

## Manejo da fertilidade do solo em sistema agrossilvipastoril no Nordeste Paraense

### Soil fertility management in agroforestry systems in the Northeast state of Pará

### Gestión de la fertilidad del suelo en un sistema agroforestal del nordeste de Pará

DOI: 10.34188/bjaerv8n2-039

Submetido: 10-02-2025

Aprovado: 31-03-2025

#### **Carlos Alberto Costa Veloso**

Eng. Agr., Pesquisador, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas  
Embrapa Amazônia Oriental  
Belém, PA. Brasil  
E-mail: carlos.veloso@embrapa.br

#### **Eduardo Jorge Maklouf Carvalho**

Eng. Agr., Pesquisador, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas  
Embrapa Amazônia Oriental  
Belém, PA. Brasil  
E-mail: eduardo.maklouf@embrapa.br

#### **Arystides Resende Silva**

Eng. Ftal., Pesquisador, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas  
Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG. Brasil  
E-mail: arystides.silva@embrapa.br

#### **Austrelino Silveira Filho**

Eng. Agr., Pesquisador, Doutor em Agronomia  
Embrapa Amazônia Oriental  
Belém, PA. Brasil  
E-mail: austrelino.silveira@embrapa.br

#### **Moisés Cordeiro Mourão de Oliveira Junior**

Biólogo, Pesquisador, M. Sc. Métodos Quantitativos  
Embrapa Amazônia Oriental  
Belém, PA. Brasil  
E-mail: moises.mourao@embrapa.br

### **RESUMO**

O Nordeste do estado do Pará enfrenta um sério problema de degradação de pastagens devido à atividade pecuária. O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) tem sido uma alternativa social, economicamente viável, pois adota sistemas de manejo que promovem melhorias na qualidade do solo, aumento dos estoques de carbono, recuperação de áreas agrícolas degradadas, com base no sinergismo dos componentes do sistema produtivo. Esse trabalho tem como objetivo avaliar as modificações na fertilidade do solo após o cultivo do mogno africano no sistema ILPF,

visando a recuperação de áreas de pastagens degradadas. Foram comparadas duas áreas: uma com cultivo de milho intercalado com o mogno africano e outra com cultivo convencional de milho. Após 16 anos de cultivo, foram coletadas amostras de solo em diferentes profundidades para analisar a fertilidade e foram avaliadas a altura e o diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas de mogno africano. Os resultados demonstram que o sistema ILPF promove a melhoria da qualidade do solo na superfície, reduzindo a erosão e enriquecendo-o com matéria orgânica e nutrientes. Adicionalmente, o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é estratégico para otimizar o uso da terra, aumentar a produtividade, usar melhor os insumos e recuperar a fertilidade do solo. No entanto, sua implementação enfrenta desafios como planejamento complexo, manejo especializado, questões logísticas e de mercado, além da necessidade de investimento inicial na sua implantação. A consolidação da ILPF na Amazônia é ainda mais desafiadora devido à falta de regularização fundiária e ambiental (limitando o crédito), deficiência de assistência técnica, altos custos de produção, problemas logísticos, alto investimento inicial e falta de informação sobre o sistema.

**Palavras-chave:** *Khaya ivorensis*, sistemas integrados, recuperação de pastagens, degradação do solo.

### ABSTRACT

The Northeast of the state of Pará faces a serious problem of pasture degradation due to livestock farming. The Integrated Crop-Livestock-Forestry (ILPF) system has been a socially and economically viable alternative, as it adopts management systems that promote improvements in soil quality, increase carbon stocks, and recovery of degraded agricultural areas, based on the synergy of the components of the production system. This study aims to evaluate the fertility after the cultivation of African mahogany in the ILPF system, aiming at the recovery of degraded pasture areas. Two areas were compared: one with corn intercropped with African mahogany and the other with conventional corn cultivation. After 16 years of cultivation, soil samples were collected at different depths to analyse fertility and the height and diameter at breast height (DBH) of African mahogany plants were evaluated. The results demonstrate that the ILPF systems promote the improvement of soil quality on the surface, reducing erosion and enriching it with organic matter and nutrients. Additionally, the Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) system is strategic for optimizing land use, increasing productivity, making better use of inputs, and restoring soil fertility. However, its implementation faces challenges such as complex planning, specialized management, logistical and market issues, and the need for initial investment for its implantation. In the Amazon, the consolidation of ICLF is even more challenging due to the lack of land and environmental regularization (limiting credit), deficiency of technical assistance, high production costs, logistical problems, high initial investment, and lack of information about the system.

**Keywords:** *Khaya ivorensis*, integrated systems, pasture recovery, soil degradation

### RESUMEN

El nordeste del estado de Pará se enfrenta a un grave problema de degradación de los pastos debido a la ganadería. El sistema de Integración Cultivo-Ganadería-Bosque (CLFI) ha sido una alternativa social y económicamente viable, ya que adopta sistemas de manejo que promueven mejoras en la calidad del suelo, aumentan las reservas de carbono y recuperan áreas agrícolas degradadas, basándose en la sinergia de los componentes del sistema de producción. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en la fertilidad del suelo tras el cultivo de caoba africana en el sistema ILPF, con el fin de recuperar áreas de pastoreo degradadas. Se compararon dos áreas: una con maíz intercalado con caoba africana y la otra con cultivo convencional de maíz. Tras 16 años de cultivo, se tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades para analizar la fertilidad y se evaluó la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de las plantas de caoba africana. Los resultados

muestran que el sistema ILPF mejora la calidad del suelo en superficie, reduciendo la erosión y enriqueciéndolo con materia orgánica y nutrientes. Además, el sistema de Integración Cultivo-Ganado-Bosque (ILPF) es estratégico para optimizar el uso de la tierra, aumentar la productividad, aprovechar mejor los insumos y recuperar la fertilidad del suelo. Sin embargo, su aplicación se enfrenta a retos como una planificación compleja, una gestión especializada, cuestiones logísticas y de mercado, y la necesidad de inversiones.

**Palabras clave:** *Khaya ivorensis*, sistemas integrados, recuperación de pastos, degradación del suelo

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) tem se consolidado como uma alternativa socioeconomicamente viável, promovendo melhorias na qualidade do solo, aumento dos estoques de carbono e recuperação de áreas agrícolas degradadas, por meio do sinergismo entre os componentes do sistema produtivo.

A busca por sistemas agroflorestais produtivos, econômicos, intensivos e sustentáveis tem impulsionado a adoção do ILPF, atraindo produtores interessados na diversificação de atividades e na intensificação do uso da terra, visando à redução de custos e ao aumento da renda. Além disso, o ILPF possibilita agregar sustentabilidade aos empreendimentos agroflorestais, maximizando o uso da terra de acordo com sua aptidão agrícola, diversificando culturas e impulsionando a produtividade.

A degradação de pastagens, um problema que impacta a produtividade agrícola, a biodiversidade e a qualidade ambiental em diversos países, é particularmente crítica no Nordeste do Pará, onde a expansão da fronteira agrícola e as práticas de manejo inadequadas agravam a situação. Nesse contexto, o ILPF surge como uma alternativa promissora, combinando a recuperação ambiental com a viabilidade econômica.

A recuperação de pastagens degradadas é fundamental para garantir a sustentabilidade da produção agrícola e a conservação dos recursos naturais, e o ILPF se apresenta como uma ferramenta eficaz para alcançar esses objetivos.

A introdução do componente florestal no ILPF representa uma evolução natural do sistema, agregando valor e promovendo uma produção diversificada e sustentável. Este modelo de exploração se baseia nos benefícios proporcionados pela interação sinérgica entre árvores e culturas anuais, incluindo a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a quebra de ciclos de doenças, a redução de pragas e plantas daninhas, e a diminuição dos riscos econômicos por meio da diversificação de atividades (Macedo, 2009; Vilela et al., 2011). O objetivo central é transformar o manejo da terra, especialmente em áreas onde a monocultura perde eficiência, como

em pastagens degradadas, explorando a associação e a sinergia dos componentes produtivos para alcançar altos padrões de qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade (BALBINO et al., 2012).

A rotação de culturas anuais em sistemas de integração lavoura-floresta tem se consolidado como uma alternativa para a sustentabilidade econômica e ecológica dos sistemas de produção agropecuários. O milho é uma das principais opções de culturas anuais utilizadas nesses sistemas, devido à sua relevância econômica, social e versatilidade de usos. Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do manejo da fertilidade do solo no cultivo de mogno africano num sistema de integração lavoura-floresta, em um Latossolo Amarelo Distrófico de textura média, no município de Terra Alta, localizado na região Nordeste do estado do Pará.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Diante da crescente demanda global por alimentos, bioenergia e produtos florestais, e da urgência em reduzir o desmatamento e mitigar as emissões de gases de efeito estufa, torna-se imperativo buscar soluções que harmonizem o desenvolvimento socioeconômico com a sustentabilidade dos recursos naturais (Vilela et al., 2011). A intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e a otimização dos sistemas de produção emergem como estratégias cruciais para alcançar esse equilíbrio.

Os sistemas agrossilvipastoris, que integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais, representam uma abordagem inovadora no Brasil, apesar de práticas de cultivo consorciado entre culturas anuais e perenes serem conhecidas na Europa desde a antiguidade (Balbino et al., 2011).

A Integração Lavoura-Floresta (iLF) transcende a mera aplicação de tecnologias, configurando-se como uma estratégia de produção sustentável que combina atividades agrícolas e florestais em um mesmo espaço, seja por meio de consórcio, sucessão ou rotação. O objetivo central é promover a sinergia entre os componentes do agroecossistema, conciliando a adequação ambiental, a valorização humana e a viabilidade econômica (Barcellos et al., 2011).

A inclusão do componente florestal nos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (iLP) marca um avanço significativo, dando origem ao conceito de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Essa evolução abrange quatro modalidades distintas de sistemas integrados: (i) Integração Lavoura-Pecuária (Agropastoril), que combina componentes agrícolas e pecuários em rotação, consórcio ou sucessão; (ii) Integração Pecuária-Floresta (Silvipastoril), que integra componentes pecuários e florestais em consórcio; (iii) Integração Lavoura-Floresta (Silviagrícola), que combina componentes florestais e agrícolas por meio do consórcio de espécies arbóreas com cultivos

agrícolas; e (iv) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Agrossilvipastoril), que integra os três componentes em rotação, consórcio ou sucessão (Balbino et al., 2011; Gontijo Neto et al., 2014).

A integração de agricultura e silvicultura em áreas de pastagens surge como uma estratégia para viabilizar economicamente a recuperação de pastagens degradadas e reduzir a pressão sobre áreas naturais (Kluthcouski et al., 2003).

No contexto específico do Nordeste do Pará, a transformação de áreas degradadas em sistemas produtivos com potencial econômico é crucial para conciliar a melhoria da qualidade de vida humana com a capacidade de suporte dos ecossistemas locais (Poça, 2012).

O sistema ILPF promove benefícios significativos para o solo, incluindo a ciclagem de nutrientes, a melhoria da estrutura e da fertilidade, e a criação de um ambiente mais propício ao desenvolvimento das plantas. A rotação de culturas e pastagens contribui para a redução da incidência de pragas e doenças, diminuindo a necessidade de agroquímicos. A cobertura vegetal proporcionada pelas pastagens em rotação com lavouras protege o solo contra a erosão e conserva a umidade (Barbosa et al., 2022).

Do ponto de vista econômico, o ILPF diversifica as fontes de renda dos produtores rurais, reduzindo a dependência de uma única atividade e aumentando a resiliência frente às oscilações do mercado. A combinação de atividades agrícolas e pecuárias otimiza o uso de recursos como mão de obra, insumos e equipamentos, aumentando a produtividade por hectare e promovendo uma intensificação sustentável da produção (Ribeiro et al., 2022).

O cultivo de culturas em sistemas integrados impacta positivamente as propriedades físicas e químicas do solo, estimulando o desenvolvimento radicular profundo, a reciclagem de nutrientes e o aumento dos teores de matéria orgânica (Crusciol & Borghi, 2007).

O mogno africano (*Khaya ivorensis*) destaca-se como uma espécie promissora para sistemas integrados, devido ao seu desenvolvimento vigoroso, madeira de alta qualidade e resistência a pragas (Rech, 2006). Sua madeira, de alto valor no mercado internacional, é utilizada em diversas aplicações, desde móveis até construção naval (Lamprecht, 1990). Além do valor econômico, o mogno africano contribui para a recuperação de áreas degradadas devido ao seu rápido crescimento (Falesi & Baena, 1999).

A inclusão de espécies arbóreas em pastagens pode impulsionar o retorno econômico a longo prazo, justificando incentivos e subsídios para o estabelecimento de pastagens melhoradas (Macedo et al., 2010).

O milho (*Zea mays*) desempenha um papel fundamental na integração lavoura-floresta, devido à sua versatilidade de uso na alimentação animal e humana, e à sua ampla adaptação geográfica (Alvarenga et al., 2010). Sua simplicidade de cultivo e a disponibilidade de cultivares

adaptadas a diferentes regiões do Brasil o tornam uma cultura ideal para sistemas consorciados com florestas e gramíneas forrageiras (Macedo et al., 2006; Viana et al., 2011; Paciullo, 2011).

A rotação de culturas, a diversificação da produção e os sistemas integrados de lavoura, pecuária e floresta são estratégias eficazes para recuperar áreas de baixa produtividade (Macedo, 2009; Vilela et al., 2011). Além da melhoria das propriedades do solo, a quebra de ciclos bióticos (pragas, doenças) e a redução do uso de agroquímicos contribuem para a sustentabilidade ambiental dos sistemas mistos (Vilela et al., 2011).

O sucesso de um cultivo consorciado depende da complementação entre as espécies, considerando a competição/interação por recursos como luz, água e nutrientes. A caracterização das espécies que compõem o sistema é crucial para otimizar a produção (Gontijo Neto et al., 2014).

No estado do Pará, a maioria dos solos utilizados para o cultivo de milho apresenta deficiência de fósforo, o que limita a produtividade. Práticas de manejo que otimizam o uso de nutrientes provenientes da adubação são essenciais para alcançar altas produtividades (Brasil et al., 2020; Veloso et al., 2024).

A diversificação das atividades no campo contribui para a fixação do homem no meio rural, otimizando o uso da mão de obra ao longo do ano. A lavoura anual, além de gerar grãos e forragem, proporciona renda a curto prazo, auxiliando na amortização do investimento inicial do sistema ILPF (Gontijo Neto et al., 2014).

A utilização do componente lavoura no ILPF pode ser transitória, dependendo da densidade e do arranjo espacial das árvores. A partir do segundo ano, a maioria das culturas é intolerante ao sombreamento (Gontijo Neto et al., 2014).

A recuperação de solos degradados, o aumento da produtividade, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a resiliência ambiental são objetivos centrais do ILPF. A nutrição adequada das plantas, com o uso de fertilizantes alternativos, é fundamental para aumentar a resistência a pragas e doenças (Vilela et al., 2011).

### 3 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Área Experimental da Embrapa Amazônia Oriental localizada no município de Terra Alta-PA, a uma altitude de 35 metros a 01°02'28" S de latitude e 47°54'27" W de longitude. O clima é definido como Am, conforme a classificação de Köppen, com precipitação média em torno de 2.538 mm (Bastos, 2006). O solo da área em estudo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico textura média (Rodrigues et al., 2003). A análise granulométrica apresentou os seguintes resultados: 303 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa, 480 g kg<sup>-1</sup> de areia fina, 87 g kg<sup>-1</sup> de silte e 130 g kg<sup>-1</sup>. O solo da área experimental foi corrigido em 2009 com 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário

dolomítico, 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR12, cujas características químicas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do Campo Experimental de Terra Alta-PA

Profundidade	pH	P	MO	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC	t	V	m
cm	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	g/kg	-----			cmolc	dm <sup>-3</sup>	-----		-----	%	----
0 - 20	5,50	3,0	20,44	0,94	0,46	0,08	0,39	3,38	1,48	4,86	1,87	30,45	20,95
20 - 40	5,36	2,7	14,82	0,50	0,36	0,06	0,55	3,20	0,92	4,12	1,47	22,33	37,41

Fonte: Análises realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Foi estabelecido no experimento, um tratamento de sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), com cultivo de culturas anuais em consórcio com forrageiras e intercaladas com a espécie de mogno africano (*Khaya ivorensis*), implantados no ano de 2009, estando atualmente com 16 anos (Figura1).

O experimento consistiu em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com o cultivo de milho intercalado com mogno africano (*Khaya ivorensis*) em áreas de 6,75 ha, cada. O espaçamento de plantio da espécie florestal foi de 5 m x 5 m para o mogno africano e arrançados em renques duplos espaçados de 20 m.

O milho (cultivar BRS 1030), foi a primeira cultura semeada, no mês de fevereiro, após aplicação de herbicida e uso de adubação recomendada. Foram realizadas duas adubações de cobertura e, na segunda aplicação, foi semeada a espécie forrageira *Brachiaria ruziziensis*. O plantio das espécies florestais ocorreu em março, com adubação de plantio e cobertura.

Figura 1. Área experimental de Terra Alta após 16 anos de cultivo do sistema iLPF com pasto e animais (a) diâmetro do mogno africano (b).



Essa área estava plantada anteriormente com a forrageira capim quicuío (*Brachiaria humidicola*) e foi inicialmente arada e gradeada, realizando-se a aplicação de 1500/ha kg de calcário.

A avaliação do solo foi realizada antes e após 16 anos de implantação do sistema. Foram coletadas amostras em diferentes profundidades e realizadas análises químicas, seguindo-se a metodologia da Embrapa (1997). As variáveis analisadas foram pH, P, K, Ca, Mg, Al, MO e granulometria.

Foram avaliadas também a altura e o diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas de mogno africano, selecionando-se aleatoriamente 45 plantas. Para a comparação das estimativas das médias das características avaliadas foi utilizado o Teste de Tukey em nível de 5% de significância.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação inicial do solo, realizada por meio de análises químicas (Tabela 1), estabeleceu a base para monitorar as alterações na qualidade do solo após 16 anos de cultivo com mogno africano em sistema ILPF (Tabela 2), com o objetivo de avaliar a sustentabilidade do sistema.

Após 16 anos, o pH do solo apresentou níveis inadequados para o desenvolvimento das plantas. Este resultado pode estar associado à maior disponibilidade de matéria orgânica (MO) na camada superficial (Iwata et al., 2012). A MO, segundo Pavinato (2008), complexa cátions  $H^+$  e  $Al^{3+}$ , liberando bases ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ ) que elevam o pH.

Os teores de MO estavam dentro da faixa adequada, embora inferiores a 15 g/dm<sup>3</sup>. No entanto, os teores de fósforo, exceto na camada superficial do cultivo de mogno africano, estavam abaixo do ideal. Os níveis de potássio, cálcio e magnésio também se mostraram deficientes, especialmente na camada superficial e nos tratamentos com plantas de cobertura. A saturação por bases (V%) indicou baixa fertilidade, sugerindo a necessidade de calagem após os primeiros cinco anos de cultivo, o que não foi realizado devido a limitações financeiras (Brasil et al., 2020).

Os teores de  $K^+$  e  $Ca^{2+}$  foram significativamente maiores na camada de 0-20 cm em comparação com 20-40 cm (Tabela 3). O teor de  $K^+$  na camada superficial representou 69% do total, enquanto na camada inferior foi de 31%. Os teores de  $Mg^{2+}$  não diferiram estatisticamente entre as camadas.

Tabela 2. Resultado das análises químicas do solo após 16 anos de cultivo com mogno africano no Campo Experimental de Terra Alta-PA, 2025.

Profundidade	pH	P	MO	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC	t	V	m	
cm	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	g/kg	-----			cmolc	dm <sup>-3</sup>	-----			-----	%	----
0 - 20	5,24	1,6	18,39	0,38	0,18	0,09	0,38	4,04	0,65	4,71	1,05	13,94	36,19	
20 - 40	5,18	0,8	12,11	0,16	0,15	0,04	0,52	3,23	0,35	3,61	0,89	10,30	58,43	

Fonte: Análises realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

A interação antagonica entre  $Ca^{2+}$  e  $Al^{3+}$  pode afetar o desenvolvimento das culturas (Pavan, 1982; Veloso et al., 2024), com o excesso de alumínio interferindo na absorção de cálcio e outros nutrientes. A distribuição heterogênea do sistema radicular do mogno pode influenciar essa tendência.

Tabela 3. Médias dos teores de K, Ca e Mg nas diferentes profundidades do solo, em sistema de integração lavoura pecuária floresta, 2025.

Profundidade (cm)	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
	(cmolc.dm <sup>-3</sup> )		
0 - 20	0,09 a	0,38 a	0,18 a
20 - 40	0,04 b	0,16 b	0,15 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No caso da relação cálcio, magnésio e potássio, geralmente, acontece a inibição competitiva. Isso porque as características físicas e os potenciais elétricos e químicos dos espaços externos às membranas plasmáticas celulares das plantas tendem a promover uma maior retenção de cátions bivalente, como o magnésio e o cálcio, do que os monovalentes, como o potássio. Ou seja, quando esses nutrientes do solo não se encontram em equilíbrio, facilmente as plantas podem apresentar sintomas de deficiência, mesmo que os seus teores no solo estejam adequados.

Nota-se pela Tabela 4, as relações entre Ca /K mostrando não haver diferenças significativas, enquanto a relação Mg/K houve diferenças significativas na profundidade de 020 e 20-40cm. Na relação Ca, Mg e K, não houve diferenças significativas nas camadas do solo

Tabela 4. Relações entre os teores de K, Ca e Mg nas diferentes profundidades do solo, em sistema de ILPF, 2025.

Profundidade (cm)	Ca <sup>2+</sup> /K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup> /K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> /K <sup>+</sup>
	(cmolc.dm <sup>-3</sup> )		
0 - 20	4,12 a	2,39 b	6,51 a
20 - 40	3,72 a	3,96 a	7,67 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se na Tabela 5, diferenças estatísticas significativas em relação a altura das plantas aos 12 e 96 meses, sendo o maior valor alcançado com 13,10m, enquanto a taxa de sobrevivência do mogno foi excelente no sistema em torno de 94%.

O mogno expressou alta taxa de sobrevivência até os 96 meses de idade nos dois sistemas, com médias no ILPF e monocultivo, de 93,86% e 93,70%, respectivamente, porém indicou discreto decréscimo com o passar dos meses nos tratamentos, apesar de estatisticamente serem considerados semelhantes.

Valores constatados também por Lopes et al. (2012) no desempenho inicial do mogno africano até seus 12 meses de idade, em 10 parcelas diferentes, com sobrevivência média de 96,8% em sistema de consórcio, comprovando ter alta taxa de sobrevivência desta espécie em consórcios.

Verifica-se na Tabela 5, que a grande oscilação observada, a espécie apresentou crescimento adequado e competitivo quando comparado a outras espécies florestais com madeiras de maior densidade. Ressalta-se que a sobrevivência foi elevada (cerca de 95%), o que reafirma a indicação dessa espécie para cultivo na região. A amplitude de altura observada também foi pronunciada, o que implicou em uma variação da fração de copa na espécie.

Resultados confirmados por Silva et al. (2014), onde o mogno no município de Terra Alta, demonstrou um crescimento em altura maior no sistema de consórcio do que no tratamento de monocultivo, apresentando em todos os anos diferença estatística, que a partir do segundo ano após o plantio expressou baixo desenvolvimento em altura no plantio homogêneo.

Tabela 5. Altura e taxa de sobrevivência do mogno aos 12, 24 e 96 meses de idade.

Tratamentos	12 meses		24 meses		96 meses	
	Altura (cm)	Sobrevivência (%)	Altura (cm)	Sobrevivência (%)	Altura (cm)	Sobrevivência (%)
<b>iLPF</b>	0,84 a	98,90 a	2,62 a	94,40 a	13,10 a	88,30 a
<b>Monocultivo</b>	0,67 b	99,10 a	2,41 a	92,60 a	10,80 b	89,40 a
<b>CV(%)</b>	<b>9,56</b>	<b>6,89</b>	<b>8,44</b>	<b>10,33</b>	<b>11,67</b>	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (CV = Coeficiente de Variação).

O mogno africano vem sendo cada vez mais utilizado em plantios, principalmente em recuperação de áreas degradadas, pois é característico seu rápido crescimento, especialmente nas fases iniciais em áreas de clareiras, por sua caracterização ecológica de pioneira ou secundária tardia, onde após o estado juvenil a planta passa a demonstrar melhor desenvolvimento em condições ideais de nutrientes (Falesi & Baena, 1999; Albuquerque et al., 2011).

Fato que pode explicar o bom crescimento nos meses iniciais (12 meses) e depois maior crescimento a partir dos 96 meses, onde as características de solo no sistema iLPF já estavam mais favoráveis ao desenvolvimento dos indivíduos, conforme afirmam Balbino et al. (2011) que este tratamento pode promover melhoria na fertilidade do solo, a partir da ciclagem de nutrientes, deposição de material orgânico e aumento da vida biológica no solo, proporcionando um solo mais estruturado.

Na avaliação após dezesseis anos de cultivo do mogno africano, observa-se (Tabela 6), que a relação entre o DAP e o diâmetro da copa apresentou uma associação positiva e significativa ( $R^2=0,72$ ;  $p<0,01$ ), sendo o modelo  $DC= 0,5288 \cdot DAP - 7,5224$  aplicável a essa idade (Figura 2). Os resultados são confirmados por Silva et al. (2014), onde o mogno no município de Terra Alta,

demonstrou um crescimento em altura maior no sistema de consórcio do que no tratamento de monocultivo, apresentando em todos os anos diferença estatística, que a partir do segundo ano após o plantio expressou baixo desenvolvimento em altura no plantio homogêneo.

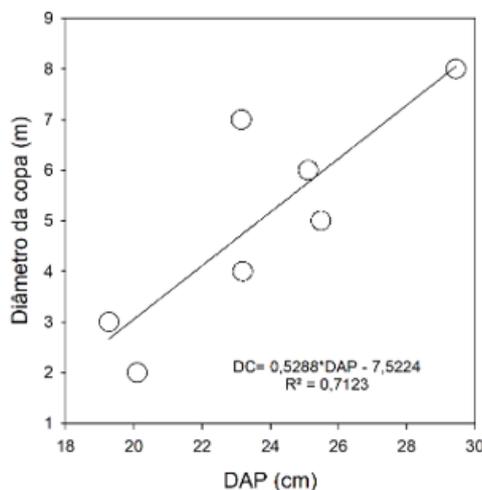
Tabela 6. Valores médios de altura comercial (AC), altura total de planta (AT), diâmetro à altura do peito (DAP), comprimento da copa (CC) e largura da copa (LC) em sistema ILPF após 16 anos de cultivo, 2025.

Parâmetros	Medidas	Valores médios	Varição
Altura comercial	m	34,24±5,64	(25-45)
Altura Total	m	43,64±6,65	(32-62)
Diâmetro altura do peito	cm	24,43±4,5	(12,7-37)
Comprimento da copa	m	5,24±1,85	(2-8)
Largura da copa	m	4,7±1,98	(1,5-8)
Área da copa (CC*LC)	m <sup>2</sup>	26,44±16,58	(4-64)
Fração da copa	%	12,36±4,99	(4,17-22,86)

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A relação entre o DAP e o diâmetro da copa apresentou uma associação positiva e significativa ( $R^2=0,72$ ;  $p<0,01$ ), sendo o modelo  $DC= 0,5288*DAP - 7,5224$  aplicável a essa idade (Figura 2).

Figura 2. Relação entre o DAP e o diâmetro da copa em *Khaya ivorensis*, aos 16 anos de cultivo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

## 5 CONCLUSÃO

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é estratégico para otimizar o uso da terra, aumentar a produtividade, usar melhor os insumos e recuperar a fertilidade do solo. No entanto, sua implementação enfrenta desafios como planejamento complexo, manejo especializado, questões logísticas e de mercado, além da necessidade de investimento inicial. Na Amazônia, a consolidação da ILPF é ainda mais desafiadora devido à falta de regularização fundiária e ambiental (limitando o crédito), ausência de assistência técnica, altos custos de produção, problemas logísticos, alto investimento inicial e falta de informação sobre o sistema.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. P.; FIDELIS, D. M.; EUFRADE JUNIOR, H. J.; MORENO, N. B.; SILVA, P. G. A. Levantamento bibliográfico sobre Mogno Africano. CONFLOR JR, FCA. UNESP. P.C. 67, REV.:00, p. 1 – 24, 2011

ALVARENGA, R. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M, M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v.31, n. 57, p.59-67, 2010.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed.). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.

BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. **Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações**. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável, 2ed., Brasília: EMBRAPA, 2012, p. 239.

BARBOSA, Leovânio Rodrigues et al. Propriedades físico-hídricas de um argissolo sob plantio direto e integração lavoura-pecuária no cerrado. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 2, p. 460-469, 2022.

BARCELLOS, A.O.; MEDRADO, M.J.S.; GRISE, M.M.; SKORUPA, L.A.; ROCHA, W.S. Base conceitual, sistemas e benefícios da iLPF. In: BALBINO, L.C., BARCELLOS, A.O., STONE, L.F. (Ed). **Marco referencial Integração Lavoura- Pecuária-Floresta**. Brasília/DF: EMBRAPA. p. 23-40, 2011.

BASTOS, T. X. et al. Informações Agroclimáticas do Município de Paragominas para o Planejamento Agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBMET, 2006.

BRASIL, E.C.; CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J.M. Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2.ed., Brasília, DF, Embrapa, 2020.419p.

COSTA, C. T. F.; PEREIRA, L. G. R.; SANTOS, R. D. S.; NEVES, A. L. A.; ARAÚJO, G. G. L.; BARREIROS, D. C.; ARAGÃO, A. S. L. Produtividade e características agrônômicas de sete genótipos de milho na região do sub-médio do vale do São Francisco. V Congresso Nordestino de Produção Animal. Aracaju, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C. Mogno-africano *Khaya ivorensis* A. Chev. Em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém: Embrapa Amazônia oriental, 1999. 52p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documento, 4).

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. **B. Indústr. Anim.**, v.71, n.2, p.183-191, 2014.

IWATA, B. F; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agrofloretais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo

Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.730–738, 2012.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eachborn. República Federal da Alemanha. 1990. 343p.

LOPES, E. D.; UCHÔAS, E. G.; GOMES, J. M.; COLLARES, R. A. **Desempenho inicial no campo de mogno africano implantado em área de pastagem na região semi-árida do Médio Vale do Jequitinhonha**. In: Simpósio de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Montes Claros. Anais. Montes Claros: ILPF, p. 131-136, 2012.

MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R.; FERREIRA, A. D. Soil carbon contents in integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEM, 1.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. Proceedings... Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 323

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas agroflorestais. Lavras: Ed. da UFLA, 2010. 331 p.

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.

MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURIN, N.; VALE, R. S. do.; OLIVEIRA, T. K. de. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivado em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p.701-709, 2006.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. C.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1176-1183, 2011.

PAVAN, M. A. Efeitos tóxicos de alumínio em mudas de cafeeiro em relação à nutrição de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.209-213, 1982.

PAVINATO, P. S. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.911-920, 2008.

POÇA, R. R. Indicadores químico, físico e etnopedológico de qualidade do solo em áreas em recuperação na Amazônia Oriental. 2012. 119f. Dissertação (Mestrado em Agricultras Amazônicas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

RECH, C. 2006. Estados Unidos lidera importações brasileiras. *Revista da Madeira*, 96.

RIBEIRO, Fabiana et al. Deposição, decomposição e conteúdo de nutrientes de serapilheira em área de integração lavoura-pecuária-floresta na região do **Cerrado**. *Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 42, 2022.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J.M. L; GAMA, J.R.N.F.; VALENTE, M.A.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. Caracterização e classificação dos solos do município de

Paragominas, Esta do do Pará/ Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 51 p.; 21cm. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 162).

VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; SILVEIRA FILHO, A. Dinâmica da fertilidade do solo em sistemas agrossilvipastoris na região Nordeste do estado do Pará. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 7, n. 4, e75229, 2024.

VIANA, M. C. M.; BOTELHO, W.; VIANA, P. A.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. A.; VIANA, M. M. S.; GUIMARAES, C. G. Production and quality of corn silage cultivated on integrated crop-livestock-forest system in a Cerrado region of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Animal Science- E-Supplement**, v. 89, p. 551-551, 2011.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.