

## 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 milho 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).

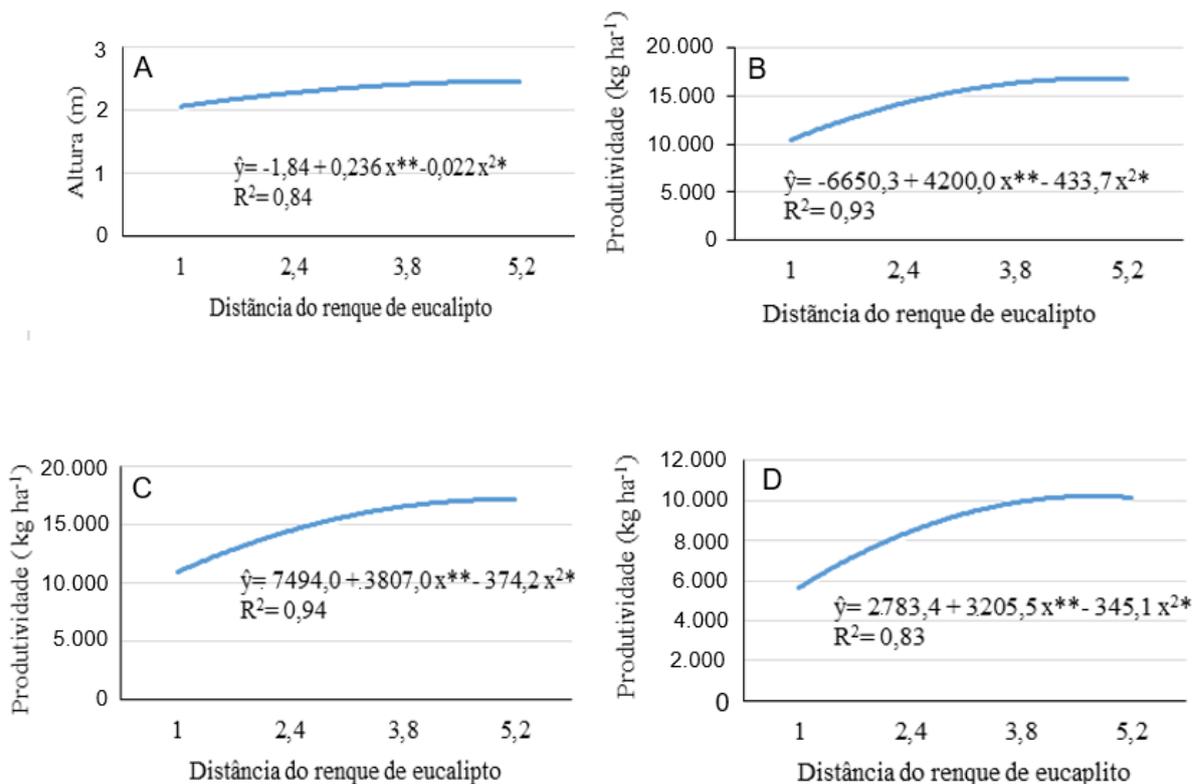
**Tabela 11.4.** Produtividade de matéria seca (MS) de forragem de capim (PCapim-Sil), milho (PMilho-Sil) e total (PTotal) no ponto de ensilagem, altura, rendimento de grãos (RGrão) e produtividades de matéria seca de forragem de capim no momento da colheita de grãos (PCapim-G) em função das distâncias 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).

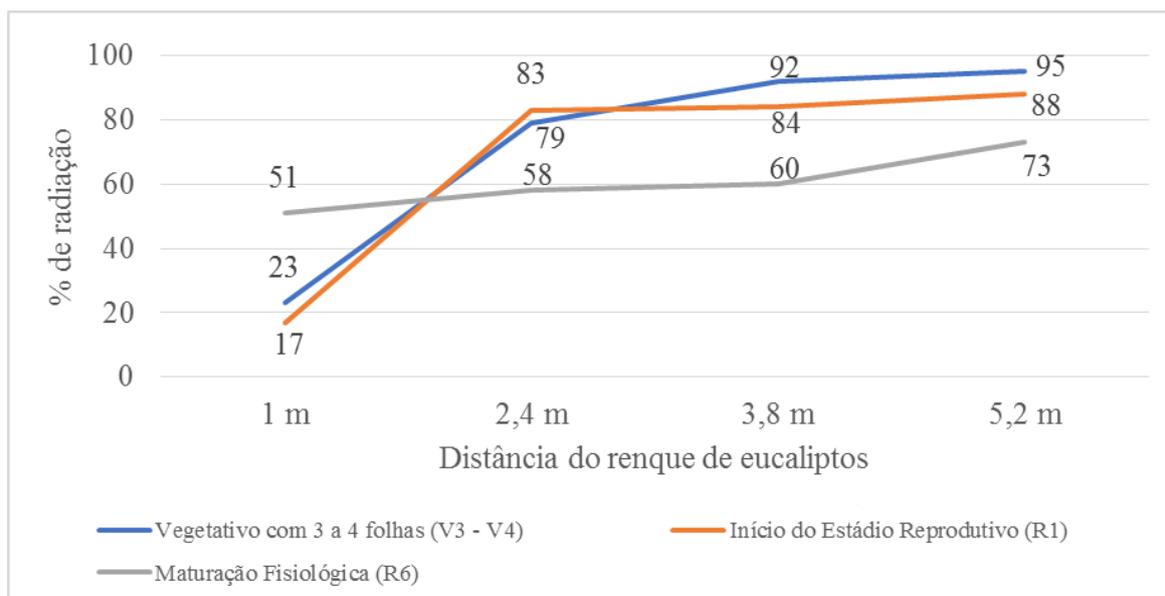
Na área de ILPF implantada em 2013, Simão et al. (2018), avaliando aspectos agronômicos do milho consorciado com *U. brizantha* cv Marandu, verificaram na terceira safra após a implantação das árvores (safra 2015/2016) respostas lineares para altura de plantas, produtividades de forragem de milho, total 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.

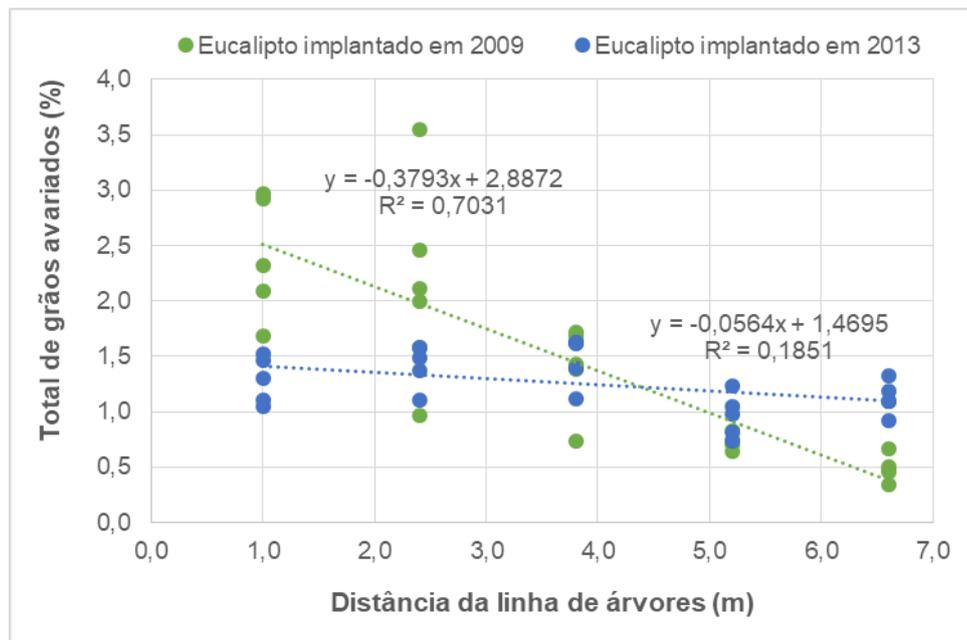
Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Pimentel et al. (2012).

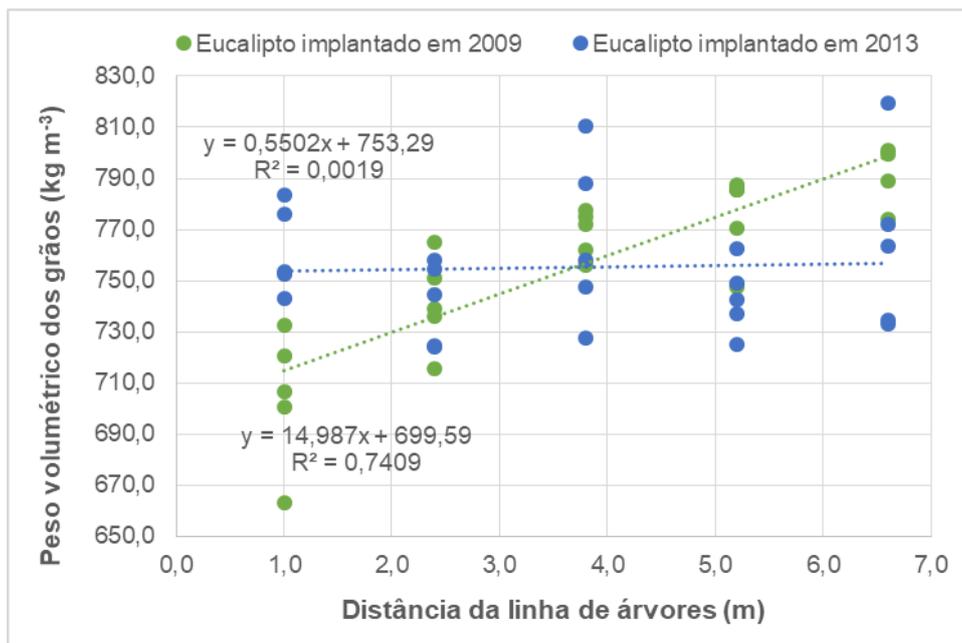
A influência da distância entre o renque de árvores e as linhas de plantas de milho consorciado com braquiárias foi avaliada no segundo ensaio (Figuras 11.8 e 11.9). As amostras de grãos de milho coletadas entre os renques implantados em 2009 apresentaram menor percentual de grãos danificados com o aumento 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

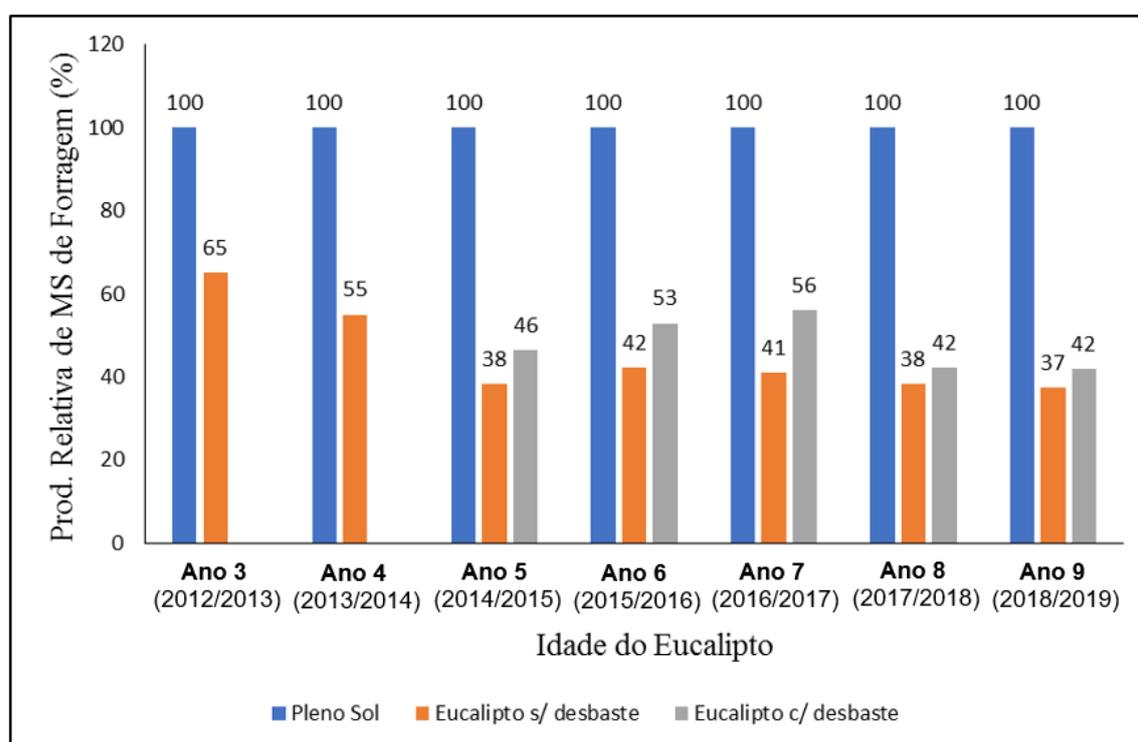
A presença de árvores pode afetar a produtividade das pastagens e o valor nutritivo das forragens destes sistemas. Conforme evidenciado na literatura, sistemas integrados com presença do componente arbóreo proporcionam ainda incrementos no armazenamento de C (carbono) no solo, promovendo ganhos no quesito 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).

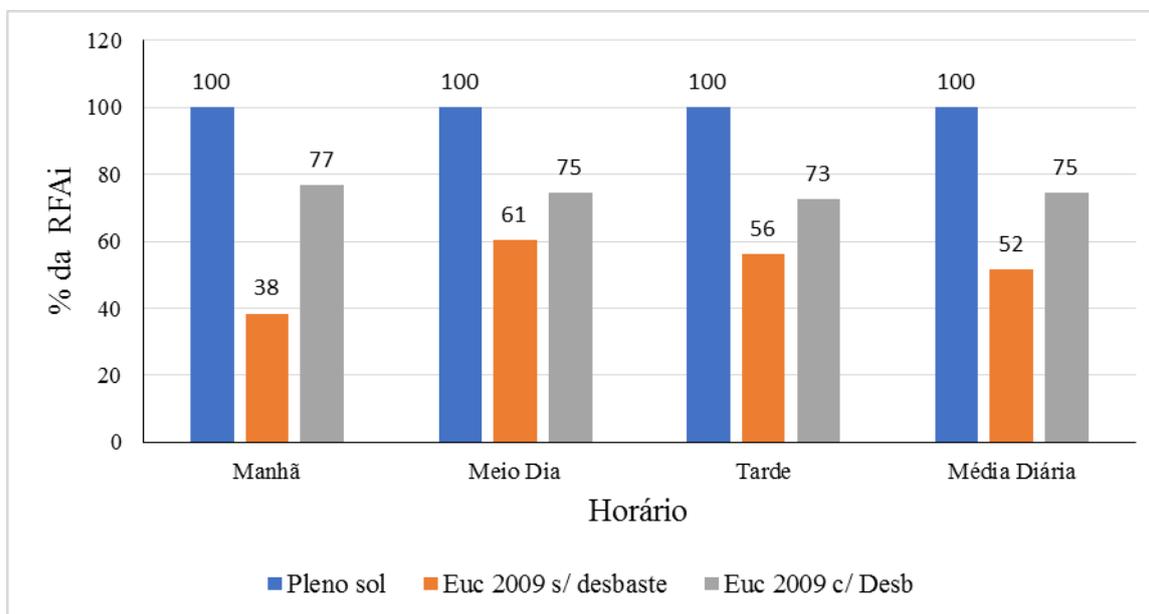
A produção relativa de forragem das pastagens no sistema ILPF desbastado em relação à produção da pastagem a pleno sol variou entre 42 e 56% nos cinco anos avaliados (Figura 11.10), com uma eficiência produtiva média em torno de 48%.

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.



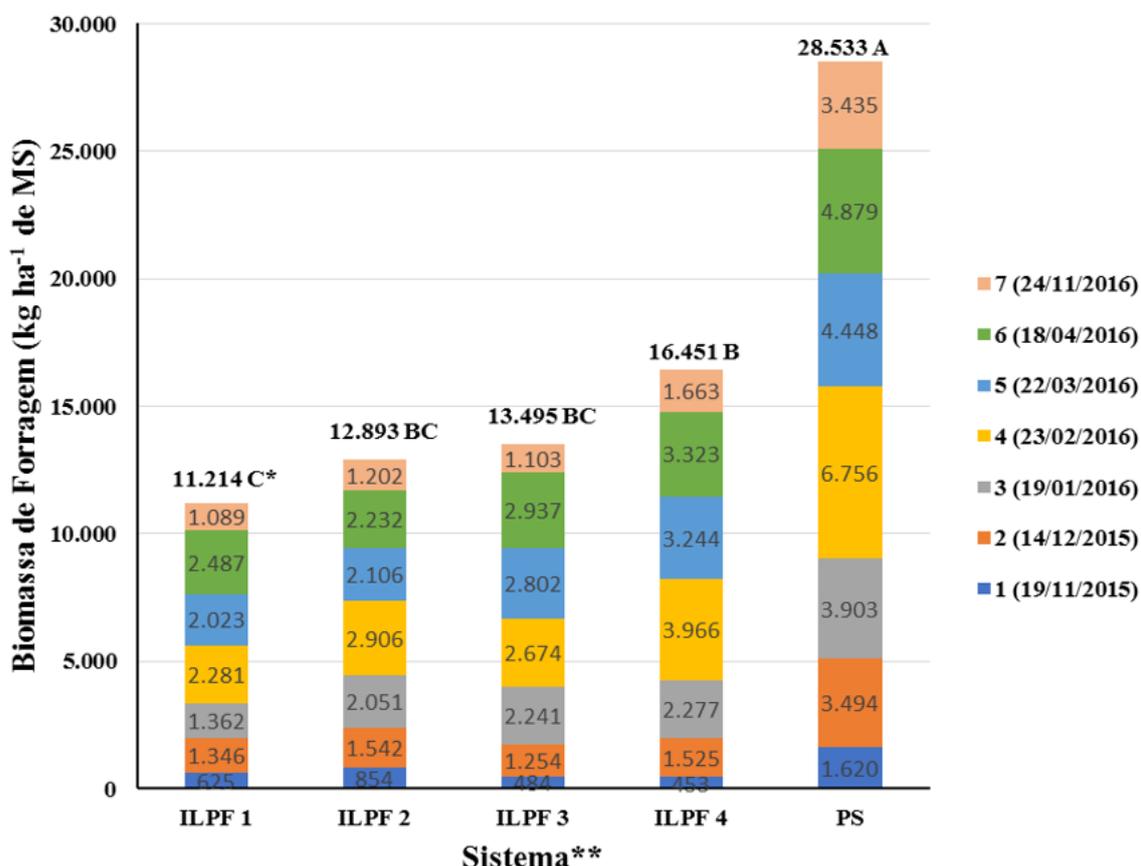
**Figura 11.11.** Porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa incidente (%RFAi) nos sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta e pleno sol em janeiro de 2015. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2015.



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.

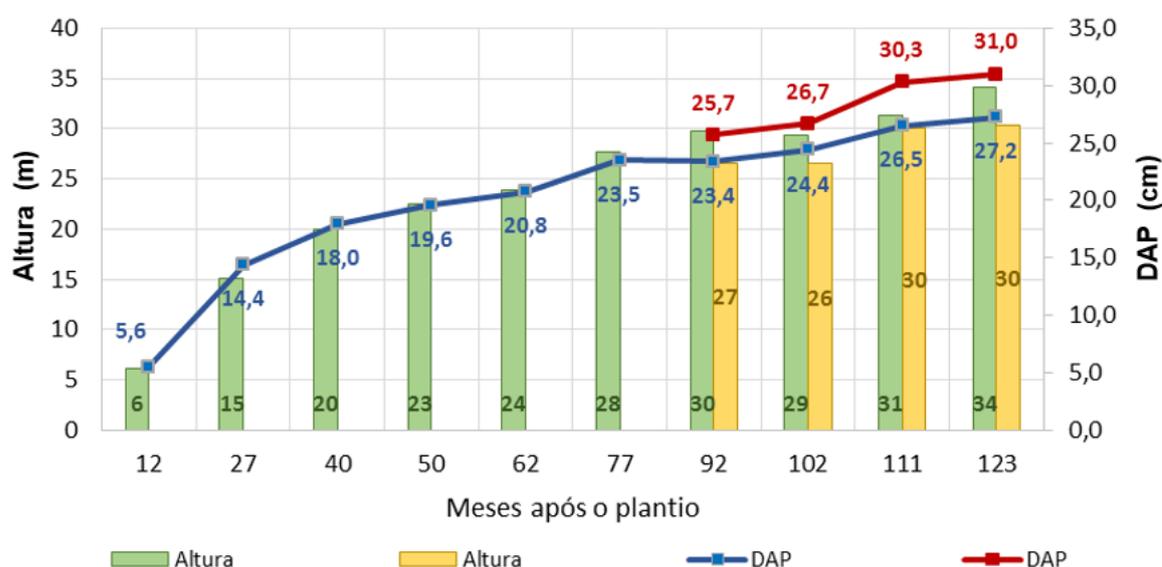
Os resultados dos inventários florestais realizados são apresentados para os três sistemas até o ano de 2019, com crescimento e produção sem e com desbaste de 50% das árvores nos plantios de 2009 e 2011, e sem desbaste no plantio de 2013. A intensidade amostral foi maior do que 10%. Todos os plantios 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.

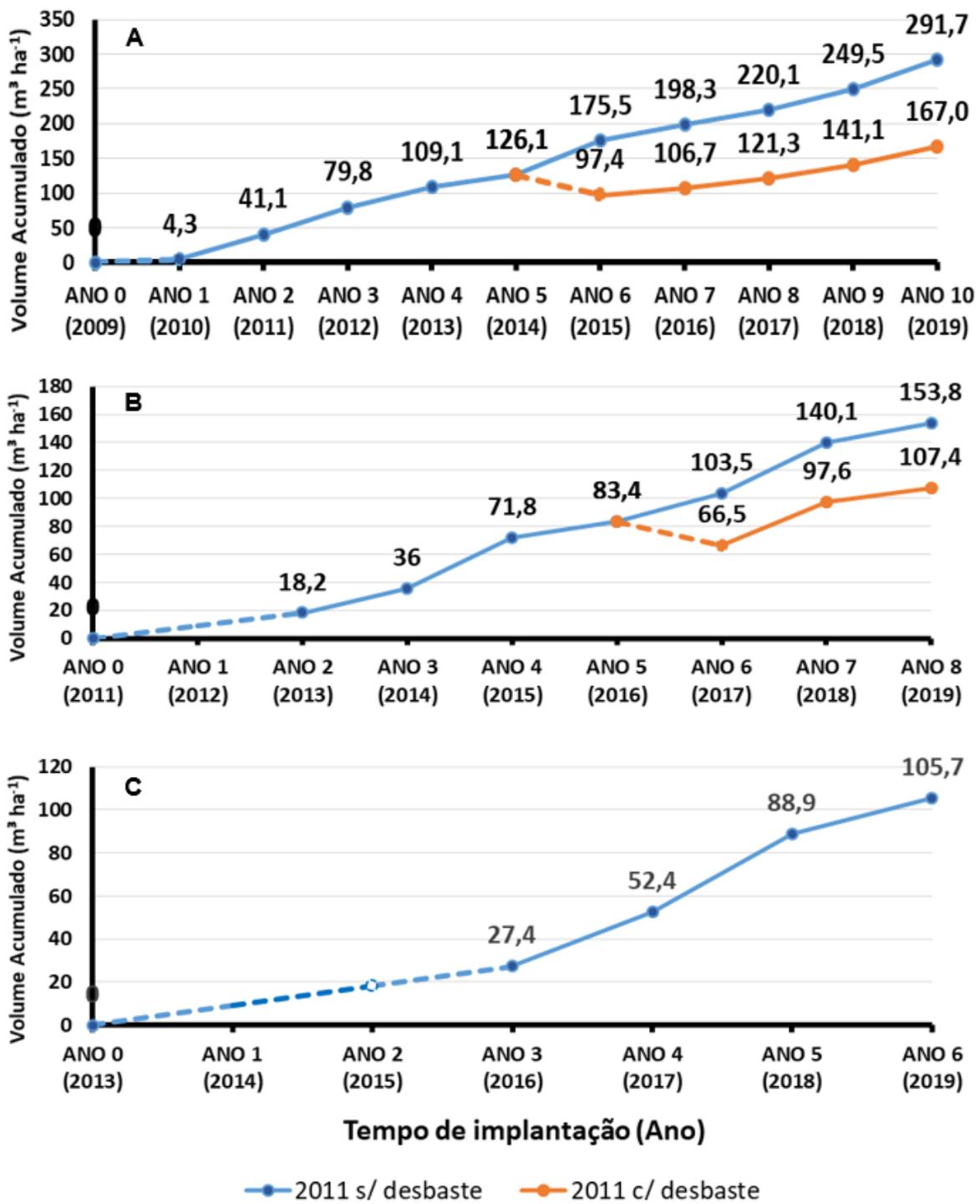
Os volumes de madeira produzidos até o sexto ano nos sistemas ILPF implantados em 2009, 2011 e 2013, no espaçamento 15 x 2 m, sem desbastes, foram estimados em 175,5; 103,5 e 105,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A produção média dos três sistemas correspondeu a 128,2 m<sup>3</sup> ha<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>			
$(di/Dap)^2 = b_0 + b_1(h_i/H_t) + b_2(h_i/H_t)^2 + u$			
<b>Parâmetros</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
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>			
$V(m^3) = \exp(b_0 + b_1 \ln(Dap) + b_2 \ln(Ht) + u)$			
<b>Parâmetros</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
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>			
	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
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.

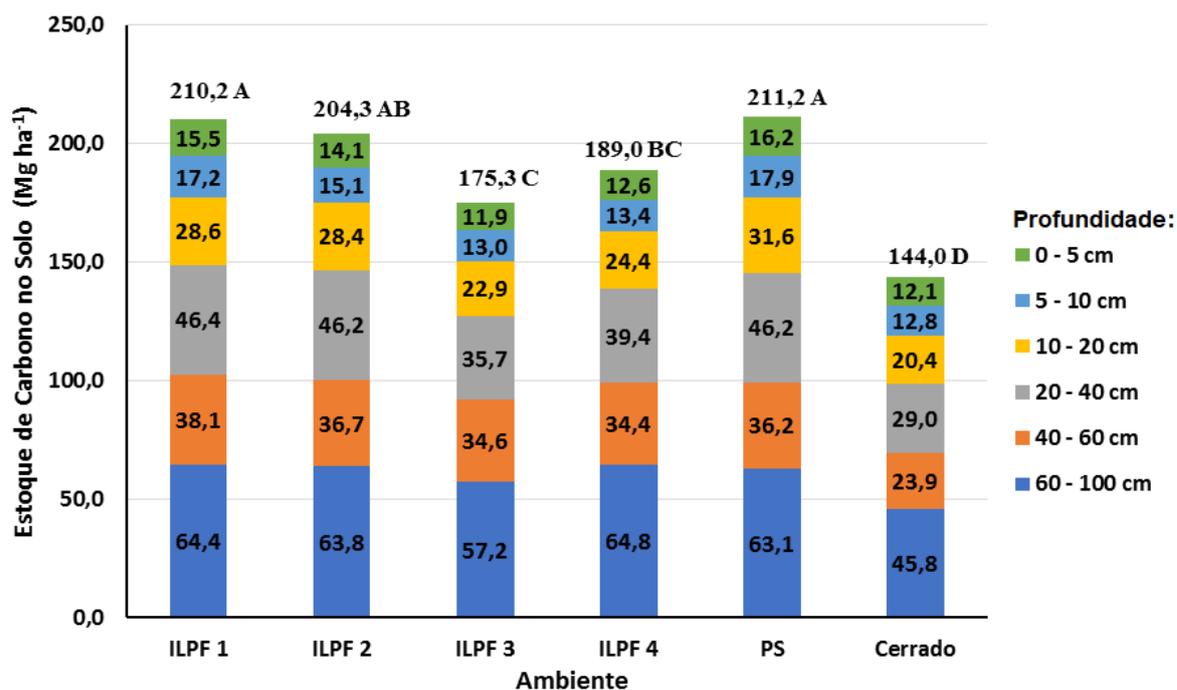
## **Resultados de estoque de carbono no solo dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**

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.