimento técnico, muito se tem falado na sua sustentabilidade. São levantadas questões sobre a aplicabilidade desse sistema em agricultura familiar, sobre o que é realmente entregue em termos de benefício ambiental, entre outros questionamentos.

Santos (2020), em sua pesquisa realizada com produtores para avaliar o processo de transferência de tecnologia de ILPF na região Central do Estado de Minas Gerais, abordou a questão de aplicabilidade do sistema ILPF para pequenos produtores, mostrando que houve envolvimento positivo da agricultura familiar no uso de tecnologia. Na Tabela 10.7 são apresentadas as informações da amostra de oito produtores que tiveram a influência da Embrapa, da Epamig e da Emater-MG na disseminação dos Sistemas ILPF na região Central de Minas Gerais. Essas propriedades são assistidas pela Emater-MG em todas as suas necessidades de produção agropecuária e nesses casos são assistidos preferencialmente em ILPF.

Observa-se que são propriedades pequenas com áreas usadas com os sistemas ILPF também pequenas. Quatro dessas áreas têm 3 ha ou menos, aplicando-se as tecnologias recomendadas pelo sistema. Essas pequenas áreas já estão implantadas há mais de 8 anos com resultados que mostram a sustentabilidade do sistema em diferentes tamanhos de propriedades, incluindo a viabilidade econômica.

**Tabela 10.7.** Características das propriedades com sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na região Central de Minas Gerais.

Característica	Município/ Local							Média ou Moda
	Maravilhas			Papagaios			Sete Lagoas (Lontra)	
Início no ILPF (ano)	2007	2009	2009	2008	2011	2016	2011	2010
Tempo no ILPF (em anos)	12	10	10	11	8	3	8	8,86
Área da propriedade (ha)	54,17	17	40	75	42	22	30	40,02
Área ILPF (ha)	13	2,5	3	1	23	22	1	9,36
Idade do produtor	45	74	45	55	25	63	55	51,71
Renda-Salários Mínimos (SM)	Entre 3 e 5 SM	Entre 1 e 2 SM	Entre 5 e 10 SM	Entre 5 e 10 SM	Não declarada	Acima de 15 SM	Não declarada	5 a 10 SM
Escolaridade do produtor	Ensino Médio completo	Sem Escolaridade Formal	Ensino Fundamental	Ensino Médio completo	Superior incompleto	Superior completo	Primário completo	Ensino Médio

Fonte: Adaptado de Santos (2020).

### Impacto ambiental

Nas Tabelas 10.8, 10.9 e 10.10, estão compiladas informações buscadas na pesquisa de Santos (2020) e relatadas em sua Tese de Doutorado. São informações levantadas pela autora nas propriedades participantes de suas pesquisas. Observa-se, na Tabela 10.8, que a percepção dos agentes que atuaram na implementação e condução dos sistemas ILPF nas propriedades (produtores, extensionistas da Emater-MG, pesquisadores da Epamig e da Embrapa) é positiva para melhoria ambiental.

Segundo o relato dos produtores, os indicadores positivos, apenas como observação da evolução dos resultados alcançados por eles, foram:

- a) Melhoria da qualidade do solo.
- b) Abandono de práticas nocivas ao solo e ao meio ambiente (por exemplo, queimadas, derrubada de matas ciliares, etc.).
- c) Recuperação de pastagem degradadas.
- d) Melhoria da paisagem rural.
- e) Redução de estresse animal por oferta de sombra.
- f) Rodízio de culturas.

Na avaliação realizada pelos produtores, a qualidade ambiental em suas propriedades foi aumentada. Segundo os relatos, eles conseguiram controlar a erosão mantendo o solo sempre coberto, contribuindo também para uma sensação de bem-estar, pois a paisagem rural ficou mais bonita. Conseguiram garantir mais umidade para o solo, com o uso do plantio direto, adicionando ao efeito relatado anteriormente. O plantio de árvores trouxe a possibilidade de melhorar a ambiência para os animais que pastavam sob suas copas, o que resultou em aumento da quantidade e qualidade do leite produzido por eles.

**Tabela 10.8.** Benefícios ambientais da implantação do sistema ILPF em pequenas propriedades da região Central de Minas Gerais.

<b>Benefícios para o meio ambiente relatados por produtor(es) do município</b>		
<b>Maravilhas</b>	<b>Papagaios</b>	<b>Sete Lagoas (Lontra)</b>
Abandono de práticas nocivas ao solo e ao meio ambiente (exemplo: queimadas).	Redução de estresses animal por oferta de sombra	
Controle de erosão do solo (solos cobertos o ano todo).	Recuperação de áreas com solos erodidos.	Melhoria da qualidade do solo.
Recuperação de pastagem degradadas.	Recuperação de pastagem degradadas.	Recuperação de pastagem degradadas.
Reinserção de áreas degradadas.	Melhoria da paisagem rural.	Melhoria da paisagem rural.
Rodízio de culturas.		Rodízio de culturas.

Fonte: Adaptado de Santos (2020).

### **Impactos sociais**

Também foram identificados alguns benefícios sociais em relação ao uso de sistemas ILPF. Nesse sentido, esses produtores puderam ter maior desfrute de benefícios sociais, pois eram os que estavam na vanguarda do uso da inovação na região. Alguns não tiveram alteração de status social, mas perceberam melhorias na qualidade de vida e de trabalho que executavam.

Um dos grandes benefícios do ILPF está relacionado à capacitação dos agricultores e de todos que fazem parte do processo produtivo para questões sobre desenvolvimento técnico, administrativo, ambiental e relacionamento social (cooperação). Essas capacitações sofriam um processo de “spillover”, em que os que foram treinados passavam seus conhecimentos para a sua comunidade e todos se beneficiavam.

Além das capacitações, são apresentados na Tabela 10.9 os benefícios sociais da implantação do sistema ILPF analisados por Santos (2020). Essas informações foram relatadas pelos próprios produtores, que passaram a ter o ILPF como promotor do bem-estar em sua propriedade. Consideraram que a atividade melhorava a qualidade do trabalho que eles desenvolviam e reduzia a quantidade de tempo gasto com as tarefas, o que lhes proporcionava tempo extra para interação social. Eles também passaram a ter condições de terem melhorias na qualidade de suas residências.

Na Tabela 10.9, ainda se pode notar que os produtores aumentaram seu senso de observação pois passaram a perceber a importância de suas atividades para a sustentabilidade regional, perceberam a necessidade de ofertar produtos com qualidade, assim tinham maior oportunidade de mercado, e perceberam que tinham de produzir da forma certa, o que os colocava como exemplo para produtores regionais, aumentando a sua autoestima.

**Tabela 10.9.** Benefícios sociais da implantação do sistema ILPF em pequenas propriedades da região Central de Minas Gerais.

<b>Benefícios sociais relatados por produtor(es) do município</b>		
<b>Maravilhas</b>	<b>Papagaios</b>	<b>Sete Lagoas (Lontra)</b>
Capacitação.	Capacitação.	Capacitação.
Melhoria da qualidade do trabalho.	Melhoria do planejamento do trabalho.	Redução do trabalho (melhoria do planejamento do trabalho).
Interação com outros produtores.	Interação com outros produtores.	Interação com outros produtores.
Percepção de qualidade da produção.	Percepção de qualidade da produção.	Percepção de qualidade da produção.
Busca pela sustentabilidade econômica e ambiental.	Busca pela sustentabilidade econômica e ambiental.	Busca pela sustentabilidade econômica e ambiental.
Melhoria da autoestima.	Melhoria da autoestima.	Melhoria da autoestima.

Fonte: Adaptado de Santos (2020).

### **Impactos econômicos**

Embora os benefícios ambientais e sociais que a ILPF trouxe para as propriedades e a região próxima fossem importantes, os produtores são sempre empresários e buscam a maximização do lucro com as restrições impostas pela e na atividade. Na Tabela 10.10, são apresentados alguns dos resultados econômicos e financeiros relatados por Santos (2020).

Observa-se que a atividade floresta do ILPF foi considerada como uma forma de capitalização dos produtores que aderiram ao programa desenvolvido de uso desse sistema nas propriedades. Após 7 anos do plantio, os produtores conseguiram uma renda extra que os ajudou em investimento de melhorias da infraestrutura de produção e de moradia.

Em termos de produção, todos relataram acréscimo nos volumes produzidos, no melhor uso dos pastos, aumento das unidades animais (UA) por hectare, e aumento na qualidade dos produtos ofertados pela propriedade. Com isso, perceberam que houve maior eficiência na produção, resultando na redução dos custos de produção. Tanto o aumento da produtividade por hectare quanto a redução dos custos de produção contribuíram para o aumento da renda das propriedades nas atividades lavoura e pecuária, significando mais renda para o produtor rural.

**Tabela 10.10.** Benefícios econômico-financeiros da implantação do sistema integração lavoura-pecuária-floresta em pequenas propriedades da região Central de Minas Gerais.

Benefícios econômico-financeiros relatados por produtor(es) do município		
Maravilhas	Papagaios	Sete Lagoas (Lontra)
Eucalipto = Poupança verde. Renda de até R\$ 2.136,40 por hectare por ano a partir do 7º ano.	Eucalipto = Renda extra. Renda de até R\$ 11.000,00 em 23 ha, no primeiro corte (R\$ 473,00 ha <sup>-1</sup> ).	Eucalipto = Renda extra. Renda de até R\$ 400,40 por hectare por ano no primeiro corte no 7º ano.
Aumento da renda. Custo de produção de milho mais pasto: R\$ 3.132,40 por hectare por ano. Receita Total de Leite mais milho: R\$ 5.249,83 por hectare por ano.	Aumento da renda.	Aumento da renda.
Aumento da produção: Leite: passou de 150 para 450 L por dia. Produtividade do milho: 6.873 kg ha <sup>-1</sup> na área útil.	Aumento da produção: Leite: Aumento da produção em 10%, aumento da qualidade por animal. Passou de 0,5 para 2,0 unidades animais por hectare por ano.	Aumento da produção. Aumento da quantidade de cabeça de vaca leiteira no mesmo espaço.
Redução de custos por unidade produzida.	Redução de custos por unidade produzida.	Redução de custos por unidade produzida.

Fonte: Adaptado de Santos (2020).

Na avaliação de sustentabilidade, os benefícios são geralmente abrangentes para a região, não se tornando específicos para a propriedade, porém quando se trata de avaliação dos retornos econômicos, os indicadores trazem resultados que são “site specific”, pois representam os valores de análise exclusiva do caso (propriedade) e sistema que está sendo avaliado. Assim, nos parágrafos anteriores, apresentaram-se resultados que mostram uma aproximação da análise da sustentabilidade do uso do sistema ILP em algumas propriedades da região Central de Minas Gerais.

## Considerações finais

O resultado dessa avaliação econômica expedita é específico para o caso da experiência do sistema ILP conduzido na Embrapa em Sete Lagoas, Minas Gerais. Para se ter uma avaliação em outra área, os dados e coeficientes técnicos terão que ser levantados na área específica.

A avaliação econômica expedita é um indicador da lucratividade do sistema ILP. Os resultados dessa avaliação foram muito positivos indicando que há possibilidade de busca pelo lucro na atividade, tanto no aumento e na diversificação da atividade agropecuária na propriedade quanto pela redução dos custos unitários dos produtos que são ofertados pela propriedade.

Toda a análise desse capítulo teve por base a experiência do projeto de instalação de um sistema ILP na área da Embrapa. Além disso, pensou-se em apresentar avaliação tanto para ver os aspectos sustentáveis quanto os retornos econômicos do uso do sistema ILP. No caso da análise da sustentabilidade, foram apresentados resultados de duas pesquisas que apontam informações colhidas com produtores que participaram de programas de transferência de tecnologia que se basearam na implantação dos sistemas na Embrapa. Os resultados analisados mostraram que os impactos econômicos, sociais e ambientais dos sistemas implantados na região Central de Minas Gerais foram positivos, resultando em agricultores declarando que “irão aumentar suas áreas com os sistemas ILPF e que estão servindo de vitrine, agregando novos produtores” (Santos, 2020), em um efeito “spillover” da estratégia.

## Referências

BORGHI, E.; RESENDE, A. de R.; CALONEGO, J. C.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; SILVEIRA, M. C. T. da; RESENDE, R. M. S. Produtividade agrícola das culturas no sistema ILP. In: ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTANA, D. P.; SILVEIRA, M. C. T. da (ed.). **Quinze anos de ILPF e dez anos de ILPF na Embrapa Milho e Sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Cap 3, p. 55-73.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Planilhas de custo de produção**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>. Acesso em: 1 fev. 2021.

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 Agronômicas**, n. 161, p. 9-21, mar. 2018.

INSTITUTO PARA O FORTALECIMENTO DA AGROPECUÁRIA DE GOIÁS. **Custos de produção**. Goiânia, 2021. Disponível em: <http://ifag.org.br/custo-de-producao/>. Acesso em: 13 set. 2021.

LOPES, L. S.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; SILVEIRA, M. C. T. da; GUIMARÃES, S. T. Produção de bovinos de corte em confinamentos como estratégia do sistema de integração lavoura-pecuária. In: ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTANA, D. P.; SILVEIRA, M. C. T. da (ed.). **Quinze anos de ILPF e dez anos de ILPF na Embrapa Milho e Sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Cap 5, p. 95-121.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p.123-139, 1976.

MIRANDA, R. A. Gestão e avaliação de sistemas ILPF. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de (ed.). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 179-193.

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).

NOCE, M. A. **Análise do processo de transferência de tecnologia no sistema de integração-lavoura-pecuária-floresta, para agricultores familiares na região central de Minas Gerais**. 2017. 184 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

SANTOS, C. M. dos. **A internalização do conhecimento pelo produtor rural no âmbito do projeto de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) a partir da transferência de conhecimento da Embrapa**. 2020. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

SILVEIRA, M. C. T. da; RESENDE, R. M. S.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; GUIMARÃES, S. T.; LOPES, L. S. Produção e produtividade da fase pastagem no sistema ILP. In: ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTANA, D. P.; SILVEIRA, M. C. T. da (ed.). **Quinze anos de ILPF e dez anos de ILPF na Embrapa Milho e Sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Cap 4, p. 75-94.

#### Literatura recomendada

AGROLINK. **Cotações**: boi gordo 15 kg. Porto Alegre: Agrolink, 2019a. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/go/boi-gordo-15kg>. Acesso em: 8 ago. 2019.

AGROLINK. **Cotações**: soja em grão sc 60 kg. Porto Alegre: Agrolink, 2019b. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/rs/soja-em-grao-sc-60kg>. Acesso em: 8 ago. 2019.

AGROLINK. **Cotações**: sorgo sc 60 kg. Porto Alegre: Agrolink, 2019c. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/go/sorgo-sc-60kg>. Acesso em: 8 ago. 2019.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 211).

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONES, L. F. **Marco referencial: integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Preços de madeiras ficam estáveis em São Paulo, mas sobem no Pará em junho**. Piracicaba, 2019. (Informativo Setor Florestal, n. 210). Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0641207001564076162.pdf>. Acesso em: 13 set. 2021.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Exportações de celulose crescem pelo 3º mês consecutivo**. Piracicaba, 2014. (Informativo Setor Florestal, n. 149). Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0098212001468603281.pdf>. Acesso em: 13 set. 2021.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **2018 se inicia com poucas alterações de preços de madeiras no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 2018. (Informativo Setor Florestal, n. 193). Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0765227001521119942.pdf>. Acesso em: 13 set. 2021.

CORTNER, O.; GARRETT, R. D.; VALENTIM, J. F.; FERREIRA, J.; NILES, M. T.; REIS, J.; GIL, J. Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 82, p. 841-853, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.006>.

COTAÇÕES da arroba do boi gordo. Disponível em: <http://www.pecuaria.com.br/cotacoes.php#quadro>. Acesso em: 9 ago. 2019.

INSTITUTO PARA O FORTALECIMENTO DA AGROPECUÁRIA DE GOIÁS. **Custos de produção**: estimativa de custo de produção eucalipto. Goiânia, 2019a. Disponível em: <http://ifag.org.br/arquivos/146/2019-06-Junho/1286/Estimativa-de-Custo-de-Producao-Eucalipto-JUN19.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2019.

INSTITUTO PARA O FORTALECIMENTO DA AGROPECUÁRIA DE GOIÁS. **Custos de produção**: estimativa de custo de produção de formação de pastagens. Goiânia, 2019b. Disponível em: <http://ifag.org.br/arquivos/146/2019-06-Junho/1265/Estimativa-de-Custo-de-Formacao-Pastagens-JUN19.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2019.

INSTITUTO PARA O FORTALECIMENTO DA AGROPECUÁRIA DE GOIÁS. **Custos de produção**: estimativa de custo de produção de produção de bovinocultura de corte. Goiânia, 2019c. Disponível em: <http://ifag.org.br/arquivos/146/2019-06-Junho/1287/Estimativa-de-Custo-de-Producao-Bovinocultura-de-Corte-JUN19.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2019.

INSTITUTO PARA O FORTALECIMENTO DA AGROPECUÁRIA DE GOIÁS. **Custos de produção**: estimativa de custo de produção de soja convencional. Goiânia, 2019d. Disponível em: <http://ifag.org.br/arquivos/146/2019-06-Junho/1278/Estimativa-de-Custo-de-Producao-Soja-Convencional-JUN19.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2019.

INSTITUTO PARA O FORTALECIMENTO DA AGROPECUÁRIA DE GOIÁS. **Custos de produção**: estimativa de custo de produção de sorgo safrinha. Goiânia, 2019e. Disponível em: <http://ifag.org.br/arquivos/146/2019-06-Junho/1281/Estimativa-de-Custo-de-Producao-Sorgo-Safrinha-JUN19.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2019.

REIS, J. C. dos; KAMOI, M. Y. T.; LATORRACA, D.; MICHETTI, M. Avaliação da viabilidade econômico-financeira para um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em relação a um sistema de lavoura exclusiva em Mato Grosso, Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 55., 2017, Santa Maria, RS. **Inovação, extensão e cooperação para o desenvolvimento**: anais. Brasília, DF: SOBER, 2017.

REIS, J. C. dos; KAMOI, M. Y. T.; MICHETTI, M.; WRUCK, F. J. Análise dos benefícios econômicos da diversificação da produção em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 56., 2018, Campinas. **Transformações recentes na agropecuária brasileira**: desafios em gestão, inovação, sustentabilidade e inclusão social: anais. Brasília, DF: SOBER, 2018.

SA, C. P. de; OLIVEIRA, T. K. de; BAYMA, M. M. A. **Análise econômica da produção de milho no estabelecimento de um sistema agrossilvipastoril no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2013. 7 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 184).

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHAO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000003>.

## Capítulo 11

# Avaliação do consórcio eucalipto-milho-capim do sistema de Integração lavoura-pecuária-floresta

Miguel Marques Gontijo Neto  
Mônica Matoso Campanha  
Thomaz Correa Castro da Costa  
Eduardo de Paula Simão  
Elwira Daphinn Silva Moreira  
Marco Aurélio Guerra Pimentel  
Ramon Costa Alvarenga  
Emerson Borghi  
Ângela Maria Quintão Lana



## Introdução

Um dos principais fatores para o sucesso de um cultivo consorciado se baseia na complementação entre as espécies envolvidas, uma vez que durante parte de seu ciclo existem uma competição interespecífica e intraespecífica e uma interação pelos fatores de produção, como luz, água e nutrientes, o que vai interferir no resultado de rendimento das culturas. Dessa maneira, é importante caracterizar as espécies que irão compor o sistema.

As alternativas de culturas para compor o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são várias. A escolha dessas culturas vai depender de fatores, tais como a adaptação às condições ambientais (clima, solo, manejo), características da propriedade (tradição de cultivo, nível tecnológico, assistência técnica, infraestrutura e logística), mercado para os produtos e adaptação das espécies ao cultivo consorciado, pois a maioria das culturas é altamente exigente em luz e não tolera sombreamento (Gontijo Neto et al., 2014).

As culturas de milho, feijão, arroz, sorgo, soja e milheto têm sido empregadas nos sistemas ILPF. Entre as várias culturas anuais utilizadas em sistemas consorciados, o milho tem se destacado, em virtude do rápido crescimento inicial e do porte alto, características que facilitam a competição com os outros componentes que compõem o sistema de produção implementado. Adicionalmente (ou de fato), a cultura do milho apresenta inúmeras aplicações na propriedade agrícola: na alimentação animal, na forma de grãos ou de forragem verde ou conservada (silagem), ou na alimentação humana, e na geração de receita, mediante a comercialização da produção excedente, apresentando ainda a vantagem de sua colheita poder ser realizada de forma mecanizada (Gontijo Neto et al., 2014).

O componente arbóreo deve ser selecionado levando-se em consideração os aspectos relacionados à silvicultura da espécie, à produção de bens e serviços, à ausência de efeitos alelopáticos e de toxidez, à arquitetura da copa, que deve ser preferencialmente menos densa, dentre outros. As espécies mais utilizadas na ILPF no Brasil são eucalipto, pínus, mogno-africano, cedro-australiano, teca, pau-de-balsa, acácias, entre outras.

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) vem sendo difundido para utilização nesse sistema por apresentar rápido crescimento, característica importantíssima quando

se considera a liberação da área para o pastejo, e por possuir uma arquitetura de copa compatível com a consorciação com outras culturas (Gontijo Neto et al., 2014). Além do mais, essa espécie tem se destacado por apresentar práticas silviculturais validadas, pela disponibilidade de cultivares oriundas de programas de melhoramento florestal, pela produção de madeira para usos múltiplos, por apresentar boa fonte de renda para o produtor e principalmente por sua capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. O eucalipto pode ser plantado em todos os biomas brasileiros e é amplamente utilizado em reflorestamentos na região do Cerrado.

O componente forrageiro deve ser constituído por espécies que apresentem bom crescimento, boa capacidade de perfilhamento, elevado valor nutricional e, sobretudo, que sejam adaptadas às condições de sombreamento moderado. As forrageiras dos gêneros *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) e *Megathyrsus* (sin. *Panicum*), muito difundidas para plantio na região de Cerrado do Brasil, têm boa tolerância ao sombreamento. Resultados de pesquisa têm demonstrado que não ocorre redução significativa da taxa de crescimento destas forrageiras sob sombreamento moderado.

O estado de Minas Gerais possui grande potencial para exploração florestal, com condições de solo e clima propícias ao cultivo de espécies florestais, grãos, pecuária de leite e de corte. A região Central de Minas Gerais constitui um polo siderúrgico de grande expressão no estado, com demanda crescente por madeira reflorestada. Além disso, o estado apresenta um grande número de estabelecimentos rurais onde a atividade leiteira é prioritária. Dessa atividade dependem inúmeros produtores e a economia de diversos municípios, que possuem, nas cooperativas e associações de agricultores, um suporte essencial para a atividade rural. Por outro lado, grande parte das pastagens cultivadas no estado de Minas Gerais apresenta algum grau de degradação. A ILPF tem demonstrado ser uma tecnologia sustentável na recuperação de áreas de culturas e de pastagem degradadas.

Com o objetivo de gerar e validar tecnologias e sistemas integrados de produção agropecuária, visando disponibilizar alternativas sustentáveis para os produtores rurais da região do Cerrado mineiro, e também para servir de base física para treinamentos e capacitações técnicas no tema, foi delineada e implantada a partir de 2009 uma Unidade de Referência Tecnológica

e de Pesquisa (URTP) em ILPF focada na avaliação do consórcio eucalipto-milho-capim. O sistema consistiu na implantação de renques com fileiras simples de eucalipto e, nas faixas entre os renques, o cultivo de milho consorciado com capim nos três primeiros anos de implantação. Já após a colheita do milho na terceira safra, o sistema entrou na fase silvipastoril, com pastagem nas faixas entre os renques (Figura 11.1).



**Figura 11.1.** Linha do tempo do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta baseado no consórcio eucalipto-milho-capim implantado na Embrapa Milho e Sorgo.

Ilustração: Miguel Marques Gontijo Neto.

### Descrição dos sistemas integração lavoura-pecuária-floresta implantados

Dentro da URTP foi implantado o sistema ILPF para avaliação da eficiência produtiva dos componentes do consórcio eucalipto-milho-capim. Nos anos de 2009, 2011 e 2013, foram implantados seis renques de eucaliptos (*Eucalyptus urophylla*) com, aproximadamente, 100 m de comprimento no espaçamento 15 m x 2 m, resultando em 333,3 árvores por hectare (Figura 11.2). Foram utilizadas mudas clonais da cultivar GG-100 nos plantios de 2009 e de 2011, e a cultivar AEC-1528 no plantio de 2013. As adubações de implantação dos renques consistiram na aplicação no sulco de 200 kg ha<sup>-1</sup> de Superfosfato Simples, mais 120 g por planta da fórmula 06-30-06 de NPK, com 0,5% de B e 1,5% Zn, colocados metade de cada lado das covas, distanciados de 15 a 20 cm da muda uma semana depois do plantio. A adubação de cobertura foi realizada

na projeção da copa de cada planta utilizando 120 g da fórmula 20-00-20 de NPK, aos 60 dias após o plantio. No ano seguinte à implantação dos renques, foram aplicados, no mês de novembro, 200 g ha<sup>-1</sup> de 20-00-20, e, em fevereiro do ano subsequente aplicaram-se 15 g ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na projeção da copa de cada árvore.



Foto: Miguel Marques Gontijo Neto



Foto: Miguel Marques Gontijo Neto



Foto: Miguel Marques Gontijo Neto

**Figura 11.2.** Sequência de implantação dos renques de eucalipto. (A) abertura dos sulcos com subsolador-adubador, (B) muda de eucalipto transplantada e (C) sulco de plantio dos renques implantados em 2011, com os renques implantados em 2009 ao fundo.

No mês de setembro do segundo e do terceiro anos após a implantação do eucalipto, foi realizada a desrama das árvores até um terço de sua altura, sendo a desrama final chegando a 6 m aproximadamente (Figura 11.3). Em setembro de 2014 e de 2015, foi realizado o desbaste de 50% das árvores em metade dos renques implantados em 2009 e 2011, respectivamente. Em setembro de 2019, novos desbastes foram realizados, resultando em sistemas com diferentes densidades e/ou arranjos espaciais (Tabela 11.1).



**Figura 11.3.** Renques de eucalipto com desrama realizada até 6 m de altura. Sete Lagoas, MG, 2014.

**Tabela 11.1.** Densidades e arranjos espaciais das árvores de eucalipto nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em função das épocas de implantação e de intervenção para desbastes. Sete Lagoas, MG, 2019.

Sistema	Época de implantação ou intervenção de desbaste					
	Fev./2009	Out./2011	Out./2013	Set./2014	Set./2015	Set./2019
ILPF 2009	333 árvores por hectare (15 m x 2 m)			A- 333 árvores por hectare (15 m x 2 m)		A- 83 árvores por hectare (15 m x 8 m)
				B- 166 árvores por hectare (15 m x 4 m)		B- 166 árvores por hectare (15 m x 4 m)
ILPF 2011		333 árvores por hectare (15 m x 2 m)			A- 333 árvores por hectare (15 m x 2 m)	
					B- 166 árvores por hectare (15 m x 4 m)	
ILPF 2013			333 árvores por hectare (15 m x 2 m)			A- 166 árvores por hectare (15 m x 4 m)
						B- 166 árvores por hectare (30 m x 2 m)

Atualmente, as áreas implantadas com o consórcio eucalipto-milho-capim são compostas por seis sistemas agrossilvipastoris com diferentes épocas de implantação, densidade de árvores e arranjos espaciais, conforme Tabela 11.1 e Figura 11.4, onde também se visualizam os sistemas pleno sol (PS) utilizados como controle.



**Figura 11.4.** Sequência de imagens aéreas dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), compostos pelos consórcios de eucalipto-milho-braquiárias e áreas a pleno sol (PS) implantados nos anos de (A) 2009, (B) 2011 e (C) 2013.

Imagens do programa Google Earth obtidas em 21/7/2020. Edição: Miguel Marques Gontijo Neto.

Em cada sistema, no ano de implantação do eucalipto e nas duas safras seguintes, foi semeado milho consorciado com cultivares de capins braquiária (*Urochloa* sp.) em cada uma das faixas entre os renques: 1. Milho + *U. brizantha* cv. Marandu; 2. Milho + *U. brizantha* cv. Xaraés; 3. Milho + *U. brizantha* cv. Piatã; 4. Milho + *U. ruziziensis*; 5. Milho + *U. decumbens*. No sistema implantado em 2009, na safra 2010/2011, após dificuldades na implantação do milho, foi semeado excepcionalmente o sorgo forrageiro consorciado com capim.

Para a semeadura do milho consorciado com os capins, nas faixas entre os renques de eucalipto e na área a pleno sol, foi utilizada uma semeadora-adubadora para plantio direto, com três linhas espaçadas em 0,70 m, sendo respeitada a distância de 1 m entre a primeira linha de semeadura do milho/capim e o renque de eucalipto, com regulagem para densidade de plantio em torno de 70.000 plantas por hectare. O plantio foi realizado no sistema de plantio direto (SPD) utilizando-se uma semeadora-adubadora com compartimentos independentes de sementes (grãos e capins). Foram realizados o tratamento de sementes e o controle de pragas de acordo com a presença e o nível de danos ocasionados nas lavouras. A adubação de plantio foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 de NPK, e a adubação de cobertura foi feita com 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-00-20 ou 250 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, realizada com as plantas de milho no estágio V6. O controle de plantas invasoras foi realizado entre 15 e 25 dias após a emergência do milho, com a aplicação de 3 L ha<sup>-1</sup> de atrazina.

### **Resultados obtidos no componente lavoura**

No sistema implantado em 2009, nas faixas entre os renques, foi cultivado na safra 2010/2011, após problemas na implantação do milho, sorgo forrageiro consorciado com capins braquiárias, e na safra 2011/2012, foram plantados milho para silagem e grãos consorciados com os capins braquiárias.

Na implantação da safra 2010/2011, quando os eucaliptos apresentavam idade de 22 meses, verificou-se uma redução na produtividade de silagem total em torno de 35% em relação à produtividade na área a pleno sol (Tabela 11.2), enquanto na safra seguinte observou-se uma redução na produtividade média de silagem em torno de 48% e de grãos em torno de 63%, em relação ao pleno sol.

Cabe ressaltar que a área útil para a produção de milho nesses sistemas com espaçamento entre renques de 15 m corresponde a 8.700 m<sup>2</sup> por hectare

implantado com o sistema ILPF. Assim, os valores médios das produtividades de grãos e forragens nos sistemas ILPF apresentados devem ser multiplicados por este fator (0,87) para estimativa de produção de forragem e grãos no sistema.

**Tabela 11.2.** Produtividade de silagem de sorgo e de milho consorciados com braquiárias e de grãos de milho nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com o eucalipto implantado em fevereiro de 2009. Sete Lagoas, MG. Safras 2010/2011 e 2011/2012.

Safra	Produtividade		
	Área total	Área útil	Pleno sol
<b>Safra 2010/2011</b>			
Produção de sorgo (t ha <sup>-1</sup> matéria seca)	5,58	4,85	6,56
Produção de capim (t ha <sup>-1</sup> matéria seca)	1,57	1,36	4,50
Produção de silagem (t ha <sup>-1</sup> matéria seca)	7,15	6,21	11,06
Produção de capim em maio/2011	3,92	3,41	
<b>Safra 2011/2012</b>			
Produção milho silagem (t ha <sup>-1</sup> matéria seca)	7,20	6,26	13,82
Produção de capim (t ha <sup>-1</sup> matéria seca)	0,68	0,59	1,20
Produção de silagem (t ha <sup>-1</sup> matéria seca)	7,88	6,85	15,02
Produção de grão (kg ha <sup>-1</sup> )	3.750	3.262	9.983

Fonte: Gontijo Neto et al. (2014).

As produtividades e as eficiências produtivas de forragens (EPF) e de grãos (EPGR), em três safras de milho, semeado entre os renques de eucalipto implantados em 2011 são apresentadas na Tabela 11.3. A eficiência produtiva corresponde à produtividade percentual de cada parcela experimental dos tratamentos no sistema ILPF em relação à média das repetições do mesmo tratamento a PS.

**Tabela 11.3.** Produtividade de silagem e grãos de milho em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com o eucalipto implantado em outubro de 2011. Sete Lagoas, MG. Safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014.

Safra	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		Eficiência produtiva (%)	
	Pleno sol	ILPF	Pleno sol	ILPF
<b>Safra 2011/2012</b>				
Produção de silagem milho	15.436a	15.413a	100aA	99,8aA
Produção de silagem total	16.272a	16.536a	100aA	101,6aA
Produção de grão milho	6.529a	6.297a	100aA	99,8aA
<b>Safra 2012/2013</b>				
Produção de silagem milho	17.439a	12.969b	100aA	74,3bB
Produção de silagem total	17.581a	13.167b	100aA	74,8bB
Produção de grão milho	9.262a	7.024b	100aA	75,8bB
<b>Safra 2013/2014</b>				
Produção de silagem milho	15.436a	8.034b	100aA	52,1bC
Produção de silagem total	15.685a	8.117b	100aA	51,7bC
Produção de grão milho	6.851a	2.978b	100aA	43,4bC

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, para cada variável nas diferentes safras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Moreira et al. (2018).

Verificou-se que no ano de implantação do componente arbóreo (Ano 0) as EPGR e as EPF tiveram comportamento similar no primeiro ciclo de cultivo entre a ILPF e o PS (Tabela 11.4). Entretanto, os sistemas ILPF apresentaram decréscimo ( $P < 0,05$ ) nas produtividades de forragem e grãos em torno de 25% ao ano em relação ao sistema PS (Figura 11.5). Provavelmente isso decorreu da competição interespecífica do eucalipto com o milho, sobretudo pelo sombreamento, uma vez que à medida que as árvores crescem ocorre diminuição na radiação que incide sob o sub-bosque, ocasionando sombreamento do componente lavoura e/ou pasto, afetando as produtividades (Moreira et al., 2018).



**Figura 11.5.** Evolução do consórcio eucalipto-milho-capim nas faixas entre os renques implantados em outubro de 2011: (A) e (B): vistas da lavoura de milho e capim no primeiro ano de implantação (safra 2011/2012); (C) e (D) milho e capim no segundo ano (safra 2012/2013); (E) e (F): terceiro ano de milho e capim entre os renques de eucalipto (safra 2013/2014).

Com base na competição exercida pelo componente arbóreo até o terceiro ano agrícola, é possível inferir que todas as cultivares de capins avaliadas podem ser recomendadas para consórcio com o milho em sistemas integrados com ou sem a presença dos renques de eucalipto. Nos meses de novembro de 2011, 2012 e 2013, os renques de eucalipto apresentavam alturas médias de 0,5 m; 4,8 m e 10,3 m, respectivamente.

Nessa área de ILPF, com o eucalipto e o milho consorciado com os capins braquiárias decumbens e ruziziensis implantados simultaneamente em outubro de 2011, Gontijo Neto et al. (2012) e Simão et al. (2012) não observaram efeito sobre a produtividade de silagem e de grãos avaliados em diferentes distâncias entre as fileiras de milho e os renques de eucalipto (Tabela 11.4). Os tratamentos consistiram das distâncias das linhas de milho/capim em relação aos renques de eucalipto, sendo avaliadas as linhas 1 (1 m), 3 (2,4 m), 5 (3,8 m), 7 (5,2 m) e 9 (6,6 m).

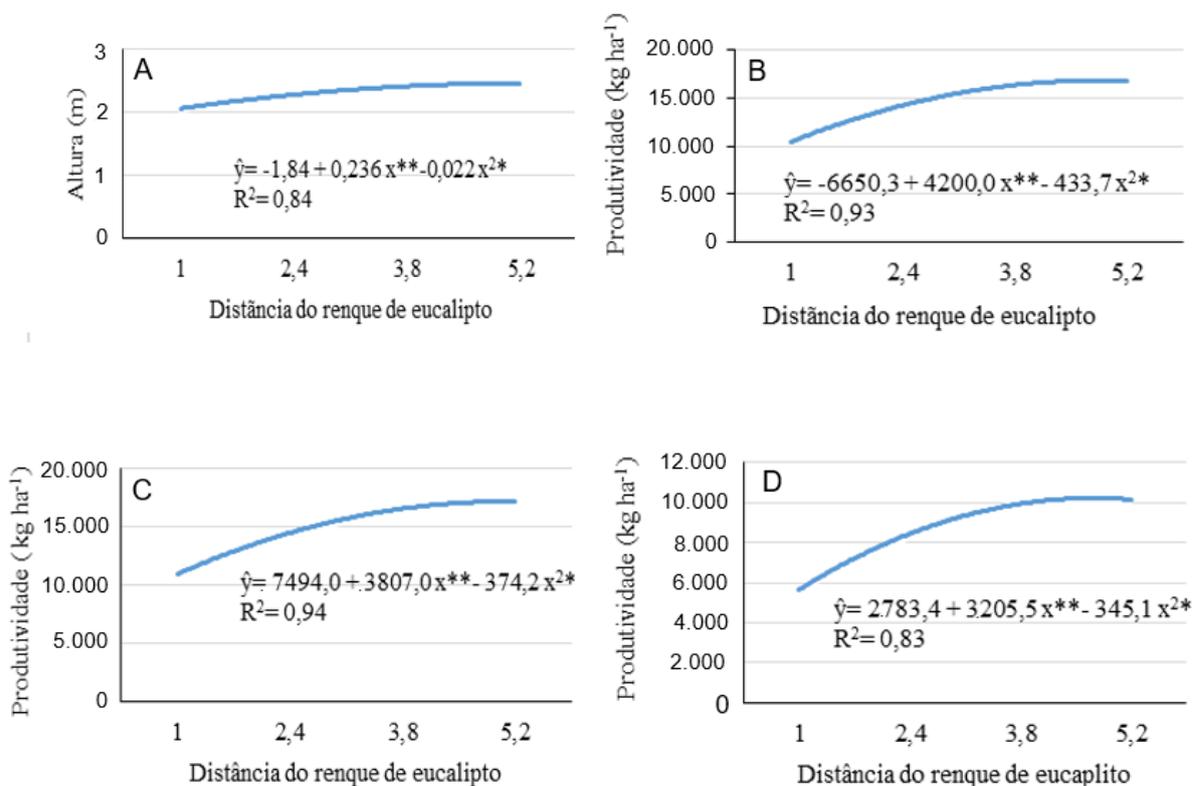
**Tabela 11.4.** Produtividade de matéria seca (MS) de forragem de capim (PCapim-Sil), milho (PMilho-Sil) e total (PTotal) no ponto de ensilagem, altura, rendimento de grãos (RGrão) e produtividades de matéria seca de forragem de capim no momento da colheita de grãos (PCapim-G) em função das distâncias entre as linhas de milho/capim dos renques de eucalipto. Sete Lagoas, MG, 2011/2012.

Parâmetro	Modelos ajustados	
	Milho + <i>Decumbens</i>	Milho + <i>Ruziziensis</i>
PCapim-Sil (kg ha <sup>-1</sup> )	$\hat{y} = 1.138$	$\hat{y} = 1.751$
PMilho-Sil (kg ha <sup>-1</sup> )	$\hat{y} = 13.802$	$\hat{y} = 14.690$
PTotal (kg ha <sup>-1</sup> )	$\hat{y} = 14.940$	$\hat{y} = 16.441$
Altura (m)	$\hat{y} = 2,3$	$\hat{y} = 2,36$
RGrão (kg ha <sup>-1</sup> )	$\hat{y} = 7.512$	$\hat{y} = 8.284$
PCapim-G (kg ha <sup>-1</sup> )	$\hat{y} = 1.367$	$\hat{y} = 3.602$

Fonte: Gontijo Neto et al. (2012) e Simão et al. (2012).

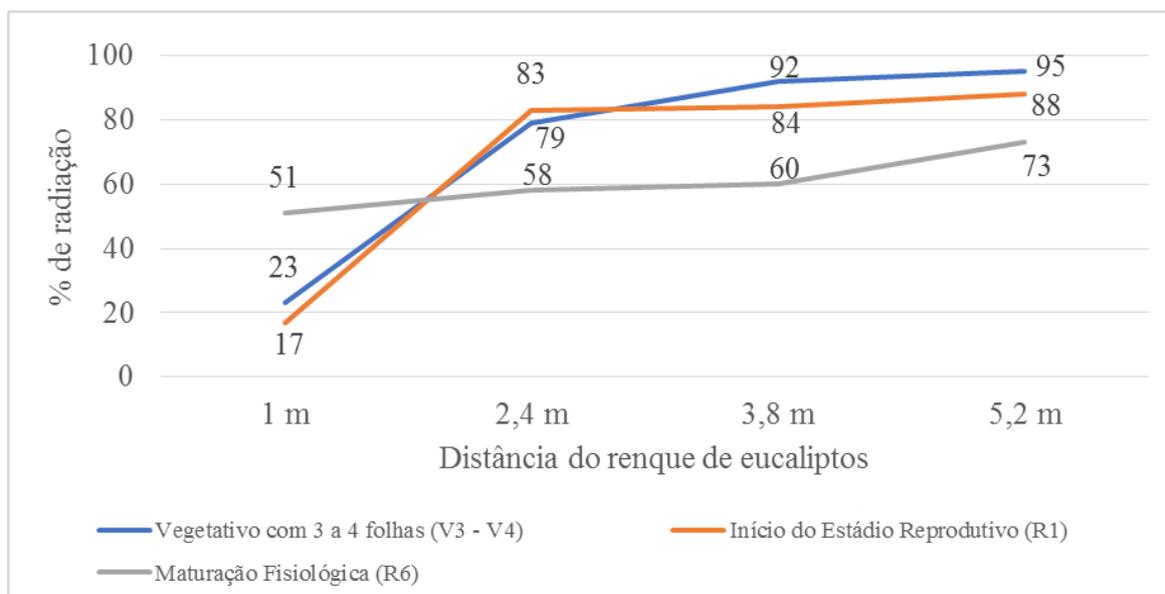
Na área de ILPF implantada em 2013, Simão et al. (2018), avaliando aspectos agronômicos do milho consorciado com *U. brizantha* cv Marandu, verificaram na terceira safra após a implantação das árvores (safra 2015/2016) respostas lineares para altura de plantas, produtividades de forragem de milho, total e de grãos de milho em função da distância dos renques (Figura 11.6). Os autores também relatam correlações lineares entre a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente nas diferentes distâncias entre os renques e a altura de plantas de milho (0,98\*), produtividade de forragem de milho (0,96\*), forragem total (0,96\*) e de grãos (0,98\*\*). As RFA médias em relação à RFA a pleno sol observadas no período são apresentadas na Figura 11.7.

Com base nos dados apresentados, Simão et al. (2018) concluem que a produtividade de grãos e de forragens foi diretamente influenciada pela redução da distância entre as linhas de semeadura e os renques. Já as produtividades de grãos (milho) e forragem (milho mais capim) entre os renques de eucalipto foram semelhantes às produtividades a pleno sol a partir de 3,8 m de distância entre as linhas de milho e os renques de eucalipto. Logo, isso indica que o componente arbóreo no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta altera o ambiente no sub-bosque, reduzindo a incidência de RFA entre os renques, diminuindo diretamente as produtividades de forragem e grãos de milho em cultivo consorciado com *U. brizantha*.



**Figura 11.6.** Altura de planta de milho, rendimento de forragem de milho, produtividade total de forragem e produtividade de grãos de milho em função da distância do renque de eucalipto (em metros) em sistema ILPF, em Sete Lagoas, MG, 2015/2016: (A) altura de plantas, (B) produtividade de silagem de milho, (C) produtividade total de silagem e (D) produtividade total de grãos.

Fonte: Simão et al. (2018).



**Figura 11.7.** Porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) sobre as diferentes distâncias do renque de eucalipto, em três diferentes datas de avaliação (16/12/2015, 1º/2/2016 e 6/4/2016), que correspondem aos estádios vegetativos V3-V4, R1 e R6, respectivamente, em Sete Lagoas, MG, 2015/2016. Fonte: Simão et al. (2018).

Com base nos resultados acima apresentados, seria recomendado o plantio de milho ou sorgo entre os renques de eucalipto no espaçamento 15 m x 2 m apenas até a segunda safra. Entretanto, a utilização de arranjos mais amplos, o uso de espécies florestais com copas que permitam a transmissão de luz para o sub-bosque e o uso de técnicas desrama e desbaste do componente arbóreo, ao longo do ciclo, poderiam viabilizar a utilização da lavoura anual por mais tempo no sistema.

### **Resultados de qualidade de grãos de milho nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**

A avaliação de qualidade dos grãos produzidos em sistemas intensificados, como o ILPF, é importante, pois impacta diretamente na comercialização dos grãos após a colheita. Estes sistemas devem produzir grãos com qualidade similar aos sistemas convencionais, como em monocultura, sob pena de desvalorização dos grãos no momento da classificação.

Por essas razões, a sustentabilidade e a eficiência produtiva dos sistemas de produção intensificados passam pela capacidade de atender às exigências nacionais e internacionais, com relação aos padrões qualitativos dos grãos.

Especialmente considerando que os mercados consumidores estão cada vez mais rigorosos, além da valorização atual das commodities, em que grãos de qualidade inferior podem gerar prejuízos, em razão de penalidades e descontos impostos aos produtores no momento da comercialização (Souza, 2001; Parizzi, 2014; Pimentel, 2020).

Foi realizada a caracterização da qualidade física dos grãos produzidos, nos consórcios de eucalipto-milho-braquiárias em comparação às áreas a pleno sol implantados nos anos de 2009, 2011 e 2013. Dois levantamentos foram realizados, sendo o primeiro (ensaio 1) avaliando possíveis diferenças qualitativas entre os grãos colhidos no sistema ILPF em comparação ao pleno sol, conduzidos nos anos de 2009 e 2011; e o segundo (ensaio 2) avaliando a influência da distância da linha de árvores em relação às linhas de plantio de milho nos consórcios implantados em 2009 e 2013.

Nos dois ensaios, as amostras para as análises da qualidade foram compostas por grãos de milho colhidos em cinco linhas de plantio paralelas às linhas de eucalipto, em quatro locais na faixa entre os renques. A primeira avaliação comparou amostras de grãos de milho colhidas nas cinco faixas de plantio de milho consorciado com as diferentes braquiárias (*Urochloa* sp.) (Milho + *U. brizantha* cv. Marandu; Milho + *U. brizantha* cv. Xaraés; Milho + *U. brizantha* cv. Piatã; Milho + *U. ruziziensis*; Milho + *U. decumbens*), entre os renques de eucalipto, em relação ao milho plantado a pleno sol, implantados nos anos de 2009 e 2011. A segunda avaliação comparou amostras de milho, cultivar AG 8088VT PRO, com densidade de 68.000 plantas por hectare, espaçamento de 70 cm entre linhas, coletadas em cinco linhas com distâncias crescentes (linha 1: 1 m; linha 3: 2,4 m; linha 5: 3,8 m; linha 7: 5,2 m; e linha 9: 6,6 m) em relação à linha de árvores, para analisar a influência da proximidade das linhas de milho consorciado à linha de árvores, nos plantios implantados em 2009 e 2013.

As amostras foram analisadas imediatamente após a colheita e foram mensurados os parâmetros qualitativos dos grãos de milho. No ensaio 1, foram avaliados: conteúdo de água (%), massa específica aparente ( $\text{kg hL}^{-1}$ ) e massa de mil sementes (g), conforme descrito em Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009). As classes de defeitos grãos ardidos (%), matérias estranhas e impurezas (%) e infestados (%), presentes nas amostras, foram identificadas em conformidade com a Instrução Normativa nº 60, do Ministério da Agricultura e

Pecuária (Mapa) (Brasil, 2011, 2012). No ensaio 2, foram avaliados conteúdo de água (%), peso volumétrico ( $\text{kg m}^{-3}$ ), percentual total de grãos avariados que compreende o somatório das classes: ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados, quebrados, matérias estranhas e impurezas e carunchados, em conformidade com a Instrução Normativa nº 60 (Brasil, 2011, 2012).

No ensaio 1, quando comparadas as qualidades dos grãos colhidos entre os renques de eucalipto no consórcio com braquiárias e a pleno sol, observou-se variação significativa entre os tratamentos para os parâmetros qualitativos: massa específica aparente (MEA), indicador de densidade dos grãos, percentual de grãos ardidos (PGA), matérias estranhas e impurezas (MEI). O percentual de grãos infestados (GI) não variou significativamente entre os tratamentos (Tabela 11.5). Apesar da variação significativa entre os sistemas em ILPF e a pleno sol, verificou-se que nas amostras coletadas nas áreas com renques de eucalipto mais novos e com altura menor que 1 metro, implantados em 2011, houve menor incidência de grãos ardidos, ao contrário do observado nas amostras coletadas entre os renques com eucalipto mais altos (Tabela 11.5).

Nos renques de eucalipto com maior altura de plantas, implantados em 2009, observaram-se valores entre 1,0% e 1,2% de grãos ardidos, enquanto nos plantios nos renques com eucalipto mais novo, plantados em 2011, a incidência foi menor, variando entre 0,10% e 0,65% de grãos ardidos (Tabela 11.5). Esse resultado pode estar relacionado ao maior sombreamento proporcionado pelas árvores, no plantio de 2009, favorecendo retenção de umidade e desenvolvimento fúngico entre as linhas de plantio em relação ao renque com eucaliptos mais baixos, plantados na safra 2011, conforme verificado por Simão et al. (2018). É interessante salientar que na área de pleno sol o percentual médio de grãos ardidos foi de 0,75%, valor intermediário aos valores nos sistemas com eucaliptos de diferentes idades.

A presença de grãos ardidos afeta de forma significativa a MEA, com correlação negativa e significativa entre os dois parâmetros ( $r = -0,7643$ ;  $p < 0,0062$ ). A ação fúngica ocasiona redução da massa específica aparente dos grãos, causando consumo de matéria seca, diminuição do seu peso específico e da energia disponível (Pereira et al., 2008; Pimentel, 2020).

**Tabela 11.5.** Massa específica aparente (MEA), grãos infestados (GI), matérias estranhas e impurezas (MEI) e percentagem de grãos ardidos (PGA) nos diferentes arranjos em consórcio milho e capins e diferentes idades de implantação do eucalipto. 2009/2010 e 2011/2012.

Plantio de eucalipto	Consórcio	MEA* (kg L <sup>-1</sup> )	GI <sup>n.s.</sup> (%)	MEI* (%)	PGA* (%)
2009	Milho + <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	75,25 ± 0,35 d	0,05 ± 0,07	2,40 ± 0,14 a	1,20 ± 0,14 a
	Milho + <i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	76,25 ± 0,35 cd	0,00 ± 0,00	2,45 ± 0,07 a	1,00 ± 0,14 abc
	Milho + <i>U. brizantha</i> cv. Piatã	75,60 ± 0,57 cd	0,13 ± 0,04	1,50 ± 0,42 bc	1,00 ± 0,28 abc
	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	75,70 ± 0,85 cd	0,00 ± 0,00	1,60 ± 0,28 b	1,05 ± 0,07 ab
	Milho + <i>U. decumbens</i>	77,85 ± 0,78 ab	0,00 ± 0,00	1,65 ± 0,07 b	1,10 ± 0,42 ab
2011	Milho + <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	76,90 ± 0,85 bc	0,00 ± 0,00	1,45 ± 0,07 bc	0,55 ± 0,07 cd
	Milho + <i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	78,10 ± 0,00 ab	0,23 ± 0,04	1,35 ± 0,07 bc	0,45 ± 0,07 de
	Milho + <i>U. brizantha</i> cv. Piatã	75,95 ± 0,78 cd	0,05 ± 0,07	1,15 ± 0,07 bcd	0,65 ± 0,07 bcd
	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	78,45 ± 0,64 a	0,00 ± 0,00	0,70 ± 0,14 d	0,45 ± 0,07 de
	Milho + <i>U. decumbens</i>	78,40 ± 0,42 ab	0,39 ± 0,40	1,15 ± 0,21 bcd	0,10 ± 0,14 e
<b>Pleno sol</b>	Milho + <i>U. brizantha</i> cv. Piatã	78,05 ± 0,78 ab	0,65 ± 0,49	0,90 ± 0,57 cd	0,75 ± 0,21 abcd
<b>Médias</b>	-	76,95	0,14	1,48	0,75
<b>C.V.(%)</b>	-	0,82	144,73	16,90	24,95

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

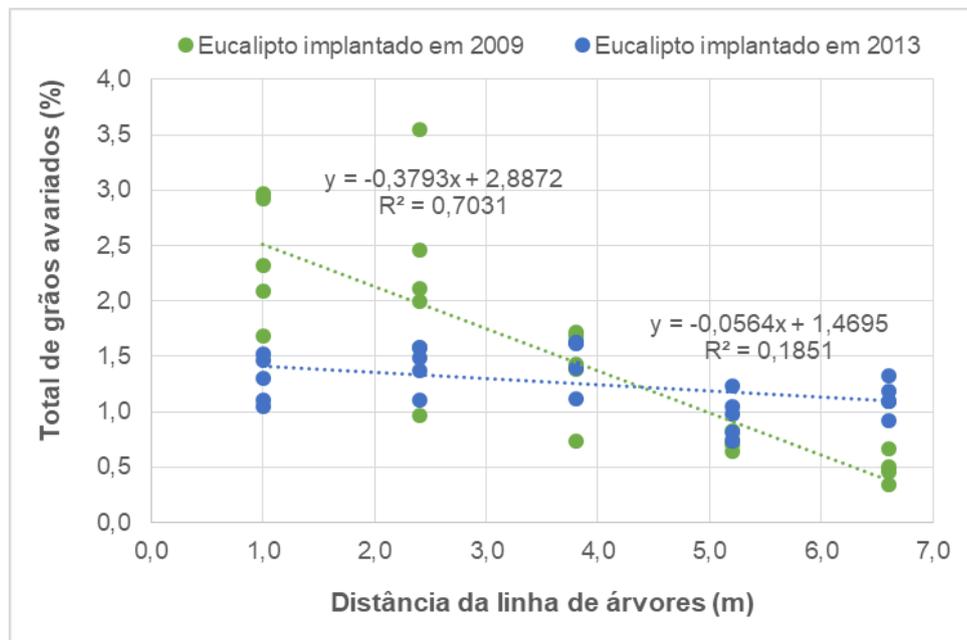
Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Pimentel et al. (2012).

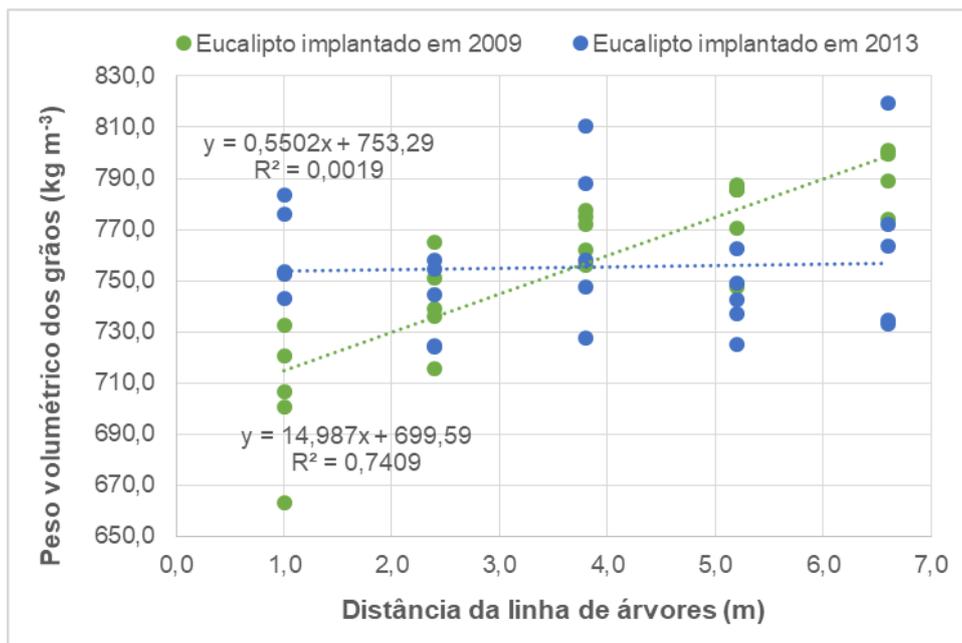
A influência da distância entre o renque de árvores e as linhas de plantas de milho consorciado com braquiárias foi avaliada no segundo ensaio (Figuras 11.8 e 11.9). As amostras de grãos de milho coletadas entre os renques implantados em 2009 apresentaram menor percentual de grãos danificados com o aumento da distância para o renque de árvores (Figura 11.8). Por outro lado, observou-se aumento do peso volumétrico com o aumento da distância das linhas de milho dos renques de eucalipto (Figura 11.9). Estes resultados apontam que as linhas

de milho consorciado com braquiárias mais próximas da linha de árvores apresentaram grãos de pior qualidade em comparação aos grãos coletados nas linhas mais distantes das árvores, para os eucaliptos implantados em 2009, com porte por volta de 10,3 m de altura.

Nos eucaliptos implantados em 2013, as amostras de milho coletadas não foram influenciadas pela proximidade da linha de árvores, para ambos os parâmetros avaliados, total de grãos danificados e peso volumétrico de grãos (Figuras 11.8 e 11.9). Nesse sistema com as árvores com porte menor (menos de 1 m), a qualidade dos grãos, expressa pelo peso volumétrico e total de danificados, não foi afetada, quando comparadas as amostras das cinco linhas com distâncias crescentes do renque de eucaliptos.



**Figura 11.8.** Impacto da distância da linha de árvores (m) no total de grãos avariados (%) nos grãos de milho colhidos entre os renques de eucalipto implantados em 2009 (verde) e 2013 (azul).



**Figura 11.9.** Impacto da distância da linha de árvores (m) no peso volumétrico dos grãos (kg m<sup>-3</sup>) de milho colhidos entre os renques de eucalipto implantados em 2009 (verde) e 2013 (azul).

Os resultados obtidos nos dois ensaios permitem concluir que os grãos de milho produzidos no sistema ILPF apresentam qualidade compatível aos grãos produzidos a pleno sol (monocultivos). Árvores mais altas, acima de 10 m de altura, no caso dos eucaliptos implantados em 2009, podem afetar a qualidade dos grãos nas linhas de plantio de milho mais próximas às árvores, provavelmente afetadas pelo sombreamento. O sistema ILPF, além das vantagens já demonstradas, tem capacidade de produzir grãos com qualidade similar aos sistemas convencionais, como em monocultura.

### Resultados obtidos no componente pastagens

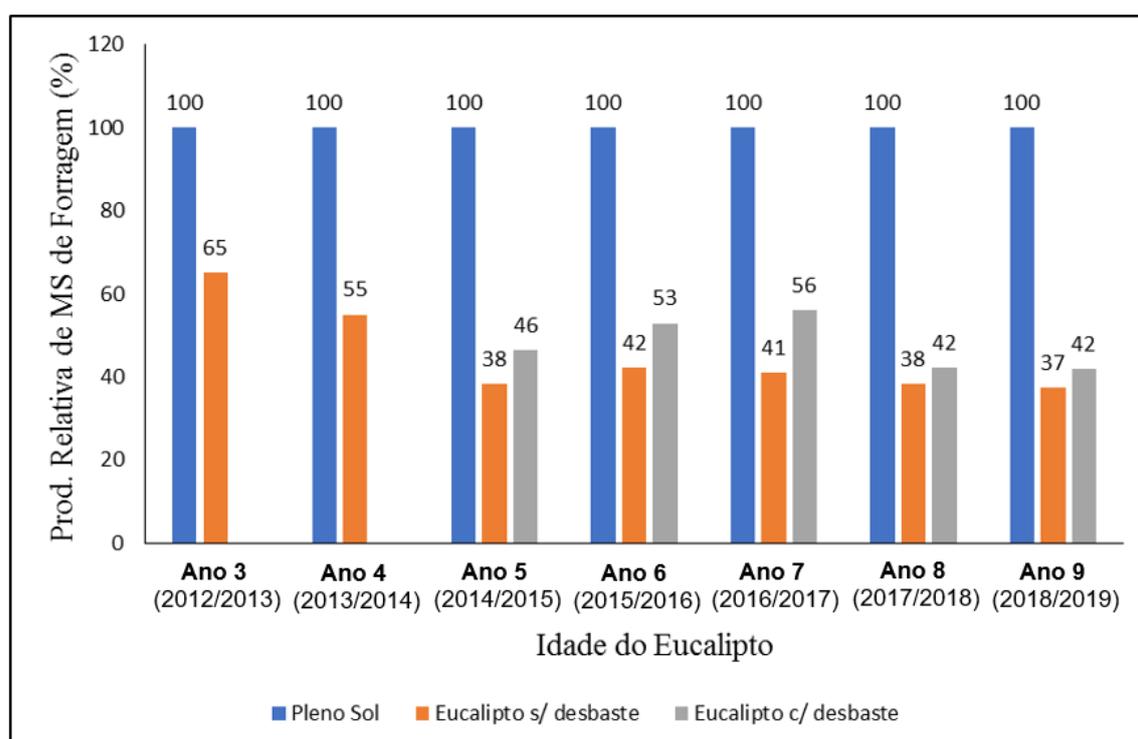
A presença de árvores pode afetar a produtividade das pastagens e o valor nutritivo das forragens destes sistemas. Conforme evidenciado na literatura, sistemas integrados com presença do componente arbóreo proporcionam ainda incrementos no armazenamento de C (carbono) no solo, promovendo ganhos no quesito de sustentabilidade (Cerri et al., 2007; Oliveira et al., 2007; Macedo, 2009; Carvalho et al., 2010). A intensidade destes efeitos varia em função do arranjo e da espécie arbórea utilizada, do grau de sombreamento e da tolerância da espécie na sombra (Paciullo et al., 2008; Radomski; Ribaski, 2012).

Em sistemas silvipastoris, a pressão de competição pelos fatores de produção, exercida pelas árvores sobre a forrageira, tende a aumentar com o

crescimento das árvores e com a maturação do sistema. Em alguns casos, para se reduzir esta pressão exercida pelas árvores, pode ser realizada a prática do desbaste, reduzindo-se a população arbórea na área e, conseqüentemente, melhorando as condições de luminosidade para o sub-bosque.

As faixas entre os renques de eucalipto do sistema ILPF implantado em 2009, após a colheita do milho no ano 2 (maio/2012), ficaram formadas com pastagens das cultivares de capim braquiária e foram avaliadas quanto à produção de forragem. Assim, foram realizadas amostragens nas pastagens, por meio de cortes a 15 cm de altura, duas a três vezes por ciclo de crescimento (período das chuvas) até abril de 2019 (ano 10). Após cada corte, as pastagens eram submetidas ao pastejo intenso por curto período e depois eram vedadas novamente até o próximo corte.

Analisando-se os dados de eficiência de produção de forragem das pastagens das cultivares Marandu, Piatã e Xaraés em relação à produtividade de forragem das pastagens a pleno sol (PS), no decorrer dos 7 anos de avaliação, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares; entretanto a produção relativa de forragem no sistema ILPF decresceu nos três anos iniciais e depois se estabilizou em torno de 39% (Figura 11.10).



**Figura 11.10.** Produção relativa de matéria seca (MS) de forragem de cultivares de *Urochloa brizantha* nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e a pleno sol implantados em 2009. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2021.

A queda acentuada da produção de forragem nas pastagens manejadas nas faixas entre os renques de eucalipto, em relação à pastagem a pleno sol nos três primeiros anos, foi associada à baixa incidência de luz no dossel em função do sombreamento ocasionado pelas árvores. Assim, como forma de tentar reduzir o nível de sombreamento das pastagens, em setembro de 2014 foi realizado, em metade do comprimento de cada renque, um desbaste sistemático de 50% de árvores. Dessa forma, a partir deste desbaste, passou-se a avaliar o sistema original com 333 árvores por hectare (15 x 2 m) e o sistema desbastado com 166 árvores por hectare (15 x 4 m).

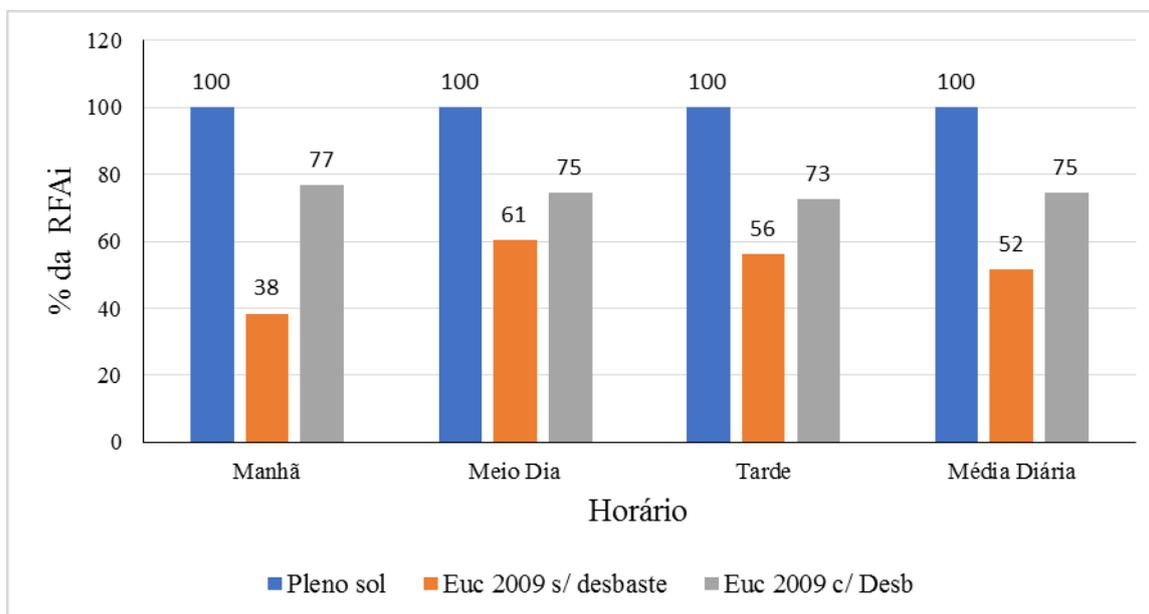
A produção relativa de forragem das pastagens no sistema ILPF desbastado em relação à produção da pastagem a pleno sol variou entre 42 e 56% nos cinco anos avaliados (Figura 11.10), com uma eficiência produtiva média em torno de 48%.

Após a realização do desbaste, em janeiro de 2015, foi feita uma avaliação da porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa incidente (%RFAi) que chegava ao dossel das pastagens entre os renques de eucalipto nos dois sistemas ILPF em relação à radiação incidente no dossel da pastagem a pleno sol. As avaliações foram realizadas em três horários do dia (8h, 12h e 16h) e a RFAi média diária foi de 52% para o sistema mais adensado e de 75% para o sistema desbastado (Figura 11.11).

Constatou-se que o desbaste de 50% das árvores nos sistemas ILPF proporcionou um acréscimo de apenas 23% na RFAi e refletiu em um acréscimo médio na produtividade relativa de forragem de apenas 9% no período entre 2015 e 2019. Esta relação não proporcional entre a RFAi e a produtividade de forragem indica que, além do sombreamento, o componente arbóreo, aparentemente, impõe às pastagens uma pressão de competição por outros fatores de produção, como nutrientes e água.

No período entre outubro de 2015 e novembro de 2016, nas faixas de pastagens com o capim Piatã nos sistemas a PS e ILPF implantados em 2009 (Figura 11.12) e 2011, foi realizado um estudo avaliando a produtividade e os parâmetros agronômicos e bromatológicos da forragem. No decorrer desse período, foram realizados cortes de amostragens das pastagens em sete épocas nos cinco sistemas: ILPF1 2009 com 333 árvores por hectare; ILPF2 2009 com 166 árvores por hectare; ILPF3 2011 com 333 árvores por hectare; ILPF4 2011

com 166 árvores por hectare; e nas pastagens a pleno sol. Também foram avaliadas para as quatro estações do ano a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) no dossel das pastagens.



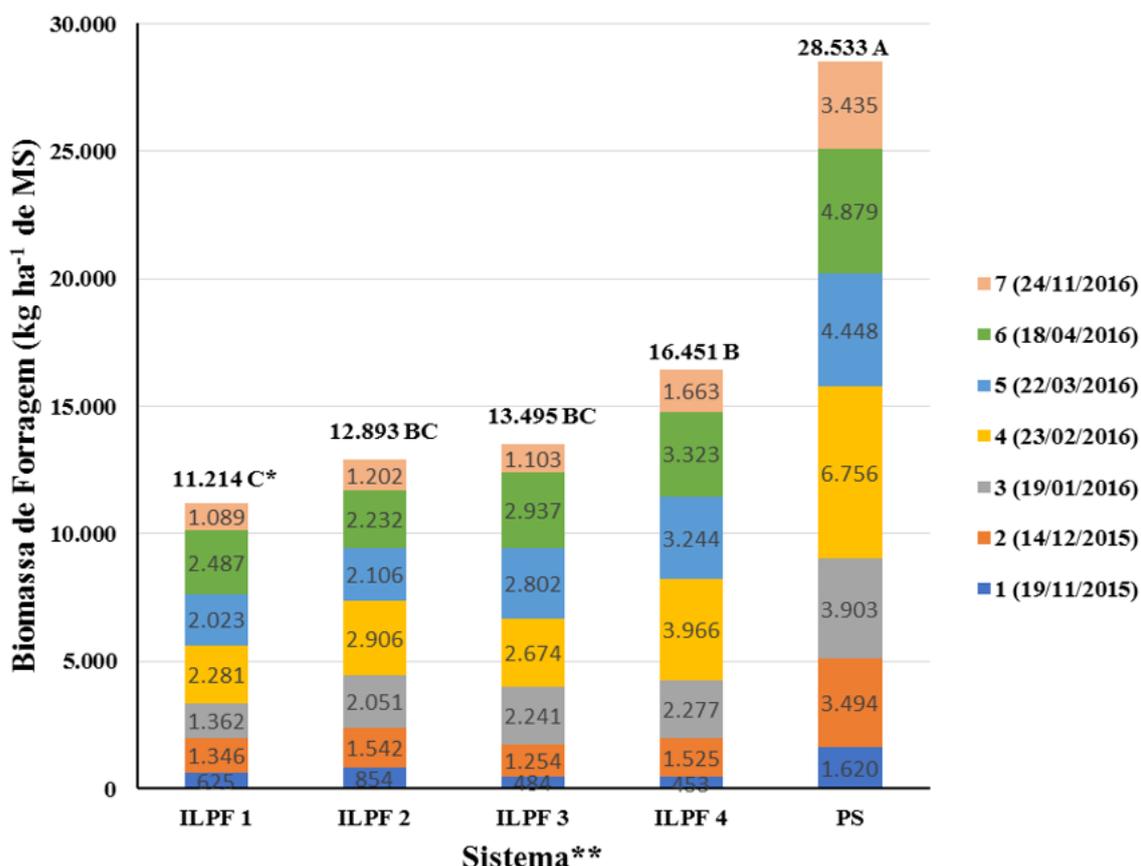
**Figura 11.11.** Porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa incidente (%RFAi) nos sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta e pleno sol em janeiro de 2015. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2015.



Fotos: Miguel Marques Gontijo Neto

**Figura 11.12.** Imagens das pastagens entre os renques de eucalipto nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta implantados em 2009. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

De acordo com Moreira (2018), a biomassa de forragem disponível (BFOR) nos sistemas ILPF foi significativamente inferior à BFOR na pastagem PS em todos os cortes (Figura 11.13). A densidade de árvores entre os sistemas implantados em um mesmo ano (SSP1 x SSP2 e SSP3 x SSP4) não influenciou a disponibilidade de forragem total. Este resultado indica que o desbaste de 50% das árvores no quarto ano e implantação não ocasionou a esperada redução da pressão de competição exercida pelo eucalipto sobre a forrageira (Figura 11.13). Entretanto, quando comparamos os quatro sistemas ILPF avaliados, verificamos uma pequena superioridade na BFOR no ILPF4, mais jovem e com menor densidade de árvores, principalmente nos cortes 4, 5, 6 e 7 (Figura 11.13).



**Figura 11.13.** Valores médios da biomassa da forragem disponível (BFOR, em  $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas pastagens de *U. brizantha* cv. Piatã dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e a pleno sol (PS) nos sete cortes avaliados entre nov./2015 e nov./2016, em Sete Lagoas, MG.

Sistema: ILPF1 2009 com 333 árvores por hectare; ILPF2 2009 com 166 árvores por hectare; ILPF3 2011 com 333 árvores por hectare; ILPF4 2011 com 166 árvores por hectare; e PS: pastagens a pleno sol.

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas diferem pelo teste Tukey, ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Moreira (2018).

Neste sentido, considerando a BFOR acumulada durante todo o período experimental, verificou-se que os sistemas ILPF1, ILPF2, ILPF3 e ILPF4 apresentaram BFOR acumulada correspondentes a aproximadamente 39%, 45%, 47% e 58% da BFOR acumulada na pastagem a PS, respectivamente, com uma tendência de redução no acúmulo de BFOR com o aumento do tempo de implantação do sistema e com o aumento da densidade de árvores. Segundo Moreira (2018), quando analisados de forma conjunta os sistemas ILPF avaliados, verifica-se que estes produziram aproximadamente apenas 47% da BFOR acumulada no sistema PS durante o período experimental. E analisando-se os sistemas ILPF com menores densidades arbóreas (ILPF2 e ILPF4) nos dois momentos de maturidade (5 anos e 7 anos de implantação) verifica-se uma produção de forragem próxima de 51% da produção a PS, enquanto os sistemas com maiores densidades (ILPF1 e ILPF3) produziram apenas 43% (Moreira, 2018).

Moreira (2018), analisando a altura e a proporção dos componentes morfoanatômicos da BFOR nos cortes e sistemas avaliados, verificou que as maiores variações ocorreram entre os cortes (Tabela 11.6). Nesse sentido, em todos os sistemas de produção, as porcentagens de folhas na biomassa de forragem foram maiores no início da estação de crescimento, decrescendo até o final desse período. Em relação aos aspectos de qualidade de forragem, foi observado efeito significativo para os sistemas avaliados, as épocas de cortes e para a interação sistema x corte para a DIVMS e teores de PB, FDN e FDA da forragem de folhas e da planta inteira. Os valores médios dos teores de PB de folhas apresentaram comportamento mais estável no decorrer da estação de crescimento. Verificou-se uma tendência de maiores teores de PB nas folhas de alguns sistemas ILPF em relação ao PS (cortes 2, 3, 4 e 5). Além disso, quando analisados apenas os SSPs, observou-se uma tendência de maiores teores de PB nos sistemas mais jovens (ILPF 3 e ILPF 4) e, entre sistemas de mesmo tempo de implantação, maiores teores nos sistemas com maior densidade arbórea (ILPF 1 e ILPF 3).

**Tabela 11.6.** Valores médios dos sete cortes e desvio padrão da altura de plantas, porcentagem de folha na MS de forragem e teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da biomassa de folhas presentes na forragem nos sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta e pleno sol (PS). Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Sistema <sup>(1)</sup>	Altura (cm)	% Folha na forragem	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)
ILPF 1	0,59±0,14	58,21±15,5	13,5 ±1,4	66,5 ±1,7	33,2 ±1,9	66,2 ±3,2
ILPF 2	0,59±0,15	58,7 ±15,8	12,5 ±1,3	67,1 ±4,3	32,9 ±3	64,7 ±3,7
ILPF 3	0,52±0,11	54,43±17,4	15,5 ±1,6	64,0 ±3,5	31 ±1,8	67,9 ±4,6
ILPF 4	0,52±0,09	54,2 ±18,3	13,9 ±2,3	65,3 ±4,0	31,5 ±2	66,8 ±6,1
PS	0,53±0,14	56,36±18,5	11,8 ±3,2	67,7 ±6,9	34,3 ±5,3	63,0 ±9,8

<sup>(1)</sup> Sistema: ILPF1 2009 com 333 árvores por hectare; ILPF2 2009 com 166 árvores por hectare; ILPF3 2011 com 333 árvores por hectare; ILPF4 2011 com 166 árvores por hectare; e PS: pastagens a pleno sol.

Fonte: Moreira (2018).

Em relação à porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) nos sistemas e nas diferentes estações do ano, Moreira (2018) observou efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para os sistemas, épocas de avaliação e para a interação entre sistemas x época (Tabela 11.7). A RFAi nas pastagens entre os renques de eucalipto foi significativamente ( $p < 0,05$ ) inferior à radiação na pastagem a pleno sol exceto no inverno com os sistemas com menores densidade arbórea. Mesmo nas estações do ano em que foram observadas as maiores produções de forragem, a interceptação luminosa ocasionada pelas arbóreas esteve acima de 30%, indicando um forte nível de sombreamento nestas pastagens.

Com exceção da primavera, não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas silvipastoris (SSPs) avaliados, indicando que o nível de interceptação da RFA, ocasionado pelos renques de eucalipto, atingiu um patamar médio em torno de 45% já no quinto ano após a implantação dos sistemas ILPF, não sendo observadas diferenças significativas entre os sistemas com 5 e 7 anos de implantação (Tabela 11.7).

Também não foi observada diferença significativa na RFAi entre os sistemas mais adensados em relação aos desbastados com mesmo tempo de implantação (ILPF1 x ILPF2 e ILPF3 x ILPF4), indicando que o arranjo espacial avaliado (15 m entre renques), mesmo nas áreas com o desbaste de árvores (ILPF2 e ILPF4), apresentou uma média anual superior em 10% e 12% na %RFAi em

relação aos sistemas adensados (ILPF1 e ILPF3). Além disso, a redução em 50% da população arbórea não foi suficiente para alterar de forma consistente a RFAi na pastagem no sub-bosque. Cabe destacar que neste estudo verificou-se uma forte correlação direta entre a BFOR e a RFA incidente ( $r = 0,890^{**}$ ), indicando que o sombreamento exercido pelas árvores pode ser a principal causa da redução na produção da pastagem nos sistemas ILPF.

**Tabela 11.7.** Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi, %) no dossel forrageiro de *U. brizantha* cv. Piatã em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Piatã em sistemas silvipastoris com *Eucalyptus* ssp. sob diferentes densidades e anos de implantação em relação a pastagem a pleno sol, conforme as estações climáticas <sup>(1)</sup>.

Sistema <sup>(2)</sup>	Radiação fotossinteticamente ativa incidente nas estações do ano (%)				
	Primavera 16/12/2015	Verão 1º/2/2016	Outono 6/4/2016	Inverno 25/8/2016	Média
<b>ILPF1</b>	62,79 abBC	52,11 bcB	36,69 cB	76,98 aB	57,14
<b>ILPF2</b>	71,28 aB	68,89 aB	45,99 bB	85,57 aAB	67,93
<b>ILPF3</b>	46,00 bC	49,40 bB	46,28 bB	77,39 aB	54,77
<b>ILPF4</b>	56,89 bBC	65,87 bB	52,82 bB	88,95 aAB	66,13
<b>PS</b>	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

<sup>(2)</sup> Sistema: ILPF1 2009 com 333 árvores por hectare; ILPF2 2009 com 166 árvores por hectare; ILPF3 2011 com 333 árvores por hectare; ILPF4 2011 com 166 árvores por hectare; e PS: pastagens a pleno sol.

Fonte: Moreira (2018).

Com base nos resultados observados em seu trabalho, Moreira (2018) apresentou as seguintes conclusões: as pastagens de *U. brizantha* cv. Piatã nos sistemas ILPF avaliados, sofreram reduções significativas na RFA incidente e, conseqüentemente, reduções significativas na produção de biomassa de planta inteiras e de folhas, entretanto, não afetaram as proporções dos componentes morfoanatômicos (lâminas foliares, colmos e material morto) na forragem quando comparadas à pastagem a pleno sol; o sombreamento causado pelos renques de eucalipto nos sistemas ILPF impactou positivamente a qualidade da forragem, especialmente os teores de PB e a DIVMS em relação à forragem produzida a pleno sol; o desbaste de 50% das árvores nos sistemas ILPF não apresentou efeito significativo sobre a RFAi nem sobre a produção de forragem durante o período experimental avaliado; o avanço de cinco para sete anos no tempo de implantação dos sistemas ILPF não afetou a RFAi no sub-bosque, entretanto,

causou reduções na produção e na qualidade da forragem produzida; e resultados de produção de forragem observados nos sistemas ILPF indicam uma forte redução na produção pecuária nestes sistemas de produção, gerando a expectativa de que a comercialização do componente florestal compense a perda de receita da produção animal.

### **Produção florestal nos sistemas avaliados**

As árvores consorciadas com lavoura e/ou pastagem vêm demonstrando mais impactos positivos do que negativos no sistema ILPF. Elas beneficiam o rebanho com conforto térmico, atuam na ciclagem de nutrientes, incluindo as camadas mais profundas do solo, fazem a compensação de gases do efeito estufa e geram uma renda extra com a madeira. Mas exigem gastos com cercas e manutenção e dificultam a movimentação de máquinas na lavoura, além da sombra reduzir a produtividade da pastagem e limitar o cultivo agrícola até uma determinada altura (ou idade) do povoamento.

Mas o maior desafio do componente florestal em sistemas ILPF é a sua comercialização. Por fornecerem geralmente baixa produção de madeira por área, ocupando pequenas áreas de plantio na maioria dos casos, as árvores não são atrativas para sustentar estoques na produção de papel, celulose e carvão, consumo de lenha, cavacos para energia e uso de madeira picada em painéis, restando como opções mercados mais instáveis, como o da madeira tratada e da madeira serrada. De qualquer forma, mesmo que não exista uma cadeia estruturada para o consumo de madeira gerada em sistemas ILPF, ainda assim é possível gerar receitas complementares às atividades pecuárias.

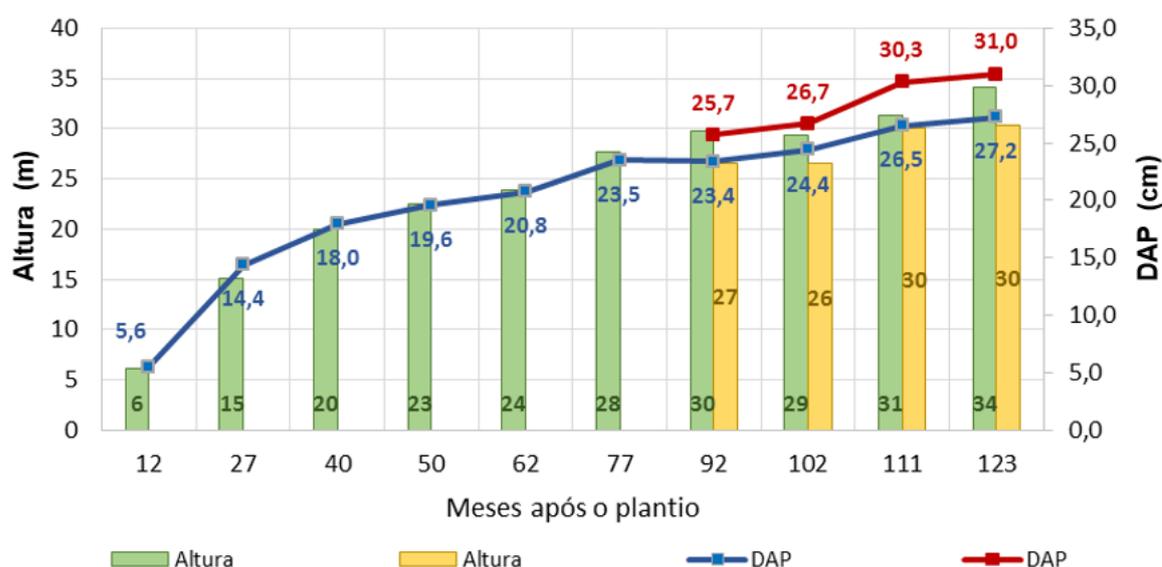
Os resultados dos inventários florestais realizados são apresentados para os três sistemas até o ano de 2019, com crescimento e produção sem e com desbaste de 50% das árvores nos plantios de 2009 e 2011, e sem desbaste no plantio de 2013. A intensidade amostral foi maior do que 10%. Todos os plantios têm aproximadamente 1 ha, com seis renques espaçados em 15 m, sendo cada renque com árvores plantadas de 2 m em 2 m. Após os desbastes realizados no ano de 2015 em 0,5 ha de cada sistema, em 2009 e 2011, o espaçamento entre árvores ficou em 4 m. A seguir, são apresentados os parâmetros mais relevantes da produção florestal observados e, na sequência, as produtividades e a estratificação por uso da madeira projetadas para as idades de 12 anos

(144 meses) e 15 anos (180 meses), respectivamente. Todos os resultados projetados foram gerados pela aplicação CalcMadeira®, que está em fase de protótipo, desenvolvida em linguagem VBA, com módulos de projeção de crescimento, desdobro e análise econômica.

### Resultados observados no componente florestal

Nos sistemas ILPF instalados na Embrapa Milho e Sorgo em 2009, 2011 e 2013, apresentaram-se os resultados de produção florestal como um subsídio para decisões sobre a implantação do componente florestal em sistemas integrados e as alterações dendrométricos observadas após a prática do desbaste de 50% das árvores no quinto de ano implantação. Assim, anualmente foi realizado o inventário florestal avaliando a altura e o diâmetro na altura do peito (DAP) de árvores previamente definidas e identificadas nos sistemas ILPF. Essas informações são relevantes, pois são utilizadas em modelos para estimativa de volume de madeira e para projeções futuras.

As alturas e o DAP observados em campo para os renques implantados em 2009 (com e sem desbaste) encontram-se dispostos na Figura 11.14. Cabe destacar o efeito provocado pelo desbaste de 50% das árvores no quinto ano após a implantação, indicando uma menor altura média e um maior DAP, em relação às árvores do sistema sem desbaste, já no segundo ano após o desbaste.



**Figura 11.14.** Altura (m) e diâmetro na altura do peito (DAP, cm) médios das árvores de eucalipto implantadas em 2009 nos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta com e sem desbaste de 50% aos 67 meses de idade. Sete Lagoas, MG, 2020.

No inventário florestal uma das principais funções do ponto de vista econômico é estimar o estoque de madeira da floresta e sua produção a fim de direcionar a matéria-prima ao seu determinado uso. Desta maneira, nos sistemas de inventário florestal é imprescindível o estudo detalhado de equações volumétricas visando à representatividade de informações sobre o volume de madeira a ser obtido. Existem na literatura diversas equações ajustadas para a estimação do volume de madeira para o eucalipto, entretanto, a grande maioria foi ajustada e validada para florestas adensadas em monocultivo, sendo pouco frequentes modelos ajustados para sistemas integrados com baixa densidade de árvores por hectare.

Com base nos dados de crescimento dendrométricos das árvores levantados em campo nos sistemas ILPF, na URTP da Embrapa Milho e Sorgo, foi possível realizar o ajuste e a validação de equações volumétricas para árvores de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. Assim, para obtenção do volume, foram realizadas cubagens rigorosas, com o abate de 12 árvores, 24 árvores e 27 árvores, nas idades de 5 anos, 4 anos, 6 anos nos sistemas 2009, 2011 e 2013, respectivamente. Com os dados de diâmetro e altura ao longo do tronco foram ajustadas equações para a forma da árvore pelo modelo de Kozak (Kozak et al., 1969), e com os volumes de cada árvore cubada, pareada com seu diâmetro na altura do peito e a altura total, foi ajustado o modelo de Schumacher e Hall (1933). Os coeficientes das equações de forma e volume e o fator de forma para cada sistema estão apresentados na Tabela 11.8.

Os volumes de madeira estimados produzidos pelos sistemas ILPF implantados em 2009 e 2011, com e sem o desbaste, e do sistema implantado em 2013 são apresentados na Figura 11.15.

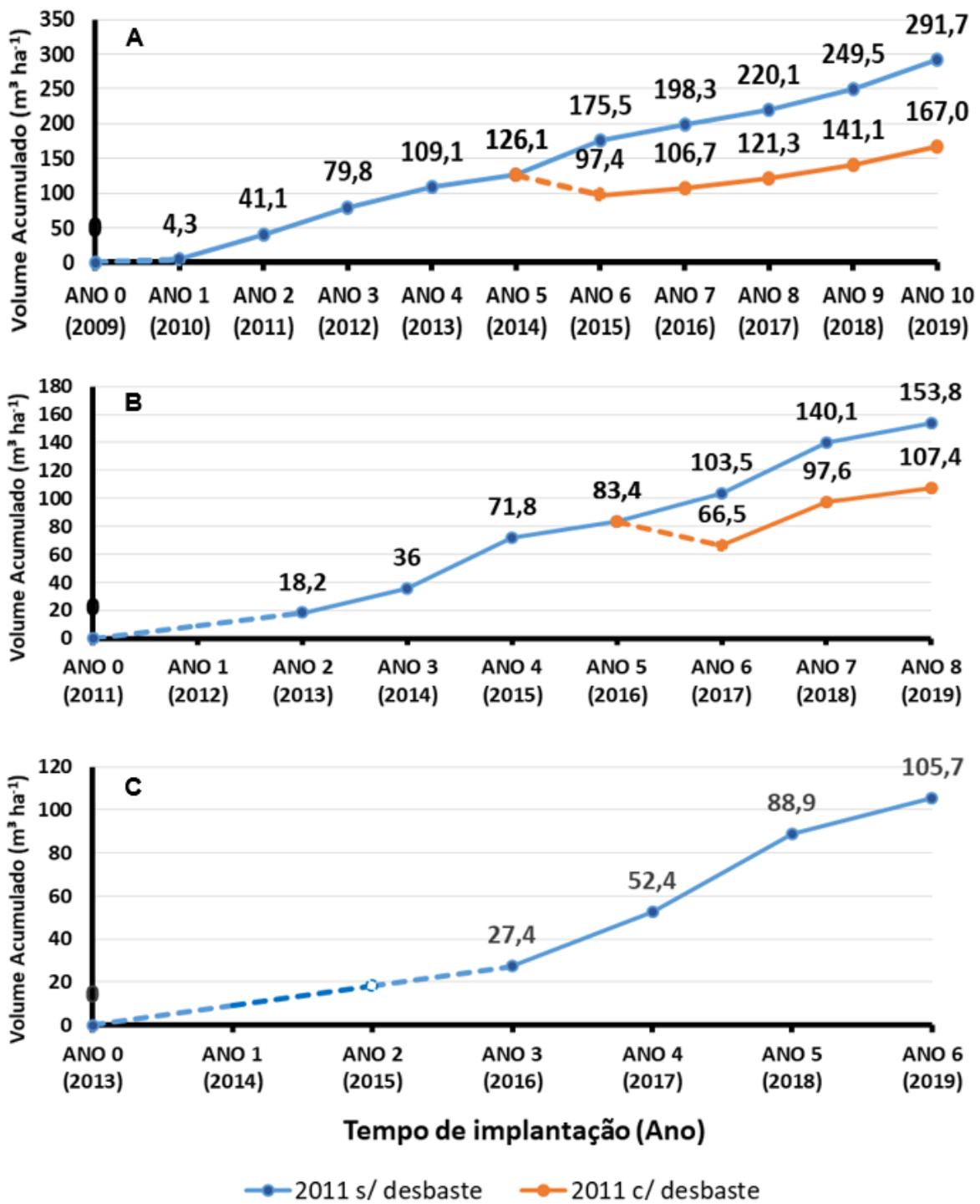
Os volumes de madeira produzidos até o sexto ano nos sistemas ILPF implantados em 2009, 2011 e 2013, no espaçamento 15 x 2 m, sem desbastes, foram estimados em 175,5; 103,5 e 105,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A produção média dos três sistemas correspondeu a 128,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, refletindo em um incremento médio anual (IMA) de 21,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 11.15). Para os sistemas implantados em 2009 e 2011 que receberam o desbaste sistemático de 50% das árvores no quinto ano pós-implantação, onde foram colhidos para comercialização 63,0 e 41,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, as produções de madeira no sexto ano foram estimadas em 97,4 e 66,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, com volume médio de 81,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>,

ressaltando que, após o desbaste, os sistemas passaram a ter apenas 166 árvores por hectare (espaçamento entre árvores de 15 x 4 m).

Analisando a produção de madeira no oitavo ano pós-implantação, o volume médio estimado para os sistemas sem desbaste implantados em 2009 e 2011 foi de 186,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, refletindo em um IMA médio em torno de 23,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 11.15). Para os sistemas desbastados, o volume médio de madeira estimado para os dois sistemas foi de 114,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Finalmente, os volumes de madeira estimados para o sistema implantado em 2009 após 10 anos de implantação foram de 297,1 e 167,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para os sistemas sem e com desbaste, respectivamente, com um IMA de 29,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para o sistema original.

**Tabela 11.8.** Parâmetros da equação de a) forma (modelo de Kozak) e de b) volume (modelo de Schumacher e Hall), e c) fatores de forma, para árvores de *Eucalyptus urograndis* GG100 dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em 2009, 2011 e 2013. Sete Lagoas, MG, 2020.

<b>a) Coeficientes da equação de forma</b>			
$(di/Dap)^2 = b_0 + b_1(hi/Ht) + b_2(hi/Ht)^2 + u$			
Parâmetros	2009	2011	2013
b0	1,135227	1,202215	1,151503
b1	-1,94028	-2,15613	-2,06121
b2	0,867323	0,9823	0,92366
R2	0,934688	0,973819	0,886936
<b>b) Coeficientes da equação de volume por árvore</b>			
$V(m^3) = \exp(b_0 + b_1 \ln(Dap) + b_2 \ln(Ht) + u)$			
Parâmetros	2009	2011	2013
b0	-8,96654	-9,85658	-10,2615
b1	1,819959	1,85822	1,736131
b2	0,79531	1,002602	1,229538
R2	0,950638	0,977647	0,978181
<b>c) Fator de forma</b>			
	2009	2011	2013
Média ± DP	0,4514 ± 0,0491	0,4491 ± 0,0194	± 0,0247



**Figura 11.15.** Volumes de madeira de eucalipto produzidos anualmente nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta implantados em (A) 2009 e (B) 2011, com e sem desbaste de 50%, e em (C) 2013. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2020.

As diferenças em produtividade de madeira entre as árvores implantadas em 2009 e as nos anos posteriores podem estar relacionadas a variações anuais nos índices pluviométricos observados no local. Durante o monitoramento dos três sistemas ocorreram dois períodos com forte déficit hídrico, de 2012 a 2014, e outro de 2016 a 2017. Como o plantio de 2009 já estava com três anos no início do primeiro período de baixas precipitações, e os plantios de 2011 e 2013 iniciaram o crescimento neste período, com estiagem severa, espera-se que ocorram diferenças entre taxas de crescimento e produção na comparação entre os três sistemas, por estes terem atravessado situações climáticas diferentes.

### **Projeções de produção e de estratificação do componente florestal**

Com base nos dados dos inventários florestais realizados e na utilização do aplicativo CalcMadeira foram realizadas projeções de crescimento e de desdobro das árvores visando obter estimativas de renda futura.

Na Tabela 11.9, são apresentados atributos para duas datas de inventário e para a data de projeção, aos 12 anos de cada sistema ILPF (2009, 2011, 2013), sem e/ou com desbaste. Embora as idades amostradas sejam diferentes entre os sistemas, é possível observar a influência do regime hídrico na magnitude dos atributos. Com uma diferença de 3,2 meses entre idades, o sistema de 2009 atingiu um volume por árvore maior do que o dobro do volume do sistema de 2011, em aproximadamente 3 anos. Esta discrepância foi reduzindo gradativamente com o tempo, chegando a 37% com aproximadamente oito anos de idade em ambos os sistemas. Ou seja, o sistema afetado pela estiagem na fase de crescimento não recuperou sua capacidade produtiva totalmente.

Podemos observar que a retirada de metade do estande, com o desbaste de 50% das árvores aos 47 meses de idade, promoveu um aumento no diâmetro delas, embora não houvesse alteração na altura média entre os eucaliptos dos sistemas com 333 árvores por ha e com 166 árvores por ha. A menor densidade de árvores promoveu um aumento de 20% no crescimento em DAP, alcançando o valor médio de 26,3 cm aos 144 meses. Este incremento é interessante, pois o maior diâmetro das toras propicia maiores rendimentos para serraria, agregando valor ao produto. O desbaste também se refletiu no volume individual das árvores, por volta de 42% maior.

**Tabela 11.9.** Atributos observados (1º inventário e 2º inventário) e projetados para 12 anos (144 meses), sem e com desbaste, para os plantios em 2009, 2011 e 2013. Sete Lagoas, MG, 2020.

Atributo	5/2/2009				24/10/2011				29/10/2013		
	1º inv.	2º inv.	Proj. sem desb.	Proj. com desb.	1º inv.	2º inv.	Proj. sem desb.	Proj. com desb.	1º inv.	2º inv.	Proj.
Data	4/6/12	14/8/17	5/2/21	5/2/21	13/11/14	12/11/19	24/10/23	24/10/2023	11/10/16	18/7/19	29/10/25
Meses	39,9	102,3	144,1	144,1	36,7	96,7	144,1	144,1	35,4	68,6	144,1
Amostra (árvores)	40	38	38	38	30	42	42	42	42	43	43
Falhas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mín. DAP (cm)	15,55	21,4	26,5	27,2	11,7	16,7	18,5	26,6	8	12,9	18,3
Máx. DAP (cm)	21,75	28,4	36,2	39,2	16,95	30,6	32,9	42,2	16,5	26,2	39,5
Med. DAP (cm)	18,42	24,40	30,5	33,4	14,20	21,92	24,7	32,1	12,51	20,15	30,7
DAP med. (Dg)	18,23	24,47			14,27	22,06			12,67	20,33	
Altura min. (m)	15,10	18,20			11,40	24,60			10,00	16,90	
Altura máx. (m)	23,10	33,10			16,40	29,50			16,10	25,30	
Altura dom (m)	20,4	29,44	31,8	30,0	14,5	27,79	32,5	32,1	13,6	22,09	29,6
Vol. por árv. (m³)	0,265	0,634	0,947	1,203	0,108	0,461	0,615	1,167	0,082	0,317	0,963
Árvores por hectare	309,52	333,33	333,33	166,67	333,33	333,33	333,33	166,67	333,33	333,33	333,33
Área basal (m² ha⁻¹)	8,28	14,91	19,20	14,73	5,33	12,74	13,75	13,64	4,20	10,82	24,88
Vol (m³ ha⁻¹)	84,04	211,37	315,59	200,45	36,00	153,76	204,84	194,56	27,44	105,66	321,12
Vol (m³ ha⁻¹) remov.				94				36			

É importante destacar que, quando se trabalha em um sistema integrado com presença do componente arbóreo com reduzido número de árvores por hectare, buscar a agregação de valor ao produto madeireiro deve ser prioritário para a viabilidade do empreendimento. Por isso, a estimativa para o crescimento do eucalipto para usos mais nobres de sua madeira é de 15 anos, período suficiente para amadurecimento do cerne e consolidação do seu uso como madeira serrada. Considerando o potencial de produção de madeira nestes dois estandes, foi feita uma projeção de estimativa de volume e rendimento de madeira para o ano 2026 neste ILPF implantado em 2011 (Costa et al., 2021). Nesse trabalho, foram usadas equações de forma e volume do próprio povoamento, e as árvores foram projetadas para 2026 e desdobradas pelo modelo do quadrado circunscrito. Para avaliação da madeira serrada, consideram-se toras com diâmetros maiores que 18 cm. Os resultados do desdobro e as dimensões utilizadas para as peças são apresentados na Tabela 11.10.

**Tabela 11.10.** Projeção da produção e desdobro da madeira de eucalipto, para 180 meses (15 anos), plantado em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta sob duas densidades de árvores. Sete Lagoas, MG, 2020.

Diâmetro (cm)	Altura (m)	Utilização para Madeira Roliça	333 árvores por hectare		166 árvores por hectare	
			Peças por utilização (nº)	Volume utilizado (m <sup>3</sup> )	Peças por utilização (nº)	Volume utilizado (m <sup>3</sup> )
6 – 8	2,2	Mourão para cercas	333	4	190	2
8 – 10	2,2	Escoramento para fruticultura	238	5	114	2
10 – 12	3,2	Esticador para fruticultura/instalação de telas	230	9	114	5
12 – 14	3,2	Esticador intermediário	246	13	104	6
14 – 16	3,2	Esticador para cerca	285	20	104	7
16 – 18	3,2	Esticador para cerca/ curral intermediário	135	12	47	4
18 – 20	3,2	Esticador para cerca, curral canto, cancela	103	12	57	6
20 – 30	7	Postes	428	149	237	87
>30	6	Madeira serrada	16	8	237	155
<b>Peças madeira roliça no povoamento</b>			<b>2.014</b>	<b>231</b>	<b>1.205</b>	<b>275</b>
Diâmetro (cm)	Altura (m)	Utilização para Madeira Serrada	Peças por utilização (nº)	Volume utilizado (m <sup>3</sup> )	Peças por utilização (nº)	Volume utilizado (m <sup>3</sup> )
2 – 10	2 – 4	Sarrafo				
5 – 7	2 – 2	Ripão			114	0,35
5 – 8	4 – 8	Caibro			28	0,26
7 – 8	7 – 8	Pontalete				
2 – 5	1 – 2	Ripa	436	0,47	688	0,92
8 – 16	4 – 8	Viga				
10 – 100	1 – 4	Tábua	1.911	23,69	925	11,47
16 – 100	4 – 7	Prancha				
16 – 100	7 – 16	Pranchão	761	26,43	1.622	56,32
<b>Peças madeira serrada no povoamento</b>			<b>3.108</b>	<b>50,59</b>	<b>3.377</b>	<b>69,32</b>

Fonte: Costa et al. (2021).

- O desbaste, neste caso, pode ser importante sob diferentes aspectos:
- 1) aproveitado para gerar uma renda intermediária ao proprietário, uma vez que foram retirados 35 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de madeira, com 20 m de altura;
  - 2) promover o crescimento em diâmetro do povoamento remanescente, fornecendo ao final árvores mais grossas e com maior potencial de valor agregado (madeira serrada);
  - 3) promover redução do sombreamento e aumento da insolação no sistema, favorecendo a pastagem do estrato inferior.

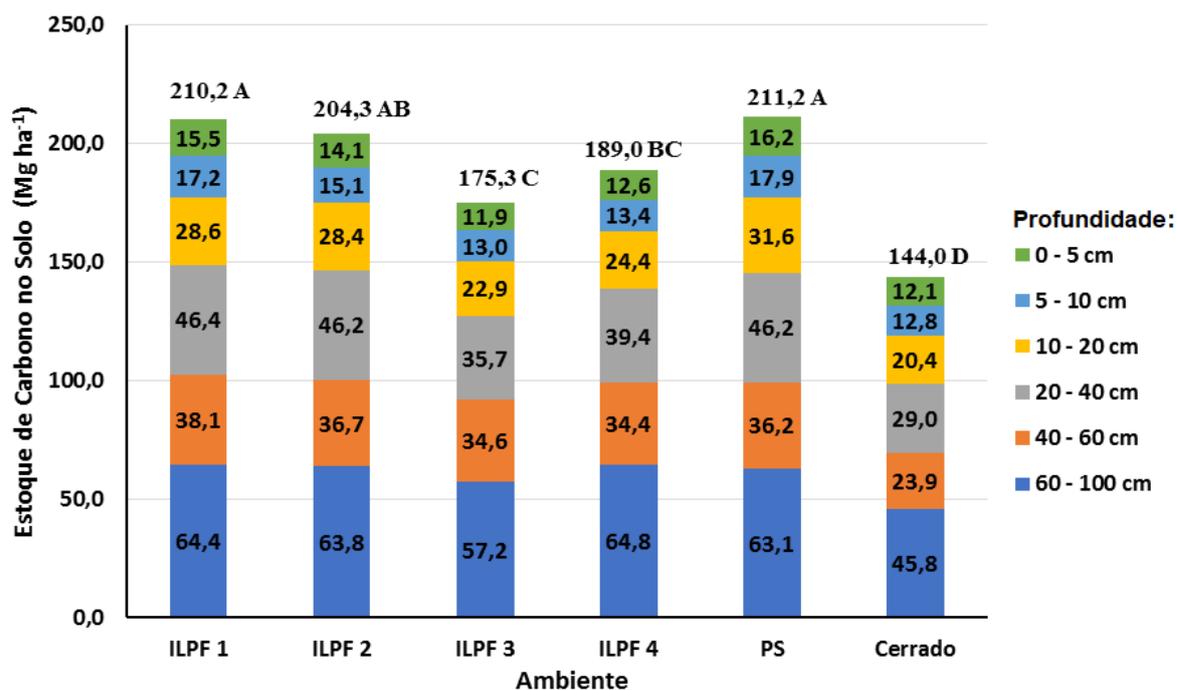
## **Resultados de estoque de carbono no solo dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**

A dinâmica dos fluxos de gases de efeito estufa é alterada pela mudança de uso da terra e pelos sistemas de manejos de solo. O setor agrícola é responsável por parte das emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O da biosfera para atmosfera. A conversão de cerrado nativo para sistemas de cultivo tem aumentado a emissão destes gases, porém a redução das emissões com incremento no estoque de carbono no solo (ESC) por adoção de sistemas ILPF tem sido estudada mais recentemente por alguns autores (Schmidt et al., 2017; Leite et al., 2013; Loss et al., 2011; Muller et al., 2009).

Em março de 2016, foram abertas trincheiras na pastagem a pleno sol, no cerrado nativo e nas faixas entre os renques de eucalipto nos sistemas ILPF para a coleta das amostras de solo para análises dos teores de carbono e densidade aparente, visando obter estimativas dos estoques de carbono no solo nestes ambientes.

O solo sob cerrado nativo apresentou estoques de carbono fixado ao solo inferiores aos demais sistemas de cultivo, independentemente das camadas consideradas para estimativa do C (Figura 11.16). Segundo Moreira (2018), entre os sistemas avaliados, os ESC foram similares na camada superficial do solo (0–5 cm) e, a partir da camada 5–10 cm, os maiores valores apresentados no solo da pastagem PS e os valores inferiores observados no solo sob cerrado não diferiram dos demais sistemas.

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que no perfil total do solo amostrado (0–100 cm), os valores superiores dos ESC foram verificados na pastagem (PS) e nos sistemas integrados (ILPF1 e ILPF2), áreas com sete anos de implantação (Figura 11.16). Deste modo, quando manejado adequadamente o solo, a pastagem ou plantios de eucalipto na modalidade de sistemas integrados podem contribuir para o aumento do estoque de carbono no solo, com os sistemas ILPF apresentando uma capacidade de fixação de C de até 30,7% superior ao solo sob cerrado, enquanto a pastagem a pleno sol bem manejada pode apresentar ESC 46,6% superior ao solo sob cerrado (Moreira, 2018). Entretanto, até o sétimo ano pós-implantação, a presença de árvore nos sistemas silvipastoris não foi capaz de elevar os teores de carbono no solo em maiores profundidades quando comparados com a pastagem a pleno sol.



**Figura 11.16.** Valores médios de estoque de carbono do solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em diferentes estratos de profundidades do solo e total, sob diferentes ambientes, em Sete Lagoas, MG..

Ambiente: ILPF1 2009 com 333 árvores por hectare; ILPF2 2009 com 166 árvores por hectare; ILPF3 2011 com 333 árvores por hectare; ILPF4 2011 com 166 árvores por hectare; e PS: pastagens a pleno sol e CER: cerrado, em Sete Lagoas, MG.

Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Moreira (2018).

Com base nos resultados observados, Moreira (2018) conclui que a conversão do cerrado nativo em pastagens a pleno sol ou em sistemas ILPF pode promover o aumento nos estoques de C no solo, notadamente mais expressivos nos sistemas cultivados por maiores períodos de tempo, apresentando-se como sistemas de produção agropecuário potencialmente interessantes no tocante ao balanço de gases de efeito estufa para a atmosfera e, conseqüentemente, atenuando o aquecimento global.

### Considerações finais

Sistemas integrados de produção embasados na estratégia ILPF têm sido difundidos em várias regiões do Brasil e permitem a continuidade na produção de alimentos com intensificação no uso da terra de maneira econômica e sustentável. A otimização das interações biológicas e os efeitos sinérgicos entre árvores e cultivos agrícolas e/ou criação de animais nestes sistemas têm proporcionado benefícios agrônômicos, econômicos e ambientais aos empreendimentos rurais. Dessa forma, os sistemas ILPF são sistemas de

produção que atendem aos objetivos necessários para uma agricultura de baixa emissão de carbono nos trópicos.

O planejamento é fundamental na implantação de um sistema ILPF e deve levar em conta tudo aquilo que o sistema irá demandar no intervalo de um ciclo completo das atividades agrossilvipastoris, visto que pelo menos o componente florestal não poderá ser mudado após sua implantação e isso poderá demorar uma ou duas dezenas de anos.

É importante ressaltar que, quando se opta pela implantação de um sistema integrado de produção com a presença do componente arbóreo, é preciso estar ciente da maior complexidade de manejo e da necessidade de buscar a agregação de valor ao produto florestal, uma vez que este normalmente exerce uma pressão de competição muito forte sobre a lavoura e as pastagens. De uma maneira geral, é preciso ter em mente que a maior rentabilidade entre os componentes do sistema deve advir da produção florestal. Assim, durante a etapa do planejamento, é fundamental que seja realizada uma prospecção de mercado regional para a comercialização dos produtos florestais.

O componente florestal a ser utilizado nos sistemas ILPF deve ser de espécie ou cultivar adaptada à região e, preferencialmente, apresentar qualidades para obtenção de multiprodutos (por exemplo, serraria, postes para tratamento, lenha, resinas, frutos, etc.). Também deve apresentar rápido crescimento inicial para possibilitar o retorno mais rápido dos animais para a área. Após a implantação, é importante a realização de práticas de manejo silviculturais adequadas, principalmente quanto à realização da desrama e controle sistemático de formigas e, quando necessário, deve-se realizar o desbaste de uma parcela das árvores. Neste sentido, em função da maior complexidade dos sistemas ILPF, a assistência técnica nas etapas de planejamento e condução do sistema pode contribuir significativamente para o sucesso do empreendimento.

Outro aspecto relevante é que normalmente o produtor não irá implantar o sistema em toda a propriedade no mesmo momento, ou seja, deve-se dividir a propriedade em glebas e ir introduzindo o sistema integrado anualmente em uma das glebas. Assim, após alguns anos implantando o sistema, sempre haverá na propriedade glebas com cultura anual, glebas com pecuária e até mesmo gleba com receita da exploração florestal.

Finalmente, a implantação e condução da URTP ILPF da Embrapa Milho e Sorgo permitiu a geração de informações e validação de tecnologias relevantes, uma vez que o monitoramento por longo prazo e em caráter multidisciplinar de sistemas de produção integrados, principalmente quando presente o componente arbóreo, é fundamental para identificação e mensuração das interações entre os componentes e para determinação de coeficientes técnicos e econômicos necessários para o planejamento e a condução de sistemas de produção em escala comercial.

Nesse sentido, o resultado mais expressivo verificado nos 10 anos de avaliação do consórcio eucalipto-milho-capim na URTP ILPF da Embrapa Milho e Sorgo foi o enorme aprendizado no tema, tanto pelo acompanhamento técnico-científico do ensaio como pela profícua troca de informações entre a equipe envolvida, técnicos, produtores rurais e estudantes que, em algum momento, estiveram envolvidos nas ações realizadas.

## Referências

- BRASIL. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico do Milho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 246, 23 dez. 2011. Seção 1, p. 3-5.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 18, de 4 de julho de 2012. Altera os incisos IV e VI do art. 25 e o art. 31, todos da Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 129, 5 jul. 2012. Seção 1, p. 10.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. de; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>.
- CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 1, p. 83-99, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000100013>.
- COSTA, T. C. C.; SILVA, A. F.; TEMPONI, L. M.; VIANA, J. H. M. Probabilistic classification of tree and shrub vegetation on phytogeographic system. **Journal of Environmental Science and Engineering**, v. 4, p. 315-330, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2015.06.003>.
- COSTA, T. C. e C. da; CAMPANHA, M. M.; FRANÇA, L. F. M. CalcMadeira: sistema para estimativa de peças de madeira roliça e serrada. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 885-905.
- GONTIJO NETO, M. M.; SIMÃO, E. de P.; QUEIROZ, L. R.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. Produtividade de grãos e forragem de milho consorciado com *Braquiária decumbens* em diferentes distâncias em relação a renques de eucalipto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos**. Campinas: Instituto Agrônomo; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A. dos; SIMÃO, E. de P.; CAMPANHA, M. M. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 2, p. 183-191, 2014.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**: outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388 p.

KOZAK, A.; MUNRO, D. P.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in forest inventory. **Forest Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc45278-4>.

LEITE, L. F. C.; ARRUDA, F. P. de; COSTA, C. do N.; FERREIRA, J. da S.; NETO, M. R. H. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1257-1263, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C. dos; SILVA, E. M. R. da. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia**, v. 29, n. 2, p. 11-19, ago. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000200002>

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>.

MOREIRA, E. D. S.; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; BORGHI, E.; SANTOS, C. A. dos; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. Production efficiency and agronomic attributes of corn in an integrated crop-livestock-forestry system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 419-426, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000400003>.

MOREIRA, E. D. S. **Produtividade e valor nutritivo de *Urochloa brizantha* cv. Piatã e qualidade do solo em sistemas silvipastoris na região central de Minas Gerais**. 2018. 137 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

MULLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. de F. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na zona da mata mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 11-17, dez. 2009. DOI: <https://doi.org/10.4336/2009.pfb.60.11>.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. C.; VENTURIN, N.; BOTELHO, S. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; MAGALHÃES, W. M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v. 13, p. 40-50, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. de; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 917-923, jul. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700017>.

PARIZZI, F. C. O processo de classificação e a legislação para a comercialização de grãos. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 6., 2014, Maringá. **Anais**. Londrina: ABRAPÓS, 2014. p. 36-41.

PEREIRA, C. E.; TYSKA, D.; MARTINS, A. C.; BUTZEN, F. M.; MALLMANN, A. O.; MALLMANN, C. A. Peso específico do milho e sua relação com ergosterol, micotoxinas e energia. **Revista Ciências da Vida**, v. 28, p. 186-188, 2008.

PIMENTEL, M. A. G. **Qualidade e classificação de grãos de milho colhidos e armazenados nas safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 219).

PIMENTEL, M. A. G.; SIMÃO, E. de P.; SILVA, I. H. S. da; GONTIJO NETO, M. M.; QUEIROZ, L. R. Qualidade de grãos de milho produzidos em sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na região Central de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos.

Campinas: Instituto Agrônomo; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 3360-3366.

SIMÃO, E. de P.; GONTIJO NETO, M. M.; QUEIROZ, L. R.; CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, I. H. S. da. Avaliação de cultivares de braquiária entre renques de eucalipto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. **A produção animal no mundo em transformação**: anais. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012. 1 CD-ROM.

SIMÃO, E. de P.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA NETO, S. N. de; GALVÃO, J. C. C.; BORGHI, E.; MARTINS, D. C. Produção de grãos e forragem em função da disponibilidade luminosa em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 111-121, 2018.

SOUZA, I. S. F. **Classificação e padronização de produtos com ênfase na agropecuária**: uma análise histórico-conceitual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 120 p.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. Produção, conteúdo de nutrientes e estoque de carbono da serapilheira em sistema silvipastoril com *Corymbia citriodora*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012, Belém. **Sistemas silvipastoris, o caminho para a economia verde na pecuária mundial**: anais. Belém: Universidade Federal do Pará, 2012. p. 175-178.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHMIDT, D.; CARON, B. O.; PILAU, J.; NARDINO, M.; ELLI, E. F. Morfoanatomia foliar de azevém no sub-bosque de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**, v. 64, n. 4, p. 368-375, jul./ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764040005>.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

#### Literatura recomendada

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.



## Capítulo 12

# Emissões de gases de efeito estufa e sequestro de carbono em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

Mônica Matoso Campanha  
Isabella Cristina de Faria Maciel  
Thomaz Correa e Castro da Costa  
Miguel Marques Gontijo Neto  
Ramon Costa Alvarenga



Foto: Isabella Cristina de Faria Maciel

## **Introdução**

O Brasil tem se destacado cada vez mais no setor agropecuário, e são crescentes as preocupações com as emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelo setor, uma vez que as mudanças climáticas e o aquecimento global têm sido atribuídos às emissões antrópicas de GEE. No País, as emissões de GEE causadas diretamente pela agropecuária representam 28% do total (Albuquerque et al., 2020) e derivam principalmente da produção animal e vegetal, em que a bovinocultura de corte é uma das principais fontes, seguida do uso de fertilizantes nitrogenados, da deposição de dejetos animais e da decomposição de resíduos culturais, entre outros (Emissões [...], 2018).

Nos últimos anos, a agricultura tem sido reconhecida pelo seu potencial em reduzir as emissões de GEE através da adoção de práticas de mitigação e uso sustentáveis. A bovinocultura de corte é o setor com a maior margem para a implementação de melhorias em seu sistema produtivo, principalmente relacionadas ao aumento da eficiência do uso de pastagens no Brasil (Emissões..., 2018).

O governo brasileiro criou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, também denominado Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), com o objetivo de promover, entre outros, a mitigação da emissão dos GEE na agricultura e possibilitar a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas. Dentre as estratégias que envolvem o uso de tecnologias de produção sustentável estão elencados os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (Brasil, 2020).

Notadamente os sistemas ILPF, que possuem o componente florestal e forrageiro, apresentam grande potencial de neutralizar a emissão de GEE dos componentes agrícola e pecuário do sistema, por meio do estoque de carbono na biomassa das árvores e no solo (Assad et al., 2019). Pesquisas avaliando a implantação de sistemas ILPF têm mostrado redução das emissões de GEE em 20% por hectare de pastagem e em 60% por quilo de carcaça produzida (Emissões..., 2018). A relação entre a eficiência na produção de sistemas agropecuários e a diminuição das emissões do setor é uma oportunidade de atender à crescente demanda por produtos pecuários, proporcionando balanço positivo de carbono (Manzatto et al., 2019; Souza et al., 2019).

Nesse sentido, a Embrapa desenvolveu o conceito Carne Carbono Neutro (CCN), visando fomentar a adoção de sistemas produtivos capazes de neutralizar o metano emitido pelo rebanho e também difundir a importância estratégica da sustentabilidade nas cadeias produtivas associadas – carne, grãos e silvicultura (Alves et al., 2015). Alguns aspectos desse protocolo serão utilizados como referência no presente trabalho.

Este capítulo apresenta, de maneira independente, uma síntese de resultados sobre o balanço de GEE avaliado nos sistemas de Integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) conduzidos na Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) da Embrapa Milho e Sorgo. Assim, serão apresentados e discutidos resultados referentes ao sequestro de carbono pelo componente arbóreo dos sistemas ILPF, a emissão de metano em bovinos de corte em sistema ILP e a emissão de óxido nitroso e metano pelas excretas de bovinos de corte em confinamento em sistema ILP.

### **Avaliação do sequestro de carbono nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**

O objetivo do estudo foi avaliar o crescimento do eucalipto em sistemas ILPF, o sequestro de carbono nas árvores e o potencial da ILPF como estratégia para a compensação das emissões de gases de efeito estufa emitidos pelos bovinos.

Os sistemas ILPF foram implantados na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, em três etapas: fevereiro de 2009 (ILPF 1), outubro de 2011 (ILPF 2) e outubro de 2013 (ILPF 3). Cada sistema foi composto por seis renques simples de *Eucalyptus grandis x urophylla* clone GG100, com 100 m de comprimento, espaçamento 15 x 2 m, formando estande de 333 árvores por hectare. As áreas de ILPF foram posicionadas em áreas próximas, adotando mesmo alinhamento, densidade e espaçamento (Figura 12.1).



**Figura 12.1.** Imagem aérea da Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), compostos pelos consórcios de eucalipto-milho-braquiárias implantados nos anos de 2009, 2011 e 2013, na Embrapa Milho e Sorgo.

Edição de Miguel Marques Gontijo Neto sobre imagens do programa GoogleEarth obtidas em 21/7/2020.

Ao longo dos anos, foram plantadas culturas agrícolas e forrageiras nas entrelinhas dos renques de eucalipto. O consórcio milho-capim-eucalipto foi adotado nos três primeiros anos de implantação do sistema, e após esse período apenas o capim foi mantido na entrelinha do eucalipto, pastejado de forma intermitente por bovinos até a safra 2019/2020.

Com relação ao componente arbóreo, as áreas foram desbastadas para redução do número de árvores no sistema. Em 2014, foi realizado o desbaste de 50% das árvores em metade dos renques do sistema ILPF 1, o mesmo foi realizado em 2015 para o sistema ILPF 2, o que proporcionou a redução do estande de cada sistema ILPF para 166 árvores por hectare. Dessa forma, os sistemas 1 e 2 foram subdivididos em A e B, sendo o ILPF A referente ao estande remanescente de 333 árvores por hectare e o ILPF B referente ao estande de 166 árvores por hectare. No sistema ILPF 3, implantado em 2013, não foi realizada nenhuma intervenção até o ano de 2019. Em 2019, novas reformas e densidades foram estabelecidas, mas esses dados ainda estão em processo de análise e não foram considerados neste capítulo. A Figura 12.2 mostra os aspectos da implantação dos sistemas ILPF.

O crescimento do eucalipto foi avaliado anualmente, com medidas de diâmetro na altura do peito (DAP), medido com suta, e da altura total (H), medida com hipsômetro eletrônico em árvores alternadas, cobrindo toda a extensão dos renques, amostrando 10% do povoamento. O volume ( $m^3 \text{ ha}^{-1}$ ) foi estimado por

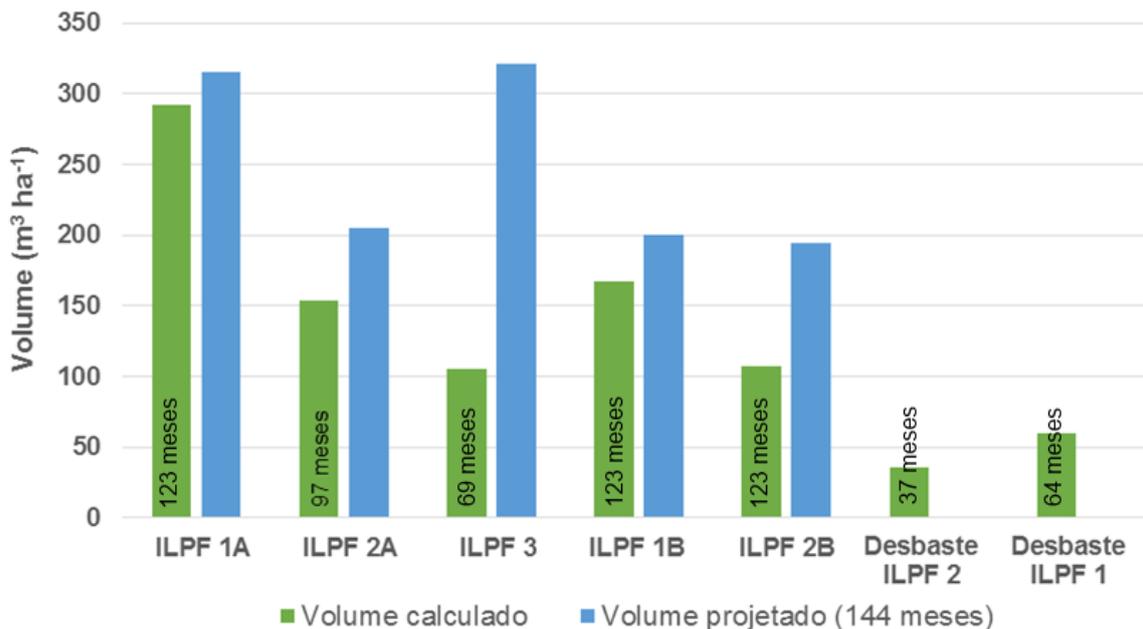
equações ajustadas para cada povoamento, com o modelo de Schumacher e Hall (1933), por meio de cubagem rigorosa realizada nas árvores desbastadas.



**Figura 12.2.** Detalhes do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta implantados na Embrapa, em Sete Lagoas, MG

Com os dados de DAP e altura, o crescimento das árvores foi projetado em cada sistema ILPF, com e sem desbaste, por meio de um modelo de distribuição diamétrica, o que resultou em colheita prevista para 12 anos de idade. Essa data prevista para o corte da madeira corresponde ao período final para quitação de um eventual empréstimo oriundo da linha de crédito específica para ILPF do Plano ABC Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). A metodologia de projeção utilizou a distribuição de Weibull com três parâmetros, ajustada pelo método dos percentis (Wendling et al., 2011), e funções de regressão criadas a partir da relação entre os dados de monitoramento do plantio e implementada na aplicação CalcMadeira®, ainda na sua versão inicial (Costa et al., 2021).

Os resultados de crescimento anual das árvores estão descritos no Capítulo 11. O cálculo do sequestro de carbono será feito com os dados do eucalipto no período estimado para colheita final. O volume de madeira alcançado no ano de 2019 e o volume projetado para 12 anos de crescimento das árvores, em cada área de plantio, estão apresentados na Figura 12.3.



**Figura 12.3.** Volume da madeira calculado com indicativo da idade das árvores (meses após o plantio) em 2019, e volume de madeira projetado para 144 meses após o plantio (12 anos), para as áreas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) plantadas em 2009 (ILPF 1), 2011 (ILPF 2) e 2013 (ILPF 3). Sete Lagoas, MG.

ILPF 1A, ILPF 2A e ILPF 3: original com 333 árvores por hectare,  
 ILPF1B e ILPF 2B: original que sofreu desbaste para 166 árvores por hectare,  
 Desbaste ILPF 1 e Desbaste ILPF 2: volume removido no desbaste.

Para o cálculo da quantidade de carbono na madeira (C) estocado na biomassa (fuste) do eucalipto foi utilizada a fórmula:  $C \text{ (Mg)} = \text{Volume} \times \text{Densidade básica} \times \text{Teor de carbono}$ , utilizando o volume em  $\text{m}^3$  de madeira, a densidade básica média da madeira de  $0,35 \text{ Mg m}^{-3}$  e o teor médio de 49% de carbono (Oliveira et al., 2018). Assim, um metro cúbico de madeira tem 0,17 Mg de C. Considerando que 1,0 t de C equivale a 3,6667 t de  $\text{CO}_2\text{eq}$ , estima-se uma fixação de 0,628 Mg de  $\text{CO}_2\text{eq m}^{-3}$  de madeira. Dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{eq}$ ) é uma medida utilizada para equalizar as emissões de vários GEE com base na importância relativa de cada gás, em relação ao  $\text{CO}_2$  (Myhre et al., 2013). As Tabelas 12.1 e 12.2 apresentam a quantidade de  $\text{CO}_2\text{eq}$  fixado por hectare para os sistemas ILPF estudados.

**Tabela 12.1.** Estande, volume de madeira por hectare projetado para 144 meses após o plantio (12 anos), quantidade de CO<sub>2</sub>eq fixado por metro cúbico de madeira e por hectare, Sete Lagoas, MG.

Área	Estande (árvores por hectare)	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> eq (Mg m <sup>-3</sup> )	CO <sub>2</sub> eq (Mg ha <sup>-1</sup> )
ILPF 1A <sup>(1)</sup>	333	315,6	0,628	198,1
ILPF 2A <sup>(1)</sup>	333	204,8	0,628	128,6
ILPF 3 <sup>(1)</sup>	333	321,1	0,628	201,6
ILPF 1B <sup>(2)</sup>	166	200,5	0,628	125,9
ILPF 2B <sup>(2)</sup>	166	194,6	0,628	122,2

<sup>(1)</sup> ILPF original com 333 árvores por hectare,

<sup>(2)</sup> ILPF original com 333 árvores por hectare que sofreram desbaste para 166 árvores por hectare.

**Tabela 12.2.** Volume de madeira removido no desbaste dos sistemas ILPF 1 e ILPF 2 por hectare e a quantidade de CO<sub>2</sub>eq fixado por metro cúbico de madeira e por hectare. Sete Lagoas, MG.

Área	Volume cortado (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> eq (Mg m <sup>-3</sup> )	CO <sub>2</sub> eq (Mg ha <sup>-1</sup> )
ILPF 1	60,1	0,628	37,7
ILPF 2	35,6	0,628	22,3

As emissões de CO<sub>2</sub>eq oriundo do metano entérico dos animais foram estimadas utilizando os parâmetros: uma unidade animal (1 UA) se refere a um animal de 450 kg de peso vivo; 1 UA emite 66 kg de CH<sub>4</sub> por animal por ano (Embrapa, 2018; Alves et al., 2015); o CH<sub>4</sub> apresenta o potencial de aquecimento igual a 28 vezes o potencial do CO<sub>2</sub> (Myhre et al., 2013). Assim, 1 UA emite 1,85 Mg CO<sub>2</sub>eq por ano. Com base nesses coeficientes, foi calculado o potencial bruto de neutralização do metano emitido pelos bovinos pelo carbono sequestrado pelas árvores, nas ILPF estudadas (Tabela 12.3).

**Tabela 12.3.** Estimativas do volume anual de madeira, potencial de fixação anual de CO<sub>2</sub>eq e potencial de neutralização da emissão de metano entérico de bovinos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta avaliados. Sete Lagoas, MG.

Área	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> por ano)	CO <sub>2</sub> eq fixado <sup>(2)</sup> (Mg ha <sup>-1</sup> por ano)	Potencial anual de neutralização <sup>(3)</sup> (UA por hectare)
ILPF 1A	315,6	26,3	16,5	8,9
ILPF 2A	204,8	17,1	10,7	5,8
ILPF 3	321,1	26,8	16,8	9,0
ILPF 1B	200,5	16,7	10,5	5,6
ILPF 2B	194,6	16,2	10,2	5,5
Desbaste ILPF 1	60,1	12,02	7,5	4,0
Desbaste ILPF 2	35,6	8,9	5,6	3,0

(1) Volume dividido por 12 anos.

(2) Mg CO<sub>2</sub> eq fixado = Volume x (Dens. básica: 0,35) x (%C: 0,49) x (CO<sub>2</sub>: 3,66).

(3) 1 UA emite 1,85 Mg CO<sub>2</sub>eq ano<sup>-1</sup>.

Considerando o período de 12 anos de crescimento das árvores, os sistemas que permaneceram com estande de 333 árvores por hectare apontaram o potencial bruto de neutralização da emissão de CH<sub>4</sub> dos animais variando de 5,8 a 9,0 UA por hectare por ano. Para os sistemas que sofreram desbaste e seguiram com estande de 166 árvores por hectare, os resultados foram de 8,6 a 9,6 UA por hectare por ano (Tabela 12.3).

Contudo, no cálculo acima, considerou-se o carbono imobilizado em todo o tronco da árvore, mas, para que o estoque de carbono nos produtos oriundos do componente arbóreo seja garantido, as árvores devem ser manejadas de forma que parte da madeira produzida no sistema seja destinada para produtos de maior valor agregado, como madeira serrada ou roliça, que têm uso em produtos de maior vida útil e, portanto, com maior tempo de imobilização do carbono, como móveis ou materiais para construção civil. Neste caso, adotaram-se os parâmetros estabelecidos pelo protocolo “Carne Carbono Neutro” da Embrapa (Alves et al., 2015).

Para isso, considera-se que a madeira destinada para serraria deve ter diâmetro mínimo de 18 cm para obtenção das peças de madeira serrada, e assume-se que apenas 25% do volume de madeira apto para serraria deve ser

utilizado no cálculo da neutralização de GEEs. Para a estimativa do estoque de madeira apta para serraria foram consideradas toras de 3,1 m de comprimento, das árvores que foram projetadas para a idade de 12 anos. O modelo utilizado foi o desdobro longitudinal, com costaneira de 30 graus, e espessura da serra de 5 mm, implementado na aplicação CalcMadeira®, mencionado anteriormente. A Tabela 12.4 apresenta o potencial anual de neutralização da emissão de metano entérico nos sistemas ILPF estudados, representado pelo volume da madeira destinada para serraria (diâmetro  $\geq$  18 cm) aos 144 meses dividido por 12. Nesse cálculo, não foram consideradas as madeiras cortadas durante o desbaste no ILPF 1 e ILPF 2, em função do diâmetro reduzido das árvores.

**Tabela 12.4.** Estimativas da quantidade de madeira para serraria, volume útil de madeira serrada, volume útil anual, potencial de fixação de CO<sub>2</sub>eq pela madeira do volume útil anual e potencial balanço de neutralização da emissão de metano entérico de bovinos nos sistemas integração lavoura-pecuária-floresta avaliados, aos 12 anos. Sete Lagoas, MG.

Área	Madeira para serraria <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume útil serrado <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume anual <sup>(3)</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> eq fixado <sup>(4)</sup> (Mg ha <sup>-1</sup> )	Potencial anual de neutralização <sup>(5)</sup> (UA ha <sup>-1</sup> )
ILPF 1A	251,3	62,8	5,24	3,29	1,8
ILPF 2A	141,5	35,4	2,95	1,85	1,0
ILPF 3	270,5	67,6	5,64	3,54	1,9
ILPF 1B	190,5	47,6	3,97	2,49	1,4
ILPF 2B	182,0	45,5	3,79	2,38	1,3

<sup>(1)</sup> Estoque de madeira com diâmetro mínimo de 18 cm.

<sup>(2)</sup> 25% do volume apto para ser serrado.

<sup>(3)</sup> Volume útil dividido por 12 anos.

<sup>(4)</sup> Mg CO<sub>2</sub> eq fixado = Volume x (Dens. básica: 0,35) x (%C: 0,49) x (CO<sub>2</sub>: 3,66). <sup>(5)</sup> 1 UA emite 1,85 Mg CO<sub>2</sub>eq ano<sup>-1</sup>.

Com os parâmetros estabelecidos para garantia do carbono fixado, estimou-se que, ao final de 12 anos, os sistemas que permaneceram com maior quantidade de árvores (ILPF 1A, ILPF 2A e ILPF 3) variaram a capacidade de neutralização da emissão de CH<sub>4</sub> dos bovinos pelo carbono fixado, variando entre 1,0 e 1,9 UA por hectare por ano. Para os sistemas que sofreram desbaste, o potencial de neutralização variou de 1,3 a 1,4 UA por hectare por ano (Tabela 12.4). De acordo com Batista et al. (2020), a taxa de lotação das pastagens de Minas Gerais foi estimada em 0,72 UA por hectare, o que tornaria, neste caso, a

mitigação estimada da emissão de metano entérico positiva nesses sistemas estudados, restando ainda um saldo de estoque de carbono.

Com os dados apresentados, pode-se concluir que, considerando somente o componente arbóreo, os sistemas ILPF avaliados foram capazes de sequestrar carbono em quantidade para neutralização do metano entérico emitido de animais em pastagens com taxa de lotação acima da média do estado de Minas Gerais, mesmo considerando a utilização de apenas 25% do volume útil da madeira após o desdobro em serraria.

Para este estudo foi considerado o potencial de sequestro de carbono nas árvores para a neutralização das emissões de metano entérico de bovinos, entretanto, para um balanço completo, é necessário considerar as emissões de GEE das excretas dos animais, N<sub>2</sub>O emitido pelo solo sob pastagem e grãos e o sequestro de carbono pelo solo (Souza et al., 2019).

Apesar de não computado o balanço completo, pode-se perceber que sistemas ILPF que dispõem do componente florestal são estratégias de produção agropecuária com grande potencial de redução de GEE, potencializando a competitividade do setor diante das exigências de mercado. A integração lavoura-pecuária-floresta consiste em uma alternativa viável do ponto de vista ambiental para tornar a pecuária brasileira neutra quanto à emissão de GEE (Assad et al., 2019).

### **Avaliação da emissão de metano em bovinos de corte em sistema de integração lavoura-pecuária**

A produção de carne bovina em sistemas de confinamento geralmente oferece requisitos de terra e emissões de gases de efeito estufa (GEE) por quilograma de carne produzida substancialmente mais baixos do que os sistemas tradicionais, conhecidos por sistemas extensivos. No entanto, as emissões de GEE em sistemas de pastejo podem ser consideravelmente menores do que se pensava anteriormente, uma vez que a utilização de pastagens rotacionadas, mais produtivas e de melhor qualidade, como o que ocorre em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), tem o potencial de aumentar o sequestro de carbono no solo, anulando assim as emissões pelos animais (Dick et al., 2015; Wang et al., 2015).

Sistemas de produção de bovinos de corte que associam o pastejo de forragens manejadas intensivamente, na fase inicial de crescimento dos animais, com o fornecimento de dietas concentradas na fase de terminação parecem ser uma alternativa para incrementar a produtividade do sistema, além de contribuir para a redução da emissão de GEE por quilo de carcaça produzida. Além disso, outra alternativa que tem sido frequentemente utilizada para aumentar o ganho de peso de animais é o melhoramento genético em bovinos de corte. O cruzamento com animais de origem taurina pode melhorar as taxas de produção do gado de raça pura, além de ter o potencial de reduzir as emissões de metano por quilo de carne produzida.

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados no sistema ILP da Embrapa Milho e Sorgo, com o objetivo de avaliar o desempenho animal de duas composições de raças em um sistema brasileiro de produção de bovinos de corte, em que a recria é realizada em pastagem em sistema ILP e a terminação em confinamento. Recentemente, foi incorporada nesses estudos a mensuração da produção entérica de metano dos animais, projeto realizado em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) nos anos 2016 e 2017.

No início da estação chuvosa, novilhos com aproximadamente 10 meses de idade foram divididos em dois grupos, de acordo com a raça: Nelore e mestiços Angus x Nelore (cruzados). Na recria, os animais pastejaram uma gleba de 5,5 ha de capim Mombaça, que foi subdividida em cinco piquetes de aproximadamente 1,1 ha cada, usados como sistema de pastejo rotativo com 7 dias de pastejo e 28 dias de descanso. Posteriormente, estes animais foram confinados, com fornecimento de dieta com relação concentrado: volumoso de 65:35.

As emissões entéricas de metano ( $\text{CH}_4$ ) foram medidas pela técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), conforme relatado por Johnson et al. (1994). Mais detalhes podem ser vistos em Maciel et al. (2019). A Figura 12.4 apresenta o equipamento utilizado para coleta de metano entérico nos animais.

Foto: Sérgio Teixeira Guimarães



Foto: Sérgio Teixeira Guimarães



Foto: Isabella Cristina de Faria Maciel



**Figura 12.4.** Detalhe do equipamento utilizado para coleta de metano entérico nos bovinos (A e B) em confinamento e (C) em pasto em Sete Lagoas, MG.

A alta disponibilidade de forragem e a elevada proteína bruta (PB) durante o período experimental podem ser resultado dos níveis satisfatórios de nutrientes (P, K, Ca, Mg, S) no solo resultantes da Integração lavoura-pecuária associados à fertilização nitrogenada nas pastagens. Os dados de produção forrageira obtidos neste estudo foram aproximadamente duas vezes maiores do que os observados em anos anteriores (Costa et al., 2017). Ao longo dos anos, o sistema ILP da Embrapa tem mantido uma taxa de lotação cada vez maior permitindo aumentar o número de animais na mesma área (Costa et al., 2017). A maior taxa de lotação contribuiu para uma utilização mais eficiente da forragem, resultando em melhor qualidade de forragem durante todo o período de pastejo.

Os dados de desempenho mostraram superioridade dos animais cruzados em relação ao Nelore, tanto na recria em pastagens como na fase final do confinamento. O ganho total e o ganho médio diário (GMD) no período de pastejo foram maiores para os cruzados e, conseqüentemente, esses animais apresentaram maior peso ao final deste período. Embora o setor de bovinos de corte no Brasil ainda seja caracterizado por regiões com baixos índices zootécnicos (Brasil, 2015), os sistemas ILP poderiam melhorar a produção animal e reduzir os impactos ambientais do gado nos sistemas de produção de carne em pasto em regiões tropicais.

No período de confinamento, foi observado o mesmo padrão de resultado, no qual os animais cruzados apresentaram maior GMD e melhor conversão alimentar comparados aos Nelores. Os animais cruzados atingiram o ganho de peso no confinamento desejado (200 kg) (Maciel et al., 2019) em 111 dias e 105 dias no primeiro ano e no segundo ano, respectivamente. Os animais Nelore, embora tenham permanecido no confinamento por mais tempo (138 e 127 dias no confinamento no primeiro ano e no segundo ano, respectivamente), apresentaram menor ganho de peso total (172 kg) em comparação aos cruzados.

Maior peso de carcaça foi observado nos animais cruzados quando comparados ao Nelore, e as diferenças observadas para o peso da carcaça estão relacionadas às diferenças no peso ao abate dos animais. O GMD de carcaça no confinamento foi 35% maior para os cruzados do que nos Nelores. Esse aumento observado na produtividade resulta em menos animais acabados necessários para produzir uma determinada quantidade de carne, o que pode contribuir para reduzir o impacto ambiental da produção de carne bovina. Durante a recria e a

engorda, os animais cruzados apresentaram melhor desempenho (ganho total de 383 kg versus 306 kg para os animais Nelore), embora as taxas de crescimento alcançadas pelas duas raças tenham sido satisfatórias.

A produção de metano ( $\text{g dia}^{-1}$  e kg por ano) foi menor para os animais Nelore do que para os cruzados tanto na recria em pasto quanto no confinamento. Considerando todo o período, os animais Nelore emitiram 19% menos metano do que os cruzados no pastejo, mas não foram observadas diferenças entre as composições da raça no confinamento. Apesar de os animais cruzados apresentarem maior emissão de metano diária, a emissão total de metano durante o confinamento foi a mesma para as duas composições de raças, porque o período que os animais cruzados permaneceram em confinamento foi menor do que os animais Nelore.

Verificou-se que não houve diferença no consumo de matéria seca (CMS) entre as raças na recria (5,9 kg versus 6,23 kg de MS por dia para Nelores e cruzados, respectivamente), porém no confinamento os animais cruzados apresentaram maior CMS ( $12,4 \text{ kg dia}^{-1}$ ) do que os animais Nelore ( $9,3 \text{ kg dia}^{-1}$ ). Apesar da diferença de consumo, a raça não influenciou o rendimento de metano ( $\text{g CH}_4$  por unidade de CMS) em ambos os sistemas. As emissões de  $\text{CH}_4$  foram 14,3 e 16,7 g por kg CMS para Nelore e cruzados no pasto e 18,5 e 17,8 para Nelore e cruzados no confinamento.

Em relação ao metano emitido por unidade de GMD, não foi observada diferença entre as duas raças no pasto (119,5 g e 140,0 g de  $\text{CH}_4$  por quilo de GMD para Nelore e cruzados, respectivamente). No entanto, no confinamento, a produção de metano por GMD de peso vivo ( $97,5 \text{ g CH}_4$  versus  $122,7 \text{ g CH}_4$ ) ou por GMD de carcaça ( $174,5 \text{ g CH}_4$  versus  $192,3 \text{ g CH}_4$ ) foi significativamente menor nos animais cruzados do que nos Nelore.

Pesquisas anteriores se concentraram no uso de confinamentos como estratégia para reduzir as emissões de metano por quilo de carne produzida em comparação com o sistema de pastoreio. No entanto, a maioria dos estudos avaliou sistema de pastejo contínuo, ou não considerou o sequestro de carbono pelas plantas (Stanley et al., 2018). Além disso, nesses estudos, o GMD é geralmente abaixo do que pode ser alcançado em sistemas de pastagem intensiva bem gerenciados. Uma redução substancial nas emissões líquidas de GEE pode ocorrer em sistemas de pastagem intensivas, mesmo quando exigindo

o dobro da terra dos sistemas de confinamento, como consequência do aumento do desempenho animal e do sequestro de carbono (Latawiec et al., 2014; Stanley et al., 2018). Assim, sistemas de produção onde os animais são rotacionados nas pastagens melhoram a qualidade e a produção da forragem, além de ser potencialmente uma boa opção para reduzir as emissões de GEE.

Os resultados sugerem que a maior produção diária de metano de animais cruzados é compensada pelo melhor desempenho, resultando em menos metano por quilo de carne produzida, quando utilizado sistema intensivo de produção em condições climáticas tropicais.

Identificar raças eficientes de gado e adotar sistemas de produção apropriados são grandes desafios para a produção de carne em todo o globo. Além de reduzir as emissões entéricas de CH<sub>4</sub> por quilo de carne produzida, outra vantagem da intensificação está associada à redução da área necessária para produzir a mesma quantidade de produto. Isso tem o potencial para diminuir a área degradada e, além disso, contribuir para a não abertura de novas áreas e mitigar o desmatamento futuro. A intensificação dos sistemas de produção de gado de corte leva a uma redução nas emissões de GEE por unidade de produto, e, teoricamente, maiores reduções podem ser possíveis se animais de melhor desempenho forem utilizados, como confirmado neste estudo pelo cruzamento entre as raças Angus e Nelore.

Os sistemas integrados podem permitir altos ganhos por unidade de terra, e o acabamento de animais no confinamento contribui para o aumento da produtividade de todo o sistema. Portanto, associar esses dois sistemas para criação de gado de corte em condições tropicais parece ser uma opção alinhada com a nova política de redução de GEE.

### **Avaliação da emissão de óxido nitroso e metano pelas excretas de bovinos de corte em confinamento complementar ao sistema de integração lavoura-pecuária**

As excretas de bovinos também são fontes de emissão de GEE para a atmosfera, principalmente o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o metano (CH<sub>4</sub>). Alguns estudos quantificaram a emissão de N<sub>2</sub>O pelos excrementos de bovinos de corte em pastagens, mas pouco se sabe sobre essas emissões em confinamento, principalmente em condições tropicais (Sordi et al., 2014; Lessa et al., 2014).

As emissões de GEE do solo pela deposição de excretas dos animais podem ser influenciadas por diferentes fatores, como clima, espécies, tipo de alimento e o sistema de manejo (Broucek, 2018), e alguns aspectos presentes durante o confinamento podem aumentar a emissão de  $N_2O$ , como alta densidade animal, compactação do solo e ausência de vegetação (Van Groenigen et al., 2005).

Estudos apontam que a emissão de  $N_2O$  nos confinamentos é pequena (Bai et al., 2015), mas a produção de bovino de corte em confinamento vem se expandindo no Brasil, e maior atenção deve ser dada à emissão de GEE pela deposição de urina e fezes dos animais. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) (Eggleston et al., 2006), o fator de emissão para  $N_2O$  (quantidade de N perdido como  $N_2O$ ) é de 2% para as excretas de animais em pastagens ou em confinamento, sem distinção entre urina e fezes. No entanto, estudos mostram que existe diferença para o fator de emissão entre urina e fezes depositadas (Lessa et al., 2014; Sordi et al., 2014). A expectativa é que a emissão de GEE seja menor para as condições de confinamento no Brasil, uma vez que os animais são alimentados com dieta balanceada, o que pode reduzir as perdas de nitrogênio, além dos confinamentos serem realizados principalmente na época seca.

Nesse sentido, foram conduzidos estudos na Unidade de Referência Tecnológica e Pesquisa (URTP) em integração lavoura-pecuária (ILP) da Embrapa Milho e Sorgo, nos anos de 2016/2017 e 2018/2019, para avaliar as emissões de  $N_2O$  e  $CH_4$  e o fator de emissão associado (FE) para fezes e urina de bovinos de corte em confinamento, depositadas na superfície de currais. Para mais detalhes sobre a execução do experimento de GEE das excretas de bovinos, ver Maciel et al. (2021).

Os resultados do estudo mostraram que os fluxos de  $N_2O$  foram predominantemente baixos para ambos os tipos de excretas, por causa das condições de seca durante todo o período de monitoramento, exceção apenas para os primeiros dias após a aplicação das excretas (DAA) no solo e os dias após a precipitação ocorrida em 67 DAA a 70 DAA. Na média de todo o período de monitoramento, o fluxo de  $N_2O$  foi maior para urina do que para fezes (249,4 e 297,3  $\mu g N m^{-2} h^{-1}$  para fezes e urina, respectivamente). As emissões de

CH<sub>4</sub> do solo foram frequentemente próximas de zero ou negativas na maior parte do tempo, exceção apenas em poucos dias em que fluxos positivos foram observados. Todos os tratamentos foram um dissipador de CH<sub>4</sub> com uma média dos 92 DAA. Os fluxos médios para fezes e urina foram de -8,9 e -15,4 µg CH<sub>4</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Ao longo dos 92 dias de monitoramento dos GEE, três períodos distintos puderam ser observados com base nas tendências de fluxo de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>. Um primeiro, denominado de “período indutivo de excreta”, compreendeu os primeiros 10 DAA, durante os quais houve uma elevação do fluxo de N<sub>2</sub>O induzido pela urina e produção de CH<sub>4</sub> pelas fezes. As mudanças observadas nos fluxos nesse período estavam mais associadas aos próprios excrementos do que ao meio ambiente. O período entre 13 e 56 DAA, denominado de “período de seca”, foi o de baixos fluxos tanto para N<sub>2</sub>O como para CH<sub>4</sub>. Um terceiro período, denominado “período de indução pós-chuva”, foi principalmente associado aos efeitos da chuva em ambos os fluxos de gás que duraram de 69 DAA até o final do período de monitoramento.

Os fatores de emissão (FE) foram calculados para as excretas, e observou-se que o FE do N<sub>2</sub>O da urina foi significativamente maior do que das fezes (2,83% vs. 0,32%, respectivamente,  $P < 0,001$ ), resultando em um FE combinado de 1,83%, que é 8,5% menor do que o FE proposto pelo IPCC.

Os dados indicaram que as excretas de bovinos são de fato fontes importantes de emissões diretas de N<sub>2</sub>O quando depositadas em superfície de confinamento na estação seca em regiões tropicais. A urina resulta em uma emissão imediata de N<sub>2</sub>O, e a chuva ocasional tem potencial para aumentar drasticamente a emissão de GEE. Por outro lado, as emissões de CH<sub>4</sub> parecem ter menor importância quando prevalecem as condições de seca, mas o efeito da chuva nas emissões desse gás também pode ser relevante. A partir das emissões diretas de N<sub>2</sub>O, a desagregação entre urina e fezes deve ser considerada para o desenvolvimento de FE para fins de inventário de emissão de GEE.

### **Considerações finais**

O potencial de mitigação e de neutralização de gases de efeito estufa é um dos benefícios oriundos da utilização de sistemas ILPF e ILP, já reconhecidos pela ciência no Brasil. Os sistemas integrados manejados com eficiência podem

umentar o desempenho animal e conseqüentemente reduzir as emissões líquidas de GEE por quilo de carcaça produzida, o que contribuirá para diminuir a contribuição do setor agropecuário para as mudanças climáticas. A estimativa do balanço de carbono em sistemas ILPF, notadamente aqueles com componente florestal, promove agregação de valor à produção, adicionando competitividade ao setor frente às demandas de mercado, e está alinhada com a política brasileira de redução de GEE no País.

## Referências

- ALBUQUERQUE, I.; ALENCAR, A.; ANGELO, C.; AZEVEDO, T.; BARCELLOS, F.; COLUNA, I.; COSTA JÚNIOR, C.; CREMER, M.; PIATTO, M.; POTENZA, R.; QUINTANA, G.; SHIMBO, J.; TSAI, D.; ZIMBRES, B. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do clima do Brasil 1970-2019**. São Paulo: Observatório do Clima, 2020. 41 p. Disponível em: [https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_8/SEEG8\\_DOC\\_ANALITICO\\_SINTESE\\_1990-2019.pdf](https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf). Acesso em: 28 jan. 2021.
- ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A. **Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2015. 32 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210).
- ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; CORDEIRO, L. A. M.; EVANGELISTA, B. A. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 153-167.
- BAI, M.; FLESCHE, T. K.; MCGINN, S. M.; CHEN, D. A snapshot of greenhouse gas emissions from a cattle feedlot. **Journal of Environmental Quality**, v. 44, n. 6, p. 1974-1978, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2015.06.0278>.
- BATISTA, E. L. S.; SOARES-FILHO, B. S.; RAJÃO, R. G.; BARBOSA, F. B.; COSTA, M. A.; NUNES, F. S. M.; DAVIS, J. L.; OLIVEIRA, A. R.; MACHADO, L. A.; RODRIGUES, H. O.; LEITÃO, R. F. M.; FIGUEIRA, D. S.; DIAS NETO, F. P.; RIBEIRO, F. S. L.; ASSIS, D. C. **Cenários para a intensificação da bovinocultura de corte brasileira**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. 65 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano ABC: agricultura de baixa emissão de carbono**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Bovinos e Bubalinos**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- BROUCEK, J. Nitrous oxide production in ruminants-a review. **Animal Science Papers and Reports**, v. 36, n. 1, p. 5-19, 2018.
- COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; ALVARENGA, R. C.; GUIMARÃES, S. T.; LAMPEÃO, Â. A.; WINKELSTRÖTER, L. K.; MACIEL, I. C. D. F. Performance of crossbred steers post-weaned in an integrated crop-livestock system and finished in a feedlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 5, p. 355-365, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500009>.

COSTA, T. C. C.; CAMPANHA, M. M.; FRANÇA, L. F. M. CalcMadeira: sistema para estimativa de peças de madeira roliça e serrada. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: 40 anos de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 885-905.

DICK, M.; SILVA, M. A.; DEWEA, H. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 426-434, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.080>.

EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (ed.). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

EMBRAPA. **Rede Pecus**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2018. Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/redepecus>. Acesso em: 13 out. 2018.

EMISSÕES do setor de agropecuária: documento de análise. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/327120508\\_SEEG\\_-\\_Relatorio\\_Analitico\\_Agropecuaria\\_-\\_2018/link/5b7b12e04585151fd123c43e/download](https://www.researchgate.net/publication/327120508_SEEG_-_Relatorio_Analitico_Agropecuaria_-_2018/link/5b7b12e04585151fd123c43e/download). Acesso em: 20 jul. 2020.

JOHNSON, K. A.; HUHLER, M. T.; WESTBERG, H. H.; LAMB, B. K.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF<sub>6</sub> tracer technique. **Environmental Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 359-362, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1021/es00051a025>.

LATAWIEK, A. E.; STRASSBURG, B. B. N.; VALENTIM, J. F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H. N. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1255-1263, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731114001566> PMID: 26263189.

LESSA, A. C. R.; MADARI, B. E.; PAREDES, D. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 190, p. 104-111, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.010>.

MACIEL, I. C. F.; BARBOSA, F. A.; TOMICH, T. R.; RIBEIRO, L. G. P.; ALVARENGA, R. C.; LOPES, L. S.; LANA, A. M. Q. Could the breed composition improve performance and change the enteric methane emissions from beef cattle in a tropical intensive production system? **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, e0220247, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220247>.

MACIEL, I. C. F.; BARBOSA, F. A.; ALVES, B. J.; ALVARENGA, R. C.; TOMICH, T. R.; CAMPANHA, M. M.; ROWNTREE, J. E.; LANA, A. M. Q. Nitrous oxide and methane emissions from beef cattle excreta deposited on feedlot pen surface in tropical conditions. **Agricultural Systems**, v. 187, 102995, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102995>.

MANZATTO, C. V.; SKORUPA, L. A.; ARAÚJO, L. S. de; VICENTE, L. E.; ASSAD, E. D. Estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas ILPF no Brasil. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos**. Brasília: DF, Embrapa, 2019. p. 400-424.

MYHRE, G.; SHINDELL, D.; BRÉON, F. M.; COLLINS, W.; FUGLESTVEDT, J.; HUANG, J.; KOCH, D.; LAMARQUE, J. F.; LEE, D.; MENDOZA, B.; NAKAJIMA, T.; ROBOCK, A.; STEPHENS, G.; TAKEMURA, T.; ZHANG, H. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (ed.). **Climate Change 2013: the physical science basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 659-740. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

OLIVEIRA, E. B. de; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; RIBASKI, J. SisILPF: software para simulação do crescimento, produção, metano e manejo do componente florestal em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais**. Brasília, DF: Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas, 2018. p. 127-133.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

SORDI, A.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; ALBURQUERQUE, M. A.; PIVA, J. T.; ZANATTA, J. A.; TOMAZI, M.; ROSA, C. M.; MORAES, A. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 190, p. 94-103, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.004>.

SOUZA, K. W. de; PULROLNIK, K.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; CARVALHO, A. M. de; MACIEL, G. A.; MORAES NETO, S. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Integração lavoura-pecuária-floresta como estratégia para compensação das emissões de gases de efeito estufa**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2019. 12 p.

STANLEY, P. L.; ROWNTREE, J. E.; BEEDE, D. K.; DeLONGE, M. S.; HAMM, M. W. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in midwestern USA beef finishing systems. **Agricultural Systems**, v. 162, p. 249-258, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.02.003>.

VAN GROENIGEN, J. W.; KUIKMAN, P. J.; DE GROOT, W. J. M.; VELTHOF, G. L. Nitrous oxide emission from urine-treated soil as influenced by urine composition and soil physical conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 3, p. 463-473, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.009>.

WANG, T.; TEAGUE, W. R.; PARK, S. C.; BEVERS, S. GHG mitigation potential of different grazing strategies in the United States southern great plains. **Sustainability**, v. 7, n. 10, p. 13500-13521, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/su71013500>.

WENDLING, W. T.; EMERENCIANO, D. B.; HOSOKAWA, R. T. Ajuste da função de distribuição diamétrica Weibull por planilha eletrônica. **Floresta**, v. 41, n. 2, p. 205-220, abr./jun. 2011.

## Capítulo 13

# Ações de transferência de tecnologias em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

Marco Aurélio Noce  
Fredson Ferreira Chaves  
Silvio Torres Pessoa  
Ivênio Rubens de Oliveira



## **Introdução**

Com a percepção da importância da adoção do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) na melhoria de um cenário considerado crítico em relação ao estado atual das pastagens, as instituições passaram a considerar a definição de políticas, planos e projetos para reverter tal quadro, observando aspectos técnicos e operacionais para transpor as dificuldades de transferir as tecnologias, adequando métodos e processos à realidade de cada produtor. Basicamente, buscava-se estruturar um processo de assistência técnica e extensão rural, com agentes devidamente capacitados para orientar adequadamente cada produtor interessado.

O levantamento e a disponibilização de resultados de pesquisas, ou seja, soluções tecnológicas, assim como novas pesquisas, deveriam ser complementados com a ampliação dos esforços de transferência de tecnologia (TT). Para tanto, optou-se por ampliar a realização de eventos de atualização dos técnicos de assistência técnica e extensão rural (Ater) públicos e privados, como dias de campo e outros, além de ampliar o número de unidades demonstrativas que abordem tecnologias de recuperação e manejo de pastagens, como instrumento de convencimento quanto ao mérito e à viabilidade dessas tecnologias.

Assim, enquanto a pesquisa buscava adaptações da tecnologia capazes de atender à enorme diversidade ambiental, produtiva e social encontrada na realidade rural brasileira, a Ater buscava formas de divulgar tais tecnologias aos agricultores, a fim de garantir a sua apropriação de forma correta e, conseqüentemente, os seus benefícios, bem como a replicação para outros produtores, de forma a estimular o aumento da área.

As ações têm resultado em aumento gradativo da área de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em todo o País, mas, segundo especialistas, ainda há muito espaço para expansão. De acordo com pesquisa realizada pela Embrapa, em 2016, a área onde se observa algum tipo de adoção de sistemas ILPF no Brasil abrangia na época 11,5 milhões de hectares (Embrapa, 2016). Ainda segundo a pesquisa, destacam-se em área de adoção os seguintes estados: Mato Grosso do Sul, com 2 milhões de hectares; Mato Grosso, com 1,5 milhão; Rio Grande do Sul, com 1,4 milhão; Minas Gerais, com 1 milhão; e Santa Catarina, com 680 mil hectares (Embrapa, 2016).

A Embrapa Milho e Sorgo realizou diversas capacitações para os técnicos contratados pelo Senar Minas, com atuação em Assistência Técnica e Gerencial (AT&G), no projeto ABC Cerrado, em sua maioria baseadas nos sistemas de ILP e ILPF da Embrapa Milho e Sorgo. Apenas nos anos de 2018 e 2019, a Unidade recebeu, durante a Semana de Integração Tecnológica (SIT), caravanas com mais de 500 produtores que são assistidos pela AT&G, no projeto ABC Cerrado.

No processo de divulgação da tecnologia no estado de Minas Gerais, destaca-se a atuação da Emater-MG, por meio de seu serviço de extensão rural pública. A partir de 2006, com o Programa de Transferência de Tecnologia para a Integração Agricultura/Pecuária (PROTILP), sob a coordenação da Embrapa Milho e Sorgo, foram oferecidas capacitações, como forma de atualização tecnológica e/ou melhoria dos conhecimentos de extensionistas. A partir da proposta tecnológica da pesquisa, de capacitação dos técnicos que atuam em assistência técnica e extensão rural (Ater), o trabalho tem sido o de se estimular a adoção dos sistemas ILPF no estado de Minas Gerais por meio da implantação de UDs em propriedades rurais. Nas unidades implantadas, onde são realizados dias de campo e encontros técnicos, a Embrapa participa na capacitação dos técnicos extensionistas, produtores rurais e lideranças, apresentando, dentre outros, os resultados das pesquisas desenvolvidas nos sistemas ILP e ILPF da Embrapa Milho e Sorgo.

Durante o período de duração do projeto denominado Programa Estadual de integração lavoura-pecuária-floresta do Governo de Minas Gerais, foram implantadas 501 unidades demonstrativas (UDs) em Minas Gerais, com características distintas, de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região, obedecendo a variados modelos e arranjos produtivos. Paralelamente, por meio de ações em parceria com a Embrapa, foram capacitados no sistema ILPF em torno de 450 técnicos da Emater-MG de todo o estado. Boa parte dessas capacitações ocorreu no sistema de Sete Lagoas. A iniciativa privada também passou a atuar fortemente para a expansão do sistema ILPF no Brasil.

## **A Embrapa Milho e Sorgo na pesquisa e na divulgação da estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta**

A Embrapa Milho e Sorgo, além da atuação em parceria com outras instituições nos programas governamentais, ampliou seus esforços na pesquisa e na divulgação dos sistemas ILPF a partir da criação do PROTILP. A implantação do sistema de ILP, na Unidade da Embrapa Milho e Sorgo, situada em Sete Lagoas, MG, fazia parte dos planos de ação e objetivos do projeto.

Marcando o início desse programa, foi realizado, entre 14 e 18 de março de 2005, um workshop sobre integração lavoura-pecuária, que tinha como objetivo promover o nivelamento de informações entre os participantes sobre o PROTILP. O evento, devidamente aprovado pela financiadora de projetos Finep, órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, foi o primeiro passo no processo de capacitação de 400 técnicos atuantes em 10 estados da Federação, que atuariam como multiplicadores do sistema ILP entre agricultores e pecuaristas.

O programa tinha como principais objetivos a implementação de unidades de demonstração e a realização de eventos técnicos diversos, sempre em parceria com empresas de assistência técnica e extensão rural públicas e privadas, com entidades estaduais de pesquisa, universidades e associações ligadas ao agronegócio. Ainda no primeiro ano do projeto, safra 2005/2006, foi implantado o sistema de integração lavoura-pecuária de corte, na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG (Figura 13.1), objeto deste documento e já descrito em detalhes.

Apenas nesse primeiro ano-safra, o projeto PROTILP, liderado pela Embrapa Milho e Sorgo, realizou 13 dias de campo em diversas regiões do Cerrado brasileiro. Também foram oferecidos 11 cursos de capacitação nos quais foram treinados 613 técnicos. Para o suporte aos treinamentos e dias de campo foram instaladas mais 27 unidades de demonstração (UDs), realizadas palestras e concedidas entrevistas a TVs, rádios e revistas. Somente no sistema ILP de Sete Lagoas, ainda na safra 2005/2006, a Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Epamig e a Emater-MG, realizou dois dias de campo sobre ILP para técnicos. Um deles, *Produção de forragem na Integração Lavoura-Pecuária com Plantio Direto*, no dia 18 de abril de 2006, contou com a presença de

78 participantes entre técnicos e produtores. Nele foram demonstradas tecnologias de produção de silagem de sorgo consorciado com capim-tanzânia e equipamentos de plantio, tanto de tração motora quanto animal e manual.



Foto: Péricles Alexandre Squaris Marques

**Figura 13.1.** Vista aérea da unidade de referência tecnológica do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo mostrando glebas de rotação de culturas com pastagens e os piquetes com o componente florestal de eucalipto (próximo ao canto superior direito), em 2024.

Em 2010, como forma de ampliar o âmbito da pesquisa e das futuras ações de TT, foi implantado um segundo sistema na Embrapa Milho e Sorgo, que inclui o componente florestal no sistema, tratando-se, portanto, da ILPF. Esse sistema (Figura 13.2), além da geração de informações agronômicas e de qualidade do solo, assim como a de ILP, tem sido utilizado frequentemente como base para realização de eventos de divulgação da tecnologia (consórcio eucalipto-milho-braquiária) para produtores, estudantes e para a capacitação técnica de multiplicadores públicos (Emater-MG e Senar) e privados.

Foto: Miguel Marques Gontijo Neto



**Figura 13.2.** Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta da Embrapa Milho e Sorgo com o consórcio eucalipto-milho-capim. Fase agrossilvicultural.

Como principais ações de transferência de tecnologia coordenadas pela Embrapa Milho e Sorgo em função dos dois sistemas implantados, destacam-se quatro eventos anuais que estão instituídos no calendário da instituição: dois seminários e dois dias de campo. Os temas destes eventos são correlacionados com a estacionalidade dos sistemas e de acordo com o planejamento da produção de forragem e sua importância para a região. Além disso, abordam assuntos de interesse sobre recria e terminação de bovinos de corte e sobre a cadeia da carne bovina. Durante o ano, ainda acontecem cursos e visitas técnicas de públicos interessados, com destaque para os técnicos da Emater-MG, do Senar e de instituições de ensino técnico e superior. Nas doze edições da Semana de Integração Tecnológica (SIT), evento de Transferência de Tecnologia realizado anualmente desde 2008 pela Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com Emater-MG, Epamig, Senar Minas e Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Sete Lagoas, foram realizados seminários de ILPF e/ou cursos e dias campo, com a utilização dos sistemas de ILP e ILPF.

Esses sistemas também são base para pesquisas em diferentes áreas. Já foram concluídas três dissertações de mestrado e três teses de doutorado, e outras duas estão em andamento. Estudantes de graduação em Agronomia

também acompanham os trabalhos e realizam seus Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) no sistema.

Com o objetivo de atender às demandas de técnicos e produtores rurais por informações sobre os sistemas ILPF, a Embrapa Milho e Sorgo mantém um plantão técnico. Os atendimentos são realizados por intermédio do Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC), de consultas por cartas, telefonemas, e-mails ou visitas presenciais. As visitas podem ser individuais ou em grupos de produtores e/ou técnicos, organizadas no formato de dias de campo, palestras ou visitas técnicas aos sistemas de ILP e/ou ILPF, conforme interesse dos demandantes e avaliação da equipe sobre a maneira mais eficiente de abordar os temas.

Além das estratégias e ações presenciais de transferência de tecnologia realizadas, a Embrapa Milho e Sorgo utiliza também da modalidade de ensino a distância (EAD) para capacitar e levar ao conhecimento de um maior número de multiplicadores as tecnologias relacionadas aos sistemas de ILPF. Nesse sentido, foi criado o curso EAD ABCWeb: Agricultura de Baixo Carbono. Esse curso (online), num contexto mais amplo de que a ILPF, construído em parceria com a Superintendência Federal de Agricultura de Minas Gerais, tem carga horária de 120 horas e seis módulos (mudanças climáticas e a agricultura de baixa emissão de carbono; manejo do solo com foco em sistemas integrados de produção; sistema de plantio direto; recuperação de pastagens degradadas; sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta; e gestão e avaliação de sistemas ILPF). Até maio de 2020, em duas turmas ofertadas, foram certificados 528 participantes, o que mostra o alcance dessa estratégia como ferramenta de transferência de conhecimentos e tecnologias.

Os dados expostos na Tabela 13.1 retratam o volume de ações presenciais de transferência de tecnologia visando a divulgação e a capacitação de multiplicadores nos sistemas ILPF no decorrer dos 15 anos de implantação. Verifica-se que nesse período realizaram-se na Unidade da Embrapa em Sete Lagoas 33 cursos, 30 dias de campo, 12 seminários, seis palestras e reuniões, perfazendo um total de 81 eventos, capacitando 5.055 participantes nas tecnologias envolvidas no sistema. Importante salientar que os eventos citados se referem apenas àqueles realizados na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas. Além deles, centenas de outras atividades visando disseminar o uso correto da tecnologia, envolvendo desde a implantação de unidades de demonstração (UDs)

até ações de TT (dias de campo, cursos, palestras, visitas técnicas, etc.), foram efetivadas por diversas regiões do País.

As Figuras 13.3, 13.4, 13.5, 13.6, 13.7 e 13.8 representam fotos de eventos sobre integração lavoura-pecuária-floresta promovidos pela Embrapa Milho e Sorgo.

**Tabela 13.1.** Eventos de transferência de tecnologias realizados nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Sete Lagoas, MG.

	Tipo Ordem	Evento	Data	Participantes
<b>Cursos</b>	1	Capacitação de multiplicadores em Integração Lavoura-Pecuária	22 a 25/8/2006	63
	2	1º Encontro Técnico Mineiro para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – 3º Módulo do curso de Capacitação de Multiplicadores – PROTILP	12 e 13/4/2007	85
	3	Curso Integração Lavoura-Pecuária	28/5/2008	27
	4	2ª SIT – Curso Integração Lavoura-Pecuária	18/5/2009	26
	5	Curso Boas práticas agrícolas para a cultura do milho em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Plantio Direto	22/9/2009	112
	6	Curso Alternativas tecnológicas para produção de grãos, forragem e bioenergia no sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Plantio Direto	23/9/2009	30
	7	Sistema de produção de milho, sorgo e ILPF	22/1/2010	19
	8	Curso sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	9/4/2010	19
	9	Sistema de ILPF para o estado de Minas Gerais	5/10/2010	62
	10	Sistema de ILPF para o estado de Minas Gerais	19/10/2010	65
	11	SIT Curso Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	17/5/2011	26
	12	Curso Sistema de produção de milho, de sorgo e ILP	13/7/2011	17
	13	Curso básico de capacitação do plano ABC no estado de Minas Gerais	27/11/2012	24
	14	Minicurso Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	1º/2/2013	21
	15	SIT – Minicurso Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	23/5/2013	18

(continuação)

Cursos	16	SIT – Curso Implantação prática do sistema ILPF para recuperar pastagens (Oficina: coleta de solo, controle de pragas, dessecação, regulagem de plantadeira)	20/5/2014	17	
	17	SIT – Curso Planejamento participativo e implantação de sistemas agroflorestais biodiversos em propriedades rurais	21/5/2014	21	
	18	SIT – Curso Sistema ILP consórcio eucalipto-milho-capim	22/5/2014	11	
	19	8ª SIT – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	28/5/2015	150	
	20	Minicurso Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	25/5/2016	35	
	21	Minicurso Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	9/6/2016	12	
	22	Minicurso Sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta	7/12/2016	31	
	23	Treinamento para técnicos sobre sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	16/5/2017	31	
	24	Curso Tecnologias da Epamig Centro-Oeste e da Embrapa Milho e Sorgo: Manejo e conservação do solo e ILPF	28/06/2017	31	
	25	Curso Tecnologias do Plano ABC	3/7/2017	8	
	26	Curso Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	25/7/2017	11	
	27	Minicurso Sistema de Integração Lavoura-Pecuária	19/10/2017	20	
	28	Minicurso Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	7/6/2018	12	
	29	Minicurso Sistema de Integração Lavoura-Pecuária de Corte	5/7/2018	25	
	30	Minicurso Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária de Corte	24/9/2018	26	
	31	Minicurso Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária de Corte	11/10/2018	35	
	32	Curso Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	30/5/2019	24	
	33	Minicurso Sistema de Integração Lavoura-Pecuária de corte	13/6/2019	31	
	<b>Total</b>			<b>33</b>	<b>1.145</b>

(continuação)

Dias de campo	1	Integração Lavoura-Pecuária de corte e leite	12/4/2007	88
	2	Integração Lavoura-Pecuária	24/5/2007	57
	3	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	16/8/2007	36
	4	ILP – Nivelamento de Conhecimentos e Prospecção de Demandas	28/9/2007	50
	5	Visita Técnica	25/10/2007	88
	6	Dia de Campo ILPF e plantio direto – Regulagem de máquinas e implementos para sistemas de plantio direto e ILPF	9/6/2010	90
	7	Dia de Campo ILPF e plantio direto – Regulagem de máquinas e implementos para sistemas de plantio direto e ILPF	23/6/2010	90
	8	Dia de Campo Dinâmica de plantio de unidade de ILPF	20/10/2010	100
	9	SIT 2011 – Dia de Campo Tecnologias para a sustentabilidade da propriedade rural: ILPF	19/5/2011	62
	10	Técnicas de implantação de sistemas ILPF	20/4/2012	60
	11	Dia de Campo ILPF para universitários	5/3/2013	50
	12	Dia de Campo Integração Lavoura-Pecuária: produção de forragem	21/2/2014	75
	13	Dia de Campo ILPF produção de grãos	4/4/2014	105
	14	3º Dia de Campo de Integração Lavoura-Pecuária	27/8/2014	90
	15	4º Dia de Campo Integração Lavoura-Pecuária	1º/9/2014	80
	16	Dia de Campo Silagem em Integração Lavoura-Pecuária (ILP)	11/3/2015	75
	17	Dia de Campo ILPF – Produção de grãos em Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	23/4/2015	100
	18	Dia de Campo Como produzir carne bovina de qualidade em Integração Lavoura-Pecuária (ILP)	21/9/2016	46
	19	Dia de Campo ILPF Manejo das lavouras e cuidados com o solo	8/3/2017	169
	20	10a SIT – Dia de Campo Sistemas Agropecuários Integrados: aumento da eficiência e renda na propriedade	23/5/2017	178
	21	Dia de Campo Aumento da rentabilidade de lavouras e carne em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP)	27/9/2017	64

(continuação)

Dias de campo	22	Dia de Campo sobre as pesquisas com ILPF na Embrapa Milho e Sorgo	21/10/2017	50
	23	11ª SIT – Dia de campo O componente florestal em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	22/5/2018	68
	24	11ª SIT – Dia de Campo Sistemas integrados de produção agropecuária	23/5/2018	108
	25	Dia de Campo Sistemas integrados de produção agropecuária	17/10/2018	130
	26	Dia de Campo Sistema ILPF: consórcio eucalipto-milho-braquiária	16/3/2019	36
	27	Dia de Campo Cenário do Sistema ILP na produção agropecuária mineira	2/10/2019	76
	28	Dia de campo Produção de forragem na ILP.	16/10/2019	31
	29	Dia de campo Produção de forragem na ILP	23/10/2019	31
	30	Dia de campo Produção de forragem na ILP	6/11/2019	35
	<b>Total</b>			<b>30</b>
Seminários	1	Seminário regional de divulgação do plano e programa de agricultura de baixa emissão de carbono (ABC).	21/5/2012	75
	2	SIT Seminário Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	23/5/2012	67
	3	Contexto da pecuária leiteira e a importância do planejamento da atividade; Uso eficiente da silagem de milho e sorgo; Recuperação de pastagens no sistema ILPF; Caso de sucesso	5/2014	102
	4	Recuperação de áreas com geração de renda; Água na propriedade rural; Adequação da propriedade rural ao novo Código Florestal Mineiro	5/2014	43
	5	Planejamento participativo e implantação de sistemas agroflorestais biodiversos em propriedades rurais	5/2014	21
	6	1º Seminário Técnico Sistema ILPF na região Central de Minas Gerais	19/11/2014	120
	7	Seminário ILPF Produção de grãos em Integração Lavoura-Pecuária e em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	23/4/2015	130
	8	Seminário Bovinocultura de corte em Integração Lavoura-Pecuária	16/9/2015	95

(continuação)

<b>Seminários</b>	9	Sistemas Agropecuários Integrados: aumento da eficiência e renda na propriedade	23/5/2017	230
	10	O componente florestal em Sistemas de ILPF	22/5/2018	227
	11	Sistemas integrados de produção agropecuária	23/5/2018	166
	12	12ª SIT – Seminário O Sistema ILPF com Foco no Componente Pecuário e no Meio Ambiente	21/5/2019	120
	<b>Total</b>		<b>12</b>	<b>1.396</b>
<b>Palestras</b>	1	Sistema de Integração Lavoura-Pecuária	6/5/2009	30
	2	8ª SIT Palestra Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	28/5/2015	40
	3	Palestra Rede de fomento ILPF: desafios e perspectivas	7/7/2017	17
	4	Palestras Pesquisas em manejo vegetal e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Campo Agrostológico de forrageiras	22/10/2018	24
	<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>111</b>
<b>Reuniões</b>	1	Alternativas tecnológicas para a região Norte de Minas, utilizando ILPF	24/6/2009	35
	2	Reunião de articulação: programação de eventos de transferência de tecnologias no sistema ILPF da Embrapa Milho e Sorgo	24/9/2014	50
	<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>85</b>
<b>Total geral</b>			<b>81</b>	<b>5.055</b>



Foto: Sandra Maria Brito

**Figura 13.3.** Seminário sobre integração lavoura-pecuária-floresta em 23/4/2015.



Foto: Sandra Maria Brito

**Figura 13.4.** Seminário sobre integração lavoura-pecuária-floresta em 23/4/2015.

Foto: Sandra Maria Brito



**Figura 13.5.** Seminário sobre integração lavoura-pecuária-floresta em 30/3/2016.

Foto: Sandra Maria Brito



**Figura 13.6.** Seminário sobre integração lavoura-pecuária-floresta em 30/3/2016.



Foto: José Heitor Vansconcellos

**Figura 13.7.** Simpósio com alunos da Universidade Federal de Minas Gerais sobre integração lavoura-pecuária-floresta em 2017.



Foto: Sandra Maria Brito

**Figura 13.8.** Dia de campo de integração lavoura-pecuária em 2/10/2019.

## **Considerações finais**

A divulgação e a capacitação de multiplicadores nos sistemas ILPF permitiram a capacitação de 5.055 participantes nas tecnologias envolvidas no sistema, dentre técnicos, estudantes e produtores rurais. Além das estratégias e ações presenciais de transferência de tecnologia realizadas, a modalidade de ensino a distância (EaD) possibilitou que até maio de 2020, em duas turmas ofertadas, fossem certificados 528 participantes, o que mostra o alcance dessa estratégia como ferramenta de transferência de conhecimentos e tecnologias.

## **Referência**

EMBRAPA. **Adoção de ILPF chega a 11,5 milhões de hectares**. Brasília, DF, 2016. Notícias. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17755008/adocao-de-ilpf-chega-a-115-milhoes-de-hectares>. Acesso em: 23 ago. 2021.

## **Literatura recomendada**

NOCE, M. A. **Análise do processo de transferência de tecnologias no sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, para agricultores familiares na região Central de Minas Gerais**. 2017. 184 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

## Capítulo 14

### Ações de comunicação em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

Sandra Maria Brito  
José Heitor Vasconcellos  
Marina Torres Pessoa  
Guilherme Ferreira Viana

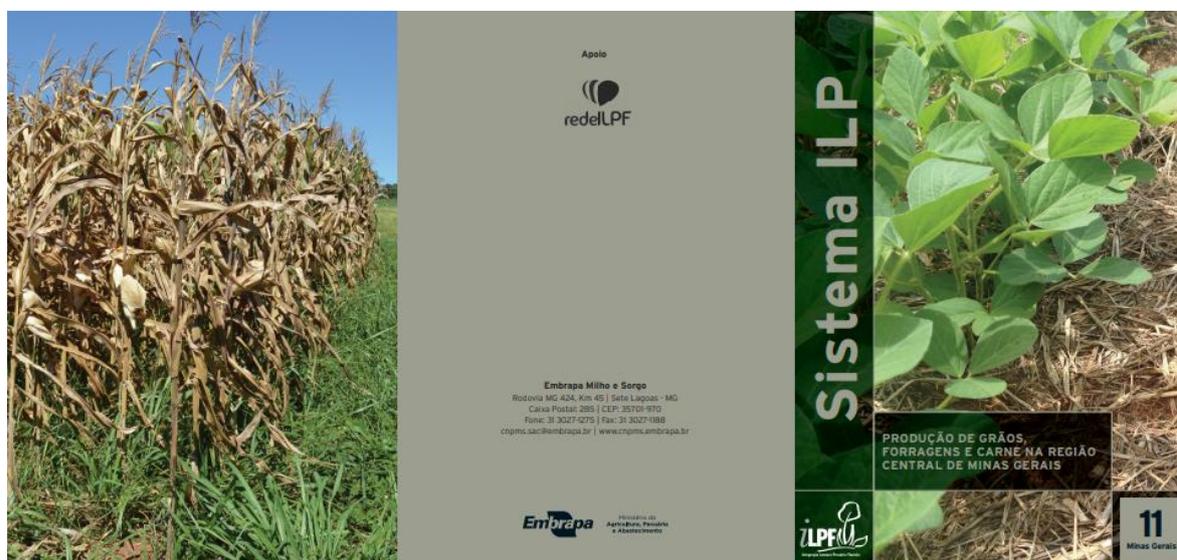


## Introdução

Este capítulo tem o objetivo de mostrar algumas ações de comunicação que apresentaram resultados das pesquisas realizadas na Unidade de Referência Tecnológica em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), da Embrapa Milho e Sorgo. A equipe de comunicação buscou integrar parceiros e divulgar as pesquisas geradas, nos sistemas de ILPF, para as comunidades locais, regionais e nacionais.

Criação e produção de pôsteres, cartazes, publicações, vídeos, veículos digitais e aplicativos foram utilizados como instrumentos didáticos para auxiliar nas ações de transferência de tecnologia (TT) (Figura 14.1). Adicionalmente, as experiências aqui conseguidas contribuíram para o alcance de ações de abrangência nacional, conforme serão mostradas na sequência.

A divulgação de reportagens nos veículos tradicionais, digitais e nas mídias sociais também contribuiu para a difusão do conceito e das pesquisas de ILPF, para os diversos públicos envolvidos no projeto (pesquisadores, produtores rurais, técnicos, estudantes e profissionais do setor agropecuário em geral), e também para a sociedade em geral.



**Figura 14.1.** Capa e contracapa do pôster de divulgação do sistema de integração lavoura-pecuária implantado na Embrapa Milho e Sorgo: sistema de integração lavoura-pecuária com produção de grãos, forragens e carne na região Central de Minas Gerais em 2019.

## Atividades de Comunicação

### a) Boletim eletrônico “Integração”

Criado e editado inicialmente pela equipe do Núcleo de Comunicação Organizacional da Embrapa Milho e Sorgo, o “Integração” conta ainda hoje com a colaboração de jornalistas de várias Unidades da Embrapa. O informativo contém artigos, reportagens, informações sobre eventos, cursos, etc., e é enviado para milhares de produtores de todas as regiões do Brasil (Figura 14.2).

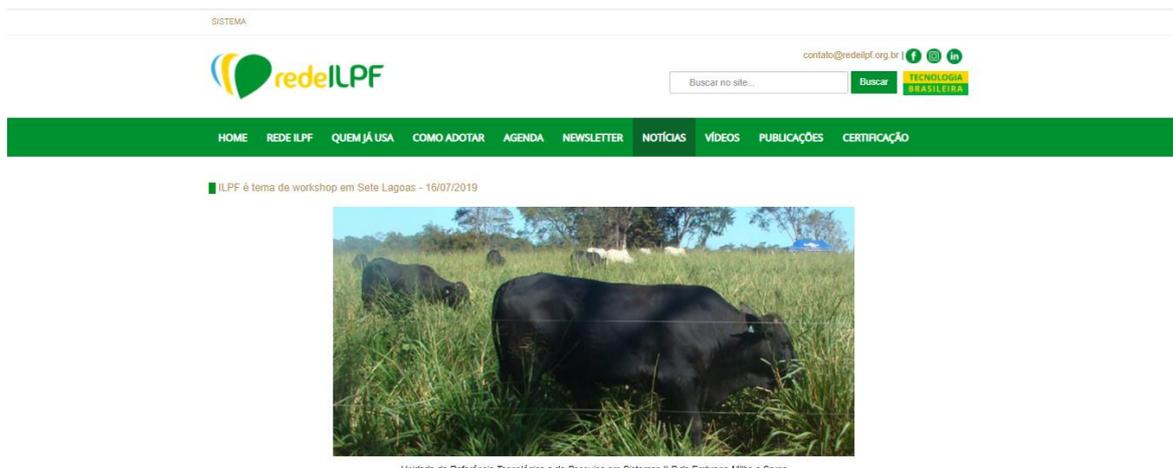


Foto: Sandra Maria Brito

**Figura 14.2.** Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa em sistemas de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo. Jornal Integração. 16/9/2019.

### b) Site ILPF

Inicialmente hospedado na Embrapa Milho e Sorgo, o site ILPF contribuiu para a divulgação das principais ações do projeto. Vídeos, publicações, eventos, notícias e um link para um banco de dados com mapas consolidados de unidades demonstrativas permitem que técnicos e produtores tenham acesso a informações e experiências sobre o sistema ILPF. Hoje, esse site está incorporado pela Rede ILPF (<https://redeilpf.org.br>) (Figura 14.3).



**Figura 14.3.** Página inicial do site da Rede ILPF.

### c) Dia de Campo na TV

O programa Dia de Campo na TV (DCTV), produzido pela Embrapa Milho e Sorgo, com o tema “Integração Lavoura-Pecuária garante mais pasto na seca”, foi ao ar em 26 de maio de 2017. No programa, os pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo mostram que a ILP combina atividades agrícolas e pecuárias em uma mesma área, de forma sustentável. Eles explicam por que o planejamento da propriedade deve considerar um horizonte de vários anos. Um dos objetivos do sistema é agregar diversas tecnologias de manejo e conservação do solo e da água, para que a propriedade rural tenha maior estabilidade de produção.

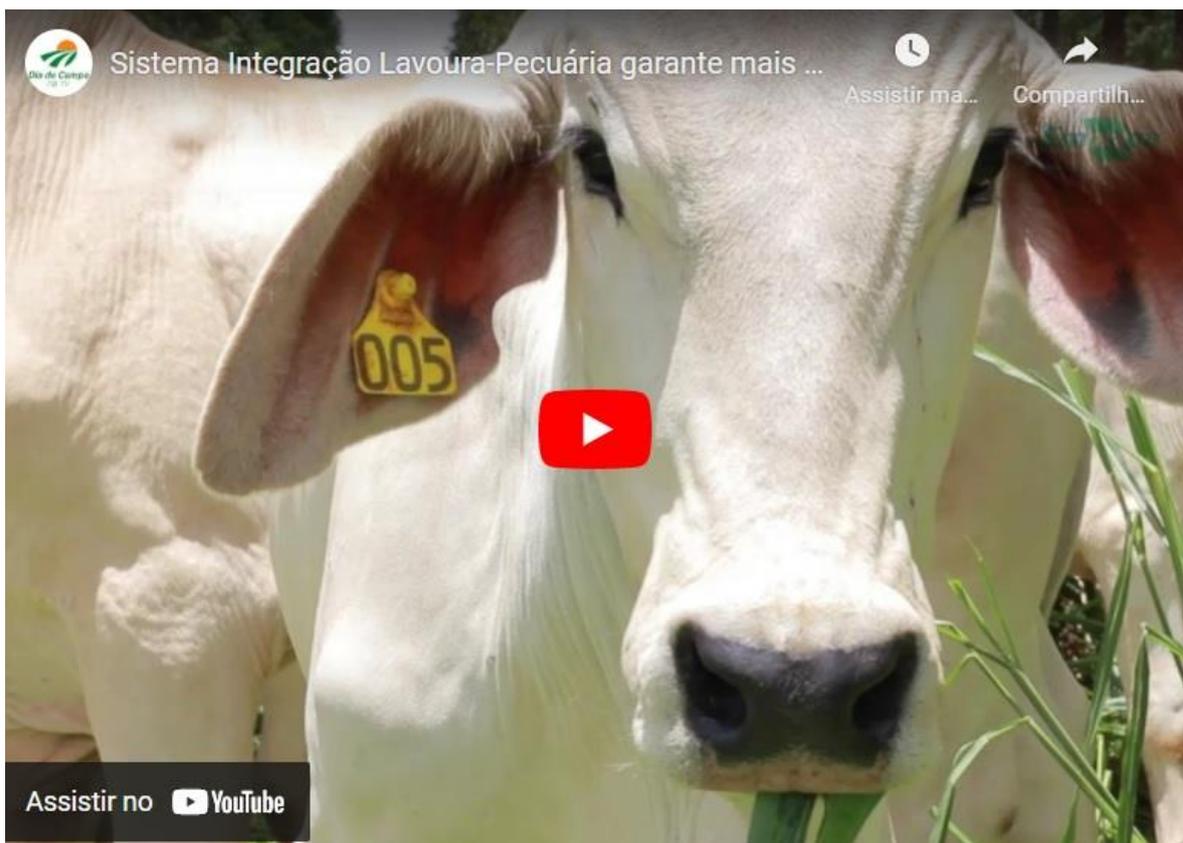
As reportagens foram gravadas na Unidade de Referência Tecnológica (URT) da Embrapa Milho e Sorgo e em propriedades rurais de cidades próximas a Sete Lagoas. A URT foi instalada para demonstrar o potencial da ILP em situações de falta de chuva. O pesquisador Ramon Costa Alvarenga explicou que os trabalhos na URT foram iniciados em 2005, com a escolha da área e o estudo detalhado das condições físico-químicas do solo. E que as estratégias de recuperação servem tanto para produção de grãos e silagem quanto para produção de pastagens. O programa mostrou também um dia de campo na URT, realizado em 8 de março de 2017, quando estiveram presentes 170 pessoas (Figuras 14.4, 14.5 e 14.6).

Para construir o roteiro desse DCTV, foi fundamental a parceria da Embrapa Milho e Sorgo com Emater Minas, Epamig, Cooperativas, Senar, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), empresas privadas e produtores rurais. Para

relatar resultados com as práticas do sistema ILPF, o programa contou com a participação dos produtores Anderson Alves Diniz, de Pedro Leopoldo, MG; Antônio Edimilton Cota e Elnice Maria Perdigão Cota, de Baldim, MG; Alexandre Augusto Roscoe e Gustavo Pitangui Salvo, de Curvelo, MG; e Celso Aparecido de Oliveira, de Santana do Pirapama, MG.

Esse programa está disponível no Canal YouTube da Embrapa, no endereço <https://www.embrapa.br/dia-de-campo-na-tv/busca-de-noticias/-/noticia/23093637/dia-de-campo-na-tv---sistema-integracao-lavoura-pecuaria-garante-mais-pasto-na-seca>.

O Dia de Campo na TV é um programa institucional da Embrapa e é veiculado pelo Canal Rural, pela TV NBR (atual TV Brasil) e pela TV Câmara, com reprises durante a semana, além de contar com transmissões em outros canais parceiros.



**Figura 14.4.** Dia de Campo na TV: “Integração Lavoura-Pecuária garante mais pasto na seca”, que foi ao ar em 26 de maio de 2017.

Foto: Sandra Maria Brito



**Figura 14.5.** Gravação do programa Dia de Campo na TV, em Santana de Pirapama, MG em 20/4/2017.

Foto: Sandra Maria Brito



**Figura 14.6.** Gravação do programa Dia de Campo na TV no sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo em 20/12/2016.

#### **d) YouTube**

Além da produção dos vídeos retratando as pesquisas da Unidade em ILPF, a equipe de comunicação da Embrapa Milho e Sorgo foi responsável pela produção e edição de dezenas de vídeos sobre ILPF em todos os biomas brasileiros, incluindo vídeos realizados nos sistemas ILPF da Embrapa Milho e Sorgo. A equipe também foi responsável pela criação de um canal no YouTube sobre essa tecnologia. [https://www.youtube.com/results?search\\_query=canal+embrapa+ILPF](https://www.youtube.com/results?search_query=canal+embrapa+ILPF).

#### **e) Cubo e maquete de realidade aumentada sobre integração lavoura-pecuária-floresta**

A necessidade de expandir o entendimento de diferentes públicos sobre a complexidade dos sistemas de ILPF levou à busca por novas ferramentas de comunicação que pudessem ser facilmente utilizadas por qualquer pessoa, em qualquer local, a qualquer momento. A tecnologia da realidade aumentada (RA) mostrou-se com grande potencial de divulgação dos princípios contidos na ILPF, pela sua praticidade e interatividade.

As equipes de comunicação da Embrapa Milho e Sorgo e da Embrapa Agrossilvipastoril desenvolveram dois aplicativos que retratam a ILPF: um cubo e uma maquete virtual. Esses aplicativos podem ser usados em palestras por pesquisadores, extensionistas e professores, sendo didaticamente adaptáveis aos seus diversos públicos. Além disso, esses apps podem ser usados para divulgar a ILPF em feiras, exposições, congressos, entre outros eventos (Figuras 14.7 e 14.8).

Foto: Guilherme Ferreira Viana



**Figura 14.7.** Maquete de realidade aumentada desenvolvida pela equipe de comunicação da Embrapa Milho e Sorgo em parceria com a equipe da Embrapa Agrossilvipastoril.

Foto: Guilherme Ferreira Viana



**Figura 14.8.** Maquete de realidade aumentada desenvolvida pela equipe de comunicação da Embrapa Milho e Sorgo em parceria com a equipe da Embrapa Agrossilvipastoril.

#### f) Túnel de realidade virtual

Como forma de atrair a atenção do público e de proporcionar uma experiência imersiva e de conhecimento, em 2018 trabalhou-se na adaptação do conteúdo do aplicativo “Maquete Virtual de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta-ILPF em Realidade Aumentada” para um formato de realidade virtual (RV).

Assim, criou-se se um túnel por onde o visitante passa por dezesseis painéis utilizando óculos de realidade virtual. Em cada painel, uma cena mostra uma etapa de um sistema ILPF ou aborda algum aspecto do sistema, como comportamento de raízes, infiltração de água, ciclagem de nutrientes, ciclo de gases de efeito estufa, entre outros. Um áudio, em português ou inglês, explica sobre cada imagem.

Além da experiência imersiva da RV, são utilizadas também experiências sensoriais, como iluminação diferenciada, vento simulando o conforto térmico da sombra e uso de essência de eucalipto e folhas espalhadas pelo chão nas cenas com o componente arbóreo.

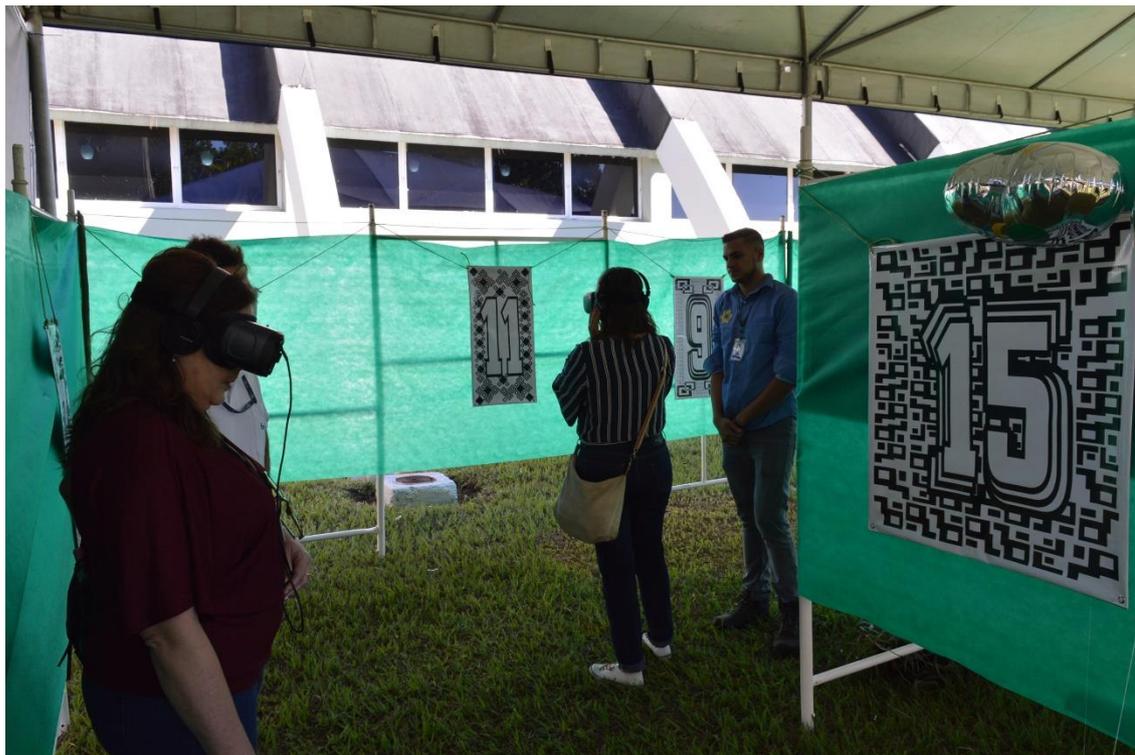
Esse túnel foi apresentado durante a Semana de Integração Tecnológica (SIT), evento da Embrapa Milho e Sorgo, em 2019, e hoje é uma das principais atrações da ILPF em feiras e exposições (Figuras 14.9 e 14.10).



Foto: Gabriel Rezende Faria

**Figura 14.9.** Túnel de realidade virtual desenvolvido pela equipe de comunicação da Embrapa Milho e Sorgo em parceria com a equipe da Embrapa Agrossilvipastoril.

Foto: Guilherme Ferreira Viana



**Figura 14.10.** Túnel de realidade virtual instalado na Embrapa Milho e Sorgo por ocasião da Semana de Integração Tecnológica, 2019.

### **g) Veículos de comunicação**

Entre os vários veículos de comunicação que divulgaram as ações dos sistemas ILPF da Embrapa Milho e Sorgo, citam-se o jornal Diário do Comércio de Minas Gerais, o jornal Cooperando (da Cooperativa de Sete Lagoas), a rádio Nacional de Brasília, a TV Câmara de Sete Lagoas, o Canal Rural, TV NBR (atual TV Brasil). Além deles, as ações foram divulgadas pelos sites de notícias Agrolink, Espaço do Produtor, Folha do Mato Grosso, Grupo Cultivar, Plantão News, O Leite, e por rádios e jornais de Sete Lagoas.

### **h) Crescimento**

Nos últimos anos, houve um crescimento expressivo de sistemas integrados no Brasil. A área com algum tipo de adoção de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) era de 1,87 milhão de hectares no ano de 2005 e chegou a 15 milhões de hectares em 2018. Ações de divulgação e transferência de tecnologia são fundamentais para essa expansão (Figuras 14.11 e 14.12).



Foto: Sandra Maria Brito

**Figura 14.11.** Bovinos no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta da Embrapa Milho e Sorgo.



Foto: Sandra Maria Brito

**Figura 14.12.** Bovinos confinados, provenientes do sistema de integração lavoura-pecuária da Embrapa Milho e Sorgo.

## **Notícias publicadas no informativo Grão em Grão, da Embrapa Milho e Sorgo, e no Portal Embrapa de 2014 a 2020**

Para acessar as notícias no portal da Embrapa Milho e Sorgo, digite

<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>

Para acessar o Boletim de Notícias “Grão em Grão”, digite

<http://grao.cnpms.embrapa.br/>

### **a) Notícias publicadas:**

9/10/19 | **Produção animal / ILPF**

ILP e terminação em confinamento garantem eficiência na recria de bovinos de corte

9/10/19 | **Transferência de Tecnologia / ILPF**

Página do veículo de divulgação Grão em Grão, da Embrapa Milho e Sorgo, em que foram veiculadas diversas atividades dos sistemas ILPF até 2021 (Figura 14.13).

**Integração Lavoura-Pecuária favorece recuperação de pastagens e produção de alimento em período de seca**

9/10/19 | **Transferência de Tecnologia / ILPF**

Sistemas integrados crescem como alternativa para intensificar produção e aumentar rentabilidade

25/9/19 | **Transferência de Tecnologia / ILPF**

Integração Lavoura-Pecuária em Minas é foco de debates

16/7/19 | **ILPF**

ILPF é tema de workshop em Sete Lagoas

11/6/19 | **Produção animal / ILPF**

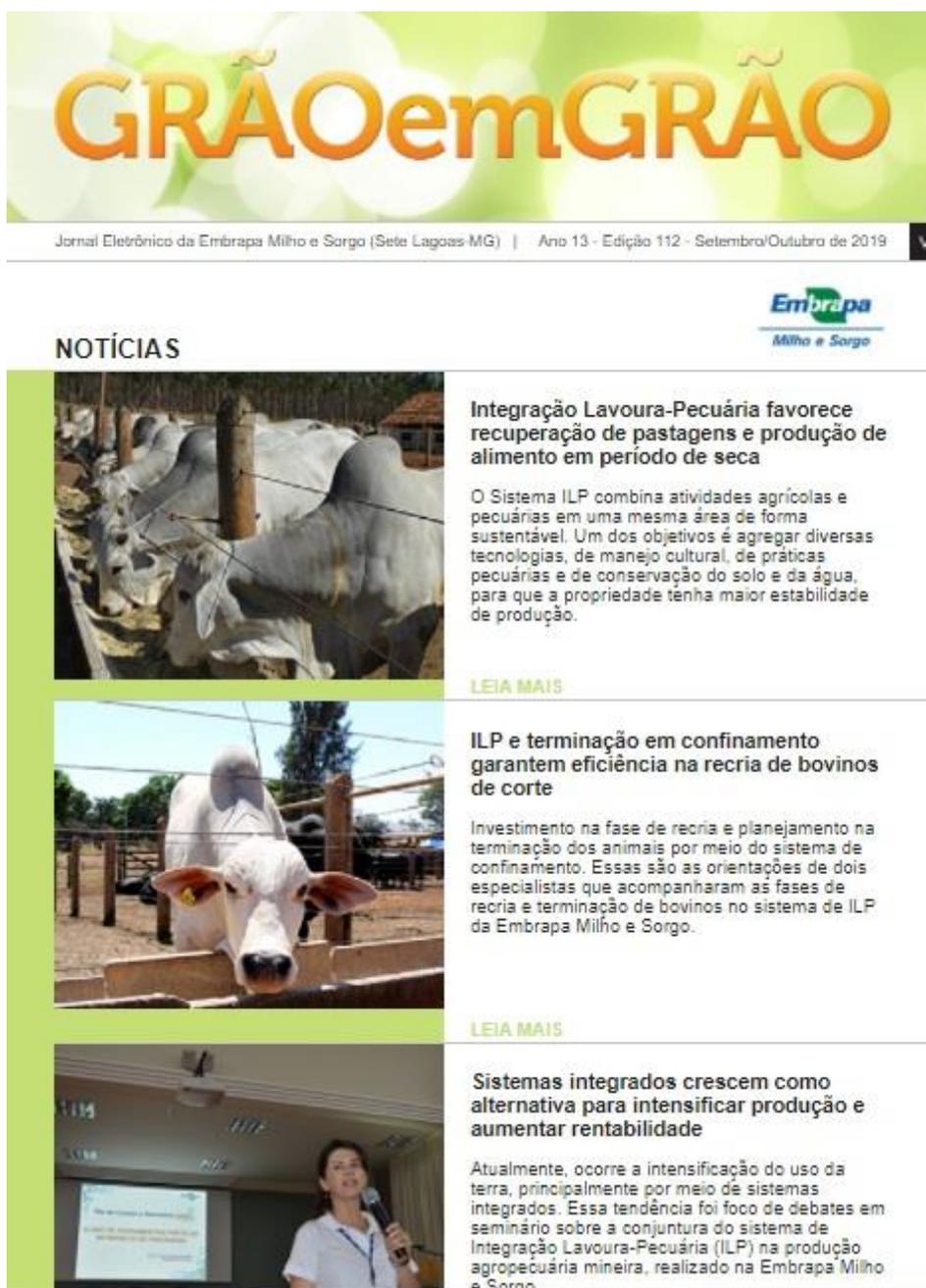
Sustentabilidade e conforto animal são debatidos em seminário sobre ILPF

10/6/19 | **Transferência de Tecnologia / ILPF**

Integração Lavoura-Pecuária intensifica produção no campo

10/5/19 | **ILPF**

Pecuária e meio ambiente serão temas de seminário da 12ª SIT



**Figura 14.13.** Exemplo de notícia publicada em 2021 na página do veículo de divulgação “Grão em Grão”.

10/5/19 | **ILPF**

Pecuária e meio ambiente serão temas de seminário da 12ª SIT

3/10/18 | **ILPF**

Embrapa apresenta resultados do sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Minas Gerais

20/6/18 | **ILPF**

Produção florestal de madeira pode ser diversificada em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

15/6/18 | **ILPF**

Intensificação de sistemas é receita para produtor conseguir mais renda

15/5/18 | **Transferência de Tecnologia / ILPF**

O componente florestal em sistemas de ILPF será tema de seminário da 11ª SIT

10/10/17 | **ILPF / Convivência com a seca**

Integração Lavoura-Pecuária evita perdas em caso de riscos climáticos

1º/11/17 | **ILPF**

Simpósio discute desafios na produção animal sustentável

17/8/17 | **Produção vegetal / ILPF**

Seminário apresentará novas forrageiras que favorecem formação e reforma de pastagens

26/7/17 | **ILPF**

Embrapa, Epamig e Emater realizam curso sobre ILPF em parceria

17/7/17 | **ILPF**

Sistemas agropecuários integrados favorecem o aumento da produtividade

5/7/17 | **ILPF / Agricultura de Baixo Carbono**

Sistemas integrados de produção exigem conhecimento para mais rentabilidade

4/5/17 | **Produção animal / ILPF**

Integração Lavoura-Pecuária garante eficiência na produção de bovinos de corte

13/3/17 | **Transferência de Tecnologia / ILPF**

Integração Lavoura-Pecuária: da teoria à prática, com eficiência e lucratividade

7/3/17 | **ILPF Convivência com a seca / Mercado de cultivares e sementes**

Dia de campo mostra potencial do sorgo na produção de leite

**16/5/16 | Agricultura familiar / Transferência de Tecnologia**

Embrapa Milho e Sorgo realiza 9ª Semana de Integração Tecnológica em Sete Lagoas

**16/6/15 | Mudanças climáticas / Transferência de Tecnologia**

Semana de Integração Tecnológica debate desafios das mudanças climáticas na agropecuária regional

**27/5/15 | Transferência de Tecnologia / ILPF**

8ª SIT da Embrapa realiza Encontro regional sobre pecuária leiteira em Sete Lagoas

**25/5/15 | Mudanças climáticas / Transferência de Tecnologia**

SIT: seminários debatem mudanças climáticas e estratégias para a convivência com a seca

**18/3/16 | Transferência de Tecnologia / ILPF / Agricultura de Baixo Carbono**

Produção de silagem em sistema ILP é tema de evento na Embrapa

**18/9/15 | Transferência de Tecnologia / ILPF**

Pecuária de corte: atender exigências do mercado é saída para mais lucratividade

**17/4/15 | Transferência de Tecnologia / ILPF**

Seminário e dia de campo debatem produção de grãos em ILP e em ILPF

**27/4/15 | Transferência de Tecnologia / ILPF**

Embrapa realiza Seminário e Dia de Campo sobre produção de grãos em ILP e em ILPF em Sete Lagoas

**2/7/15 | Mudanças climáticas / Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação / Produção animal / Produção vegetal / Transferência de Tecnologia ILPF**

Embrapa apresenta alternativas de alimentação do rebanho no período da seca

**14/9/15 | Transferência de Tecnologia / ILPF**

Eventos debatem produção de carne e leite em sistema de ILP

**28/8/15 | Transferência de Tecnologia**

Projeto ABC Cerrado é tema de seminários em Minas Gerais

**10/10/14 | Transferência de Tecnologia**

Embrapa instala Unidades Demonstrativas para produção de silagem para rebanho leiteiro

**22/5/15 | Mudanças climáticas / Transferência de Tecnologia**

Semana de Integração Tecnológica debate desafios das mudanças climáticas na agropecuária regional

**13/3/15 | Produção animal / Produção vegetal**

Produção de silagem e consórcio de culturas são opções econômicas para o agricultor

**10/3/15 | Produção animal / Produção vegetal / Transferência de Tecnologia**

Embrapa e parceiros apresentam tecnologias sobre produção de silagem em sistemas Integrados de Lavoura-Pecuária

**6/1/15 | Transferência de Tecnologia**

Solo bem nutrido gera mais lucro ao produtor

**18/11/14 | Produção animal / Produção vegetal**

Embrapa realiza seminário e dia de campo sobre ILP

**28/8/14 | Produção animal / Transferência de Tecnologia**

Dia de campo mostra vantagens da pecuária de ciclo curto e sistema ILP

**27/8/14 | Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação / Produção animal**

Embrapa realiza dia de campo sobre ILP

**24/4/14 | Transferência de Tecnologia**

ILP foi tema de dia de campo

## **b) Repercussão na mídia**

### **Grupo Cultivar**

6/1/2015 - Grupo Cultivar

Solo bem nutrido gera mais lucro ao produtor

### **Portal Brasil**

<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2015/01/solo-bem-nutrido-gera-mais-lucro-ao-produtor>

11/3/2015 - Rádio EBC - Programa Brasil Rural

<https://radios.ebc.com.br/brasil-rural/educacao/2015-03/embrapa-realiza-dia-de-campo-sobre-silagem-no-sistema-lavoura-pecuaria>

19/3/2015 - Espaço do Produtor

Produção de silagem e consórcio de culturas são opções econômicas para o agricultor

<https://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor/scripts/verNoticia.php?codigo=1949&acao=exibir>

12/10/2017 Diário do Comércio MG | Notícias

Integração reduz riscos de perdas com a seca

<https://monitoring.knewin.com/verNoticia.aspx?c=0&n=7073957&e=539>

23/10/2017 O Leite | Notícias

MG: dia de campo mostra potencial do sorgo na produção de leite

<https://monitoring.knewin.com/verNoticia.aspx?c=0&n=7224173&e=539>

11/10/2017 - Plantão News | Agronegócio

Integração Lavoura-Pecuária evita perdas em caso de riscos climáticos

<https://monitoring.knewin.com/verNoticia.aspx?c=0&n=7061131&e=539>

9/10/2019 – Agrolink

ILP favorece recuperação de pastagem

[https://www.agrolink.com.br/noticias/ilp-favorece-recuperacao-de-pastagens\\_425056.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/ilp-favorece-recuperacao-de-pastagens_425056.html)

9/10/2019 – Agrolink

ILP e confinamento garantem eficiência na recria de bovinos

[https://www.agrolink.com.br/noticias/ilp-e-confinamento-garantem-eficiencia-na-recria-de-bovinos\\_425091.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/ilp-e-confinamento-garantem-eficiencia-na-recria-de-bovinos_425091.html)

10/10/2019 - Folha MT | Notícias

ILP e confinamento garantem eficiência na recria de bovinos.

<https://monitoring.knewin.com/verNoticia.aspx?c=0&n=32263670&e=539>

### **Considerações finais**

O programa de Pesquisa e Transferência de Tecnologia dos sistemas ILP e ILPF desenvolvidos pela Embrapa, embasado nos sistemas implantados em seus campos experimentais, tem cumprido função relevante na divulgação da tecnologia no Cerrado brasileiro. As atividades de transferência de tecnologia realizadas nas unidades implantadas possibilitaram a capacitação de milhares de potenciais multiplicadores da tecnologia, dentre técnicos, estudantes e produtores rurais. Paralelamente, os resultados obtidos nas pesquisas realizadas nesses sistemas possibilitaram refinar os conhecimentos sobre a ILP e a ILPF e divulgá-las em outras centenas de eventos e publicações técnicas disponibilizados aos interessados de todo o País.

As ações de comunicação proporcionaram ao público interessado acompanhar periodicamente os resultados dos processos de recuperação das áreas degradadas, a criação dos bovinos e a evolução dos sistemas ILPF. Assim como apresentado no Dia de Campo na TV, nas notícias e nos posts nas redes sociais, as tecnologias foram adotadas e aprovadas por diversos agricultores.

Nesse sentido, a comunicação desempenha papel relevante para a transferência de tecnologia e proporciona a disseminação de conceitos e práticas agropecuárias, sendo assim uma das ferramentas utilizadas para difusão. Uma das primícias observadas neste segmento é alinhar a linguagem da tecnologia para se adequar aos diferentes veículos de comunicação e para ser compreendida pelos diversos tipos de público. Assim, com clareza e objetividade, textos, áudios, vídeos e imagens tornam-se atraentes para o interlocutor.

Sobre esse aspecto de ser a comunicação uma das ferramentas para o processo de transferência de tecnologias (TT), Noce (2017, p. 18-19) cita o estudo de Pereira e Gomes (2009):

[...] “Pereira e Gomes (2009) destacam a importância das metodologias de TT para fazer chegar as inovações ao campo, especialmente quando se tratam de agricultores familiares. Os autores ressaltam o contraste entre situações de miséria no campo, mesmo em localidades dotadas de infraestrutura de serviços e próximas a modernos centros de pesquisa agropecuária. Entendem que, em se tratando de agricultores familiares, o procedimento mais adequado quando se pretende a transferência de tecnologias, seria o uso da metodologia participativa. Explicam que a metodologia participativa tem seus fundamentos embasados na valorização dos aspectos socioculturais e, neste contexto, é imperativo aceitar o conhecimento dos agricultores, respeitando suas próprias definições de desenvolvimento, suas metas, seus objetivos e seus valores culturais. Os autores ressaltam ainda a importância do processo de pesquisa participativa ao colocar os pesquisadores e agricultores em contato continuado, resultando em “informações preciosas para o refinamento das tecnologias, validadas em meio real, com a observação dos próprios agricultores” (Pereira; Gomes, 2009. p. 141). Ainda de acordo com os autores, existe, dentro do processo de TT, uma ampla gama de ferramentas participativas, mas sua escolha deve atender a quatro etapas fundamentais: a organização, o diagnóstico, o planejamento e a gestão. Os autores destacam ainda a importância da identificação e do uso de meios de comunicação apropriados a cada público e concluem que a eficiência do processo de transferência de tecnologias não está vinculada apenas ao modelo de comunicação adotado, mas também à ligação estreita entre a pesquisa e os reais problemas dos sistemas de produção”.

## Referências

PEREIRA, A. F.; GOMES, J. C. C. O uso de metodologias participativas na democratização do conhecimento: avaliação de rede de referência na região sul do RS. **Extensão Rural**, v. 16, n. 18, p. 123-146, jul./dez. 2009.

NOCE, M. A. **Análise do processo de transferência de tecnologia no sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, para agricultores familiares na região Central de Minas Gerais.** 2017. 184 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.



## **Apêndice**

**Produção técnico-científica gerada nos  
sistemas integração lavoura-pecuária e  
integração lavoura-pecuária-floresta  
da Embrapa Milho e Sorgo**

### Artigos Científicos

ALMEIDA, C. M. de; LANA, A. M. Q.; RODRIGUES, J. A. S.; ALVARENGA, R. C.; BORGES, I. Influência do tipo de semeadura na produtividade do consórcio sorgo - *Urochloa brizantha* cv Marandu no sistema integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 1, p. 60-68, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/937331>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; CASTRO, A. A. D. N.; COELHO, A. M.; ALMEIDA, E. de P. C. Rendimento do consórcio milho-braquiária brizantha afetado pela localização do adubo e aplicação de herbicida. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 224-234, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/927381>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; ALVARENGA, R. C.; GUIMARAES, S. T.; LAMPEÃO, A. A.; WINKELSTROTTER, L. K.; MACIEL, I. C. de F. Performance of crossbred steers post-weaned in an integrated crop-livestock system and finished in a feedlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 5, p. 355-365, maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500009>.

MACIEL, I. C. de F.; BARBOSA, F. A.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; ALVARENGA, R. C.; LOPES, L. S.; MALACCO, V. M. R.; ROWNTREE, J. E.; THOMPSON, L. R.; LANA, A. M. Q. Could the breed composition improve performance and change the enteric methane emissions from beef cattle in a tropical intensive production system? **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, e0220247, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220247>.

MACIEL, I. C. F.; BARBOSA, F. A.; ALVES, B. J. R.; ALVARENGA, R. C.; TOMICH, T. R.; CAMPANHA, M. M.; ROWNTREE, J. E.; ALVES, F. C.; LANA, A. M. Q. Nitrous oxide and methane emissions from beef cattle excreta deposited on feedlot pen surface in tropical conditions. **Agricultural Systems**, v. 187, 102995, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102995>.

MOREIRA, E. D. S.; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; BORGHI, E.; SANTOS, C. A. dos; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. Production efficiency and agronomic attributes of corn in an integrated crop-livestock-forestry system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 419-426, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000400003>.

SIMAO, E. de P.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA NETO, S. N. de; GALVAO, J. C. C.; BORGHI, E.; MARTINS, D. C. Produção de grãos e forragem em função da disponibilidade luminosa em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 111-121, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1091865>. Acesso em: 23 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A. dos; SIMÃO, E. de P.; CAMPANHA, M. M. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 2, p. 183-191, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/988867>. Acesso em: 23 jan. 2023.

### Publicações Técnicas

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). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/482993>. Acesso em: 23 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 211). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1014286>. Acesso em: 23 jan. 2023.

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, 237). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1102028>. Acesso em: 23 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: produção de alimentos, agroenergia e madeira. @**Integração, Boletim informativo iLPF**, ano 2, ed. 5, jan. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/876712>. Acesso em: 23 jan. 2023.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; GONTIJO NETO, M. M. **Crescimento, estoque de carbono e agregação de valor em árvores de eucalipto em um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no cerrado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017. 24 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 157). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1081843>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MANTOVANI, E. C.; FELIPELLI, A.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; MOREIRA, T. J. **Avaliação preliminar de duas colhedoras comerciais de forragens, em duas culturas consorciadas, do projeto ILPF**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 225). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1096963>. Acesso em: 25 jan. 2023.

OLIVEIRA, M. F. de; SILVA, C. H. L. e; ALVARENGA, R. C.; SILVA, A. F. da. **Monitoramento de plantas daninhas em sistema integrado entre lavoura e pecuária em Sete Lagoas, MG**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 241). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1099243>. Acesso em: 25 jan. 2023.

#### Resumos em Congressos, Simpósios, etc.

ALMEIDA, C. M. DE; MAIA FILHO, G. H. B.; LANA, A. M. Q.; RODRIGUES, J. A. S.; ALVARENGA, R. C.; BORGES, I.; MENDONÇA, R. M. A. de; MOREIRA, G. R. Produtividade no consórcio sorgo e *Brachiaria brizantha* em sistema integrado lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, 2., 2012, Montes Claros. **Mostra técnico-científica...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. p. 86-91. Resumos expandidos. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/949920>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; CALONEGO, J. C.; SILVEIRA, M. C. T. da; KARAM, D.; SIMEÃO, R. M. Agricultural productivity of a long-term crop-livestock system in the Cerrado Biome, Brazil. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 487-491. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1132407>. Acesso em: 25 jan. 2023.

BASTOS, L. M.; ALVARENGA, R. C. Influência do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária na fertilidade de um Latossolo Vermelho Distrófico Típico da região de Sete Lagoas-MG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 11., 2016, Sete Lagoas. **[Trabalhos apresentados]**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1061035>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M. Inovações tecnológicas nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta-iLPF. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 8.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2012, Viçosa, MG. **Anais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 267-276. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/927330>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; ALBERNAZ, W. M. Integração lavoura-pecuária: produção de massa de silagem de sorgo BRS 658 e de capim mombaça cultivados em consórcio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil**: resumos. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. p. 192. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1095539>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A. Crop-Livestock Integration System as a sustainable production strategy in regions with climate risks. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Towards sustainable intensification**: proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1020197>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; BASTOS, L. M. Consórcio milho-braquiária num sistema de integração lavoura-pecuária: rendimentos do décimo primeiro ano. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e sorgo**: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1054431>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; CLEMENTE, E. P.; CASTRO, A. S. D. N. Integração Lavoura-Pecuária: ferramenta para produtividade com sustentabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira**: [resumos expandidos]. Porto Alegre: UFRGS: SBCS, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/489858>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; CASTRO, A. A. D. N.; COELHO, A. M.; CLEMENTE, E. de P. Crescimento de plantas de milho e de braquiária Brizanta em plantio consorciado, na presença ou ausência de subdose de herbicida Nicosulfuron e diferentes modos de adubação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas**: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/491287>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; GONTIJO NETO, M. M. Greenhouse gases mitigation in a crop-livestock-forest integration system. In: LAC ESP REGIONAL CONFERENCE, 2018. **Abstracts**. Campinas: Unicamp, 2018. Conferência Regional América Latina e Caribe da Ecosystem Services Partnership/ESP. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1099288>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; GONTIJO NETO, M. M. Estimates of yield sawn wood of eucalyptus aged 15 years in CLFI system. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference**... Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 443-448. WCCLF. Evento online. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1134998>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CARMO, T. D. do; MENDONÇA, R. M. A. de; MOREIRA, E. D. S.; LANA, A. M. Q.; SOARES, N. A.; TEIXEIRA, N. P. Atributos químicos do solo em sistema silvipastoril e pastagem exclusiva de capim-marandu. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 12.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 18.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 5.; SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 6.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 5.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS ANIMAIS, 6.; SIMPÓSIO NORDESTINO SOBRE AMBIÊNCIA, BEM-ESTAR ANIMAL E CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO, 1.; SIMPÓSIO IMPORTÂNCIA DAS PASTAGENS NATIVAS PARA A SUSTENTABILIDADE PECUÁRIA NO SEMIÁRIDO; FÓRUM DE COORDENADORES DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA E RECURSOS PESQUEIROS DO NORDESTE, 7.; FÓRUM DE INTEGRAÇÃO ENTRE A ACADEMIA, AGENTES DE EXTENSÃO RURAL E PRODUTORES, 1., 2017, Juazeiro, BA. **Construindo pontes entre o ensino, a pesquisa e a extensão**: anais. Petrolina: Univasf: Embrapa Semiárido: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Sertão de Pernambuco, 2017.

CARNEIRO, M. H.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, A. C. de; MARRIEL, I. E.; PAIVA, L. V. Atividade enzimática em solo de cerrado sob sistemas de integração lavoura pecuária. In: SIMPÓSIO EM MICROBIOLOGIA APLICADA, 3., 2007, Rio Claro. [Anais...]. [S. l.: s.n.], 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/490818>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CARNEIRO, M. H.; BORGES, A. L.; VIANA, M. C.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, A. C.; PAIVA, L.; MARRIEL, I. E. Atividade metabólica em solo de cerrado sob sistemas de Integração Lavoura Pecuária. In: CONGRESSO DE POS-GRADUAÇÃO DA ESAL, 16., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/490843>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C. Evolution of soil fertility over time of adoption of crop-livestock integration. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference...** Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 585-590. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1135000>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COSTA, A. M. da; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C. Influência dos sistemas de integração lavoura-pecuária na sustentabilidade de solos do Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14., 2011, Dourados. **Dinâmicas socioambientais, das inter-relações às interdependências**: anais. Dourados: [s.n.], 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/897960>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COSTA, A. M. da; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; SANTANA, D. P. Estoque de carbono de um latossolo sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo na região do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros**: sustentabilidade e mudanças climáticas. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/897737>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COSTA, A. M. da; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; WILDA, L. R. M. Alterações no estoque de carbono do solo sob Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2011, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras: NEFOR, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/897963>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COSTA, A. M.; VASCONCELOS, F. V.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; SANTANA, D. P. Estoque de carbono em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Sete Lagoas, MG, região do cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Novos caminhos para a agricultura conservacionista no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/860390>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COSTA, P. M.; ALVARENGA, R. C.; BARBOSA, F. A.; ANDRADE, V. J.; GUIMARAES, S. T.; MACIEL, I. C. de F.; LAMPEAO, A. A. Performance of crossbred cattle in a Crop-Livestock Integration System. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Towards sustainable intensification**: proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1020199>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CRUZ, I.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, P. A. Monitoramento de pragas e de inimigos naturais de lagartas de *Spodoptera frugiperda* em área de plantio integrado de milho braquiária. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas**: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/491271>. Acesso em: 25 jan. 2023.

DUARTE, J. de O.; SANTOS, C. M.; NOCE, M. A.; MIRANDA, R. A. de; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Analysis of the economic, social and environmental impacts of URT/ILPF: corn and sorghum in the central region of Minas Gerais. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 847-852. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1133843>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FARIA, G. P.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. Avaliação da produção de forragem de milho consorciado com braquiária em diferentes distâncias dos renques de eucalipto no sistema ILPF. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 11., 2016, Sete Lagoas. **[Trabalhos apresentados]**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1061051>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FERREIRA, A. L. P.; LAMPEAO, A. K.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; ALVARENGA, R. C.; SALLES, A. P.; LOPES, S. Q. Desempenho de Bovinos de corte em sistema de Integração Lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6.; SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 10., 2016, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2016. p. 231-232.

GAMA, J. C. M.; JESUS, L. L.; KARAM, D. Fitossociologia de plantas espontâneas em sistemas de integração Lavoura Pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007, Guarapari. **Agroecologia e territórios sustentáveis**: Anais... Guarapari: Associação Brasileira de Agroecologia, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/490834>. Acesso em: 25 jan. 2023.

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, 2018. cap. 15, p. 397-434. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1095406>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; SIMAO, E. de P.; QUEIROZ, L. R.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M. Produtividade de grãos e forragem de milho consorciado com braquiária decumbens em diferentes distâncias em relação a renques de eucalipto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônomo; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 2231-2235. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/933089>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; VASCONCELOS, F. V.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, A. M.; VIANA, M. C. M.; UBA, M. A. Rendimento agrícola e pecuário de um sistema de integração lavoura-pecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade:** resumos expandidos... Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/868258>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; VASCONCELOS, F. V.; ALVARENGA, R. C.; GARCIA, J. C.; COSTA, A. M.; VIANA, M. C. M.; SILVA, G. H. da. Avaliação econômica de um Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade:** resumos expandidos... Goiânia: ABMS, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/865469>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. de; ALMEIDA, C. M. de. Produtividade de milho em plantio consorciado com diferentes forrageiras tropicais perenes. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas:** desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/491303>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; FARIA, G. P. Avaliação da produção de forragem de milho consorciado com braquiária Piatã em diferentes distâncias dos renques de eucalipto no Sistema ILPF. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e sorgo:** inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1055346>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; SIMÃO, E. de P.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A. dos; WENDLING, I. J.; BORGHI, E. Corn and grass productivity on different distances to eucalyptus rows. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Towards sustainable intensification:** proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1020202>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; QUEIROZ, L. R. de; SIMÕES, E. de P.; CAMPANHA, M. M. Integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL- 10 ANOS DE PESQUISA, 2013, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/961002>. Acesso em: 25 jan. 2023.

LANA, A. M. Q.; MOREIRA, E. D. S.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTOS, C. A. dos. Brachiaria and corn performance in agroforestry system in the tropical region. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 53., 2016, Gramado. **Produção animal para as novas gerações:** anais. Gramado: SBZ, 2016.

LANA, A. M. Q.; MOREIRA, E. D. S.; MARRIEL, I. E.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTOS, C. A. Indicadores biológicos na avaliação da qualidade do solo em sistemas silvipastoris no bioma cerrado. In: REUNIÃO ALPA, 26.; SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 5., 2018, Guayaquil. **Anais...** Guayaquil: [s.n.], 2018.

MACIEL, I. C. de F.; ALVARENGA, R. C.; CAMPANHA, M. M.; GONTIJO NETO, M. M. Greenhouse gas emissions by cattle reared in an integrated croplivestock system and finished in feedlot. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference...** Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 85-91. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1134995>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MACIEL, I. C. F.; BARBOSA, F. A.; TOMICH, T. R.; ALVARENGA, R. C.; FERREIRA, L. R.; ROWNTREE, J.; THOMPSON, L. R.; LANA, A. M. Q. Assessing enteric methane emissions from Nellore and Angus-Nellore crossbred cattle in a tropical, intensive beef cattle production system. In: ANNUAL MEETING AND TRADE SHOW, 2019, Worcester. **Abstracts...** Worcester: [s.n.], 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1121629>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MAIA FILHO, G. H. B.; ALMEIDA, C. M. de; LANA, A. M. Q.; RODRIGUES, J. A. S.; ALVARENGA, R. C.; MACEDO, T. M. Parâmetros de crescimento do sorgo e do capim no consórcio *Sorghum bicolor* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **O desenvolvimento da produção animal e a responsabilidade frente a novos desafios**: anais. Belém: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/898358>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; COSTA, T. C. E. C.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTOS, C. A.; CARMO, T. D.; SOARES, N. de A.; TEIXEIRA, N. P.; LANA, A. M. Q. Composição química da serrapilheira em sistemas silvipastoris com eucalipto e *Urochloa brizantha* cv. Piatã. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 12.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 18.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 5.; SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 6.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 5.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS ANIMAIS, 6.; SIMPÓSIO NORDESTINO SOBRE AMBIÊNCIA, BEM-ESTAR ANIMAL E CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO, 1.; SIMPÓSIO IMPORTÂNCIA DAS PASTAGENS NATIVAS PARA A SUSTENTABILIDADE PECUÁRIA NO SEMIÁRIDO; FÓRUM DE COORDENADORES DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA E RECURSOS PESQUEIROS DO NORDESTE, 7.; FÓRUM DE INTEGRAÇÃO ENTRE A ACADEMIA, AGENTES DE EXTENSÃO RURAL E PRODUTORES, 1., 2017, Juazeiro, BA. **Construindo pontes entre o ensino, a pesquisa e a extensão**: anais. Petrolina: Univasf: Embrapa Semiárido: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Sertão de Pernambuco, 2017.

MOREIRA, E. D. S.; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; SANTOS, C. A.; ALVARENGA, R. C.; BORGHI, E. Desempenho produtivo do milho e cultivares de *Urochloa Brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25.; CONGRESO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 11., 2016, Recife. **La seguridad alimentaria en America Latina**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057710>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, C. A. dos; SOUSA, J. C. da C. de; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A. Fosfatase ácida e alcalina em solo sob manejo do sistema integração lavoura pecuária e floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e sorgo**: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1054902>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; SANTOS, C. A. dos; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; ALVARENGA, R. C.; BORGHI, E. Produtividade de cultivares de *Urochloa brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25.; CONGRESO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 11., 2016, Recife. **La seguridad alimentaria en America Latina**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057694>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; LANA, Â. M. Q.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C. Produção de silagem e composição física da planta milho no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25.; CONGRESO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 11., 2016, Recife. **La seguridad alimentaria en America Latina**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057715>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; LANA, A. L. M. Q.; GONTIJO NETO, M.; SOUSA, J. C. da C. de; MELO, I. G.; REIS, D. P. dos; MARRIEL, I. E. Alterações das enzimas urease e arginase em solo do cerrado sob sistema de Integração Lavoura Pecuária e Floresta. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 32.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 16.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 14.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 11., 2016, Goiânia. **Rumo aos novos desafios: [anais]**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. p. 1040. FertBio 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1056204>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; LANA, A. M. Q.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTOS, C. A. dos; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C. Produção de silagem e composição física da planta no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25.; CONGRESO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 11., 2016, Recife. **La seguridad alimentaria en America Latina**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057715>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; SANTOS, C. A. dos; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; ALVARENGA, R. C.; BORGHI, E. Produtividade de grão do milho em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com cultivares de *Urochloa* sp. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25.; CONGRESO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 11., 2016, Recife. **La seguridad alimentaria en America Latina**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057717>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; SANTOS, C. A. dos; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; ALVARENGA, R. C.; BORGHI, E. Produtividade de cultivares de *Urochloa brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25.; CONGRESO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 11., 2016, Recife. **La seguridad alimentaria en America Latina**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057694>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MOREIRA, E. D. S.; GONTIJO NETO, M. M.; LANA, A. M. Q.; SANTOS, C. A. dos; ALVARENGA, R. C.; BORGHI, E. Desempenho produtivo do milho e cultivares de *Urochloa brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25.; CONGRESO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 11., 2016, Recife. **La seguridad alimentaria en America Latina**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057710>. Acesso em: 25 jan. 2023.

NUNES, T.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; ALVARENGA, R. C. Avaliação da taxa de decomposição da palhada e de ciclagem de nutrientes com o método dos sacos de decomposição (Littler Bags). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/BIC JÚNIOR, 1., 2010, Sete Lagoas. **[Trabalhos apresentados]**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/855232>. Acesso em: 25 jan. 2023.

NUNES, T.; OLIVEIRA, M. S.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; ALVARENGA, R. C. Liberação de nutrientes de diferentes tipos de palhada em sistema integração lavoura-pecuária, na região central de Minas Gerais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2012, Sete Lagoas. **[Trabalhos apresentados]**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/930381>. Acesso em: 25 jan. 2023.

PIMENTEL, M. A. G.; GONTIJO NETO, M. M.; PEREIRA, T. F.; OLIVEIRA, I. C. M.; PAULA, J. T. de. Corn grain quality in integrated crop-livestock-forest systems: how distance of tree lines affects damage and bulk density of grains. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 431-437. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1132215>. Acesso em: 25 jan. 2023.

PIMENTEL, M. A. G.; SIMÃO, E. de P.; SILVA, I. H. S. da; GONTIJO NETO, M. M.; QUEIROZ, L. R. Qualidade de grãos de milho produzidos em sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na região Central de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 3360-3366. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/933514>. Acesso em: 25 jan. 2023.

LANA, A. M. Q.; GONTIJO NETO, M. M.; MOREIRA, E. D. S.; SANTOS, C. A. dos. Corn yield in crop-livestock-forest system integration on tropical region. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 53., 2016, Gramado. **Produção animal para as novas gerações**: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2016.

RODRIGUES, B. M.; MONTEIRO, P. A. de M.; LOPES, L. S.; ALVARENGA, R. C. Producing quality meat is possible using resources from integrated crop-livestock system. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference**... Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 227-232. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1134997>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SILVEIRA, M. C. T. da; SIMEÃO, R. M.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; LOPES, L. S. Highlighting the pasture component of a long-term crop-livestock system in the Cerrado biome, Brazil. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2021. p. 411-415. Evento online. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1132409>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SIMAO, E. de P.; GONTIJO NETO, M. M.; QUEIROZ, L. R.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; SILVA, I. H. S. da. Efeito da distância entre as linhas da cultura e o renque de eucalipto sobre o rendimento de grãos e forragem do consórcio milho mais braquiária ruziziensis. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 2262-2267. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/933075>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SIMÃO, E. de P.; GONTIJO NETO, M. M.; QUEIROZ, L. R.; CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, I. H. S. da. Avaliação de cultivares de Braquiária entre renques de eucalipto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. **A produção animal no mundo em transformação**: anais. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/930107>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SOUZA, E. G. de; NORMANDO, C. A.; MENDES, S. M.; OLIVEIRA, I. R. de; RESENDE, A. V. de; PIMENTEL, M. A. G. O cultivo de milho em consórcio com braquiária afeta a qualidade dos grãos? In: REUNIÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, 2., 2021, Pato Branco, PR. **Resiliência do milho e sorgo frente aos estresses bióticos e abióticos**: resumos. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1135609>. Acesso em: 25 jan. 2023.

VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; COSTA, A. M. da; MOURA, M. S. de. Evolution of the soil organic matter content after 15 years of crop livestock system. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2., 2021. **Proceedings reference**... Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 92-96. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1134994>. Acesso em: 25 jan. 2023.

## Teses

MOREIRA, E. D. S. **Produtividade e valor nutritivo da *Urochloa brizantha* cv. Piatã e qualidade do solo em sistemas silvipastoris na região central de Minas Gerais**. 2018. 135 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BBYNA6/1/tese\\_elwira\\_daphinn\\_silva\\_moreira.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BBYNA6/1/tese_elwira_daphinn_silva_moreira.pdf). Acesso em: 25 jan. 2023.

LAMPEÃO, A. A. **Desempenho produtivo de bovinos zebuínos e cruzados em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2015. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A89NGK>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COSTA, P. M. **Produção de bovinos de corte cruzados em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. 2017. 108 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

ANDRADE, J. M. **Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento**. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MACIEL, I. C. F. **Desempenho e emissões de gases de efeito estufa de bovinos zebuínos e cruzados em sistema intensivo e integrado de produção**. 2019. 89 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31577>. Acesso em: 25 jan. 2023.

TEIXEIRA, N. P. **Desempenho, comportamento e quantificação de N<sub>2</sub>O nas excretas de bovinos em terminação**. 2020. 62 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/37772>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MONTEIRO, P. A. M. **Características de carcaça e qualidade de carne de tourinhos Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento**. 2020. 122 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/44142>. Acesso em: 25 jan. 2023.

## Iniciação científica (bolsistas)

PEDROSA, E. E. P. **Composição química do capim-piatã em sistemas de integração lavoura pecuária floresta em diferentes densidades de plantio e em monocultivo**. 2017. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

ORGLER, J. F. **Influência de sistema agrossilvipastoril sob caracteres climáticos, químicos e físicos do solo**. 2018. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

ORGLER, J. F. **Sistemas agrossilvipastoris no cerrado brasileiro: abordagem científica sobre solos, forrageiras, árvores e ambiente subprojeto 2: influência de um sistema agrossilvipastoril sob produtividade e composição bromatológica da forrageira**. 2017. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

FROTA, M. C. B. da. **Sistemas agrossilvipastoris no cerrado brasileiro: abordagem científica sobre solos, forrageiras, árvores e ambiente subprojeto 1: influência de sistema agrossilvipastoril sob caracteres climáticos, químicos e físicos do solo**. 2017. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SILVA, M. A. **Aspectos etológicos, produtivo, emissões de metano de bovinos zebuínos e cruzados recriados em sistema Integração Lavoura-Pecuária e terminados em confinamento**. 2019. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.



A produtividade e a produção do setor agropecuário continuam impactando positivamente a balança comercial do Brasil. Entretanto, ainda existe muita discussão acerca do impacto ambiental que essa atividade pode gerar. A degradação do solo, a contaminação da água e do ar e o avanço sobre as florestas naturais sempre estão no centro dessas discussões. Há de se considerar, no entanto, que existem alternativas tecnológicas em áreas já antropizadas para a produção agropecuária almejada numa base sustentável.

Esta obra apresenta alternativas tecnológicas e uma compilação de resultados de 15 anos de condução de um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e de 10 anos de um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Está dividida em 14 capítulos, que abordam a adoção das boas práticas agropecuárias no manejo e na conservação do solo e da água, na construção de um perfil de solo e no uso racional dos insumos e manejos adequados das lavouras, pastagens e animais.

Além do caráter multidisciplinar, é apresentada a evolução dos sistemas, os benefícios da sinergia de sistemas integrados de produção e o aumento na produtividade de alimentos e de renda, a otimização no uso de insumos e a sustentabilidade ambiental. Assim, espera-se que as informações deste livro possam ser acessadas por profissionais, estudantes e empresários da agropecuária que se interessem pela intensificação da agropecuária em base sustentável como geradora de alimentos, renda e melhorias da qualidade de vida.



CGPE 18.550