

Desenvolvimento da Teca (*Tectona grandis* L. f.) através do manejo da fertilidade do solo em sistema agrossilvipastoril no Nordeste Paraense

Teak (*Tectona grandis* L. f.) development through soil fertility management in agroforestry systems in the Northeast state of Pará

Desarrollo de la teca (*Tectona grandis* L. f.) mediante el manejo de la fertilidad del suelo en un sistema agrosilvopastoril en el noreste de Pará

DOI: 10.34188/bjaerv8n3-088

Submetido: 30-05-2025

Aprovado: 15-06-2025

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 presente estudo abordou a degradação de pastagens no Nordeste do Pará, um problema causado pela pecuária intensiva. A pesquisa investigou a viabilidade do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) como uma alternativa sustentável, com foco no uso da espécie florestal teca (*Tectona grandis* L. f.) para a recuperação de áreas degradadas. O objetivo principal foi analisar as mudanças na fertilidade do solo após 16 anos de cultivo de teca em um sistema ILPF,

comparando-o a um sistema convencional de monocultura de milho. As análises do solo em diferentes profundidades revelaram que o sistema ILPF melhorou a qualidade do solo na camada superficial, aumentando a matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes, além de reduzir a erosão. No entanto, nas camadas mais profundas, foi observada uma queda na fertilidade e um aumento na concentração de alumínio. Os resultados também mostraram que o sistema de ILPF com teca é promissor para a produção de madeira, principalmente na modalidade silvipastoril. Pesquisas indicam que, em áreas com aptidão agrícola, o cultivo de grãos seja mantido por no máximo três anos, ou até que as árvores atinjam um porte que permita a entrada de animais, convertendo o sistema para silvipastoril. Conclui-se que o sistema ILPF com teca é uma alternativa viável para a recuperação de pastagens degradadas, harmonizando a produção agrícola, pecuária e florestal. A teca mostrou-se uma espécie exótica de alto potencial econômico para ser utilizada nesses sistemas. Embora os resultados sejam preliminares eles indicam que o sistema silvipastoril é particularmente vantajoso.

Palavras-chave: *Tectona grandis*, sistemas integrados, manejo florestal, recuperação de pastagens.

ABSTRACT

This study addressed pasture degradation in Northeastern Pará, a problem caused by intensive livestock farming. The research investigated the viability of the Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) system as a sustainable alternative, focusing on the use of teak (*Tectona grandis* L. f.) for the restoration of degraded areas. The main objective was to analyze changes in soil fertility after 16 years of teak cultivation in an ICLF system, comparing it to a conventional corn monoculture system. Soil analyses at different depths revealed that the ICLF system improved soil quality in the surface layer, increasing organic matter and nutrient availability, and reducing erosion. However, in the deeper layers, a decrease in fertility and an increase in aluminum concentration were observed. The results also showed that the ICLF system with teak is promising for timber production, especially in silvopastoral systems. Research indicates that in areas with agricultural suitability, grain cultivation should be maintained for a maximum of three years, or until the trees reach a size that allows livestock to enter, converting the system to silvopastoral. They conclude that the ICLF system with teak is a viable alternative for restoring degraded pastures, harmonizing agricultural, livestock, and forestry production. Teak has proven to be an exotic species with high economic potential for use in these systems. Although the results are preliminary, they indicate that the silvopastoral system is particularly advantageous.

Keywords: *Tectona grandis*, integrated systems, pasture recovery, soil degradation

RESUMEN

Este estudio abordó la degradación de los pastizales en el noreste de Pará, un problema causado por la ganadería intensiva. La investigación analizó la viabilidad del sistema integrado de cultivo, ganadería y silvicultura (ICLF) como alternativa sostenible, centrándose en el uso de la teca (*Tectona grandis* L. f.) para la restauración de áreas degradadas. El objetivo principal era analizar los cambios en la fertilidad del suelo tras 16 años de cultivo de teca en un sistema ICLF, comparándolo con un sistema convencional de monocultivo de maíz. Los análisis del suelo a diferentes profundidades revelaron que el sistema ICLF mejoraba la calidad del suelo en la capa superficial, aumentando la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes y reduciendo la erosión. Sin embargo, en las capas más profundas se observó una disminución de la fertilidad y un aumento de la concentración de aluminio. Los resultados también mostraron que el sistema ICLF con teca es prometedor para la producción de madera, especialmente en sistemas silvopastorales. Las investigaciones indican que, en las zonas aptas para la agricultura, el cultivo de cereales debe mantenerse durante un máximo de tres años, o hasta que los árboles alcancen un tamaño que permita el acceso del ganado, convirtiendo el sistema en silvopastoral. Concluyen que el sistema ICLF con

teca es una alternativa viable para restaurar pastizales degradados, armonizando la producción agrícola, ganadera y forestal. La teca ha demostrado ser una especie exótica con un alto potencial económico para su uso en estos sistemas. Aunque los resultados son preliminares, indican que el sistema silvopastoral es particularmente ventajoso.

Palabras clave: *Tectona grandis*, sistemas integrados, recuperación de pastizales, degradación del suelo

1 INTRODUÇÃO

O aumento de áreas degradadas associadas ao desmatamento das florestas tem provocado impactos negativos ao ecossistema, comprometendo a disponibilidade e a qualidade de bens e serviços ambientais, e o bem-estar da sociedade. A pecuária é uma das principais causas do desmatamento (Dias-Filho, 2019), mas, por ser uma atividade de relevante importância econômica, é necessário buscar alternativas para torná-la social e ambientalmente mais sustentável. Nesse contexto, a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) surge como uma estratégia de produção que utiliza diferentes sistemas produtivos em uma mesma área, podendo ser feita em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, de forma a otimizar o uso da terra, aumentar a produtividade, diversificar a produção e gerar renda, além de mitigar a emissão de gases de efeito estufa.

O componente agrícola tem como característica o retorno financeiro mais rápido, a geração de capital inicial para a integração e a recuperação do solo, além de permitir a produção de forrageiras com alto potencial produtivo, em decorrência da fertilização residual que confere à área. O uso de pastagens melhoradas, que se faz possível neste sistema, permite aumentar a eficácia da produção animal, além de atuar na recuperação das propriedades físico-químicas e biológicas do solo. 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 componente florestal, por sua vez, oferece alternativas na produção de recursos madeireiros e não-madeireiros, permite aumento da biodiversidade, recomposição de reservas, proteção de mananciais hídricos e do solo, além de propiciar conforto térmico aos animais e aumento da produção. Na Amazônia existem cerca de vinte milhões de hectares de áreas alteradas, com pastagens empobrecidas, que poderão ser integrados ao processo produtivo, com potencial de utilização dos diversos tipos de sistema de ILPF.

A integração permite a produção de grãos, fibras, carne, leite e agroenergia em uma mesma propriedade, o que otimiza o uso da área produtiva. Ao otimizar o uso da terra, o sistema aumenta

a produtividade de grãos e outros produtos agrícolas. A integração de diferentes sistemas produtivos beneficia o solo, aumentando sua qualidade e saúde (Veloso et al., 2024).

Diversas culturas agrícolas, visando alimentação, produção de fibras ou energia podem ser utilizadas na ILPF. Da mesma forma, o componente pecuário pode ser feito com bovinos de corte ou leite, bubalino, caprinos, ovinos e em alguns casos, até suínos e aves podem compor o sistema. Já as árvores, podem ser usadas espécies para fins madeireiros e não madeireiros, nativas ou exóticas.

No aspecto econômico, estudos realizados pela Embrapa Amazônia Oriental em Unidades de Referência Tecnológica (URT) mostraram que aquelas com uso da teca foram as mais rentáveis. As pesquisas mostraram que a espécie florestal teca, considerando a meta de uso da madeira para serraria, atividade em que tem o seu maior valor agregado.

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do manejo da fertilidade do solo no cultivo da teca (*Tectona grandis* L.) 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).

No Brasil, as propriedades agrícolas apresentam uma grande diversidade de sistemas de produção e níveis de investimento em tecnologias. Na Amazônia, mesmo em regiões com condições favoráveis à agricultura tecnificada, muitas áreas são mal manejadas, o que limita o potencial produtivo. Com o aumento dos custos de produção, os agricultores acabam abandonando práticas sustentáveis, como rotação de culturas, equilíbrio nutricional e conservação do solo, o que leva à degradação das áreas.

Os dados do projeto Terra Class (mapeamento detalhado dos diferentes tipos de uso da terra na Amazônia Legal) mostram que a pecuária extensiva ocupa aproximadamente

60% das áreas desmatadas, com um rebanho de 93 milhões de cabeças (IBGE, 2021). No entanto, cerca de 50% das pastagens plantadas na região estão degradadas ou em processo de degradação (Dias-Filho, 2019).

Nesse cenário, torna-se necessário repensar o processo produtivo de maneira sistêmica visando a produção sustentável. O desafio é desenvolver tecnologias capazes de converter os sistemas produtivos atuais em sistemas que integrem a pecuária com a produção sustentável de grãos e/ou árvores, como estratégia para viabilizar a reincorporação de áreas degradadas ao processo produtivo, além de propiciar a diversificação das fontes de renda e de agregação de valor às propriedades, contribuindo ainda, para a manutenção de reservas legais e áreas de preservação permanente (Homma, 2015).

Vale ressaltar, que a agricultura brasileira é marcada por uma grande diversidade de produtores, produtos e regiões. A capacidade de inovação é um dos principais fatores que determinam essa dinâmica, mas muitos produtores, em particular os pequenos, apresentam um atraso tecnológico. Isso se deve a diversos fatores, como a falta de recursos, à escala de produção e o acesso ao conhecimento sobre as tecnologias disponíveis.

A agricultura na Amazônia Oriental, especialmente em pequenas propriedades familiares, enfrenta um desafio crítico que se manifesta em dois eixos interconectados: a degradação ambiental e a baixa produtividade. Essa realidade complexa compromete tanto a sustentabilidade dos ecossistemas quanto a subsistência e o desenvolvimento econômico das comunidades rurais.

A principal causa dessa degradação é a pecuária extensiva, que ocupa cerca de 60% das áreas desmatadas na Amazônia Legal, resultando em mais de 50% das pastagens plantadas já em processo de deterioração (Dias-Filho, 2019).

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

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.

Na Amazônia Oriental, a agricultura tradicional praticada pelo pequeno produtor rural é a de corte e queima da vegetação secundária, com redução do tempo de pousio. Isso leva à perda da

capacidade produtiva dos solos, que são em sua maioria pobres, e à degradação das áreas (Homma, 2015).

Atualmente, o sistema ILPF é uma das alternativas indicadas para ajustar sistemas de produção extensivos, que refletem baixas produtividades e degradação ambiental em sistemas sustentáveis, sendo a integração lavoura-pecuária uma das principais estratégias indicadas para região (Bortolon et al., 2019).

O componente florestal, por sua vez, oferece alternativas na produção de recursos madeireiros e não-madeireiros, permite aumento da biodiversidade, recomposição de reservas, proteção de mananciais hídricos e do solo, além de propiciar conforto térmico aos animais e aumento da produção. Na Amazônia existem cerca de vinte milhões de hectares de áreas alteradas, com pastagens empobrecidas, que poderão ser integrados ao processo produtivo, com potencial de utilização dos diversos tipos de sistema de ILPF.

As pesquisas realizadas com a espécie florestal teca mostram que, considerando a meta de uso da madeira para serraria, atividade em que a teca tem o seu maior valor agregado, o plantio deve ser feito em linha simples com espaçamento de 4 metros entre as plantas. No caso de o plantio ser feito em linhas duplas ou triplas, deve ser adotado o arranjo quincôncio, ou seja, com as árvores de linhas vizinhas formando um triângulo. Isso evita a competição lateral. A distância entre os renques varia conforme o interesse do produtor e seu maquinário, sendo a recomendação mínima de 16 metros para que se mantenha a entrada de luz para a pastagem.

A teca é uma madeira com grande valor agregado e com um mercado amplo para uso na produção de móveis, embarcações e pisos. A demanda mundial por essa madeira é maior do que a oferta, tanto por meio de plantios comerciais quanto pela extração em áreas onde a espécie é endêmica como na Ásia.

O alto valor agregado viabiliza custos com frete, o que permite o cultivo em regiões com logística mais complicada. Porém, o longo tempo para retorno do investimento acaba desestimulando o cultivo. Dessa forma, os sistemas de integração são uma alternativa para amortizar os custos, uma vez que é possível obter receitas com a lavoura e a pecuária enquanto as árvores crescem.

A espécie Teca (*Tectona grandis* L.f), pertence à família das Verbanaceae, é uma espécie exótica, originária da Índia e Indonésia (Lorenzi, et al., 2003).

A teca, é a espécie tropical mais plantada no mundo para a produção de madeira “dura” de qualidade e este produto está entre os mais valorizados no mercado. Entre os usos de sua madeira, destacam-se: construção naval, esquadrias e móveis para uso externo. No plantio as distâncias maiores entre as linhas de teca favorecem o desenvolvimento da forrageira no estrato inferior e a

produção de madeira de teca com maiores dimensões, além de permitir o consórcio com a forrageira por maior período e com menores limitações em termos de competição por espaço, luz, água e nutrientes. A combinação de desrama e a redução da densidade das árvores, tanto no estágio de plantio quanto no desbaste, podem provavelmente ser as maneiras mais eficientes de aumentar a transmissão de luz e, assim, aumentar os rendimentos das colheitas e prolongar o período de consórcio (Leroy et al., 2009).

A teca se desenvolve bem em clima tropical úmido e quente, embora possa crescer sob ampla diversidade de condições climáticas e edáficas, havendo registros de seu cultivo em regiões com precipitação anual em torno de 600 mm e até acima de 5000 mm, bem como em áreas com temperaturas que variam de 2° a 48° C. No entanto, o seu melhor crescimento é verificado em regiões cuja precipitação pluviométrica varia entre 1240 e 3750 mm, e não sejam sujeitas a geadas (Mascarenhas & Muralidharan, 1993).

Na Amazônia, o crescimento da teca plantada na Estação Experimental de Curuá Una foi avaliado novamente aos 13 anos de idade, sendo que os resultados obtidos foram 9,7 m para altura, 10 cm para DAP e 2,11 m para diâmetro de copa (Baretta, 2016).

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.

No entanto, as melhorias nas estruturas dos solos pelo aumento do teor de matéria orgânica, proporcionando boa cobertura, reduzindo assim a erosão, ocorrendo o incremento da fertilidade dos solos, fixação biológica do nitrogênio pelas leguminosas, e incorporação do nitrogênio, fósforo e enxofre na matéria orgânica ativa do solo, ocorre também o aumento da microfauna e microflora no horizonte superficial, bem como a atividade biológica do subsolo pela penetração em profundidade das raízes, as quais acabam exercendo, o cultivo biológico dos solos (Vilela et al., 2011).

Promove a melhoria na eficiência da ciclagem de nutrientes, já que estes são reciclados pelos animais e também incorporados pela grande massa de resíduo das forrageiras. Ocorre a melhoria na eficiência da ciclagem de nutrientes, já que estes são reciclados pelos animais e também incorporados pela grande massa de resíduo das forrageiras, há um controle e redução de plantas daninhas e quebra do ciclo de pragas e doenças, culminando na redução da degradação ambiental (Grise, 2005).

Portanto, o longo tempo para o retorno do investimento desestimula o plantio. Assim, os sistemas de integração são uma alternativa para amortizar os custos, permitindo a obtenção de receitas com a lavoura e a pecuária enquanto as árvores crescem (Balbino et al., 2011). Estudos da Embrapa Amazônia Oriental demonstraram que as unidades com teca foram as mais rentáveis (Reis, et al., 2023).

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 Koppen, 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⁻¹ de areia grossa, 480 g kg⁻¹ de areia fina, 87 g kg⁻¹ de silte e 130 g kg⁻¹. O solo da área experimental foi corrigido em 2009 com 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ 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 ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	t	V	m
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³	g/kg	----- cmolc dm ⁻³ -----				----- % ----					
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.

O experimento consistiu em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com o cultivo de milho intercalado com a espécie florestal teca (*Tectona grandis*, Lf.) em áreas de 6,75 ha, cada, no ano de 2009 (Figura1). O espaçamento de plantio da espécie florestal foi de 5 m x 5 m para o mogno africano e arranjos 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 da espécie florestal ocorreu em março, com adubação de plantio e cobertura.

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.

Figura 1. Área experimental de Terra Alta após 16 anos de cultivo do sistema iLPF com pasto, animais e a espécie florestal Teca.



Fonte: Veloso, C. A. C.

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 teca 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 a teca (*Tectona grandis* L.f.) 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^3 . 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 a teca (*Tectona grandis* L.f.) no Campo Experimental de Terra Alta-PA, 2025.

Profundidade	pH	P	MO	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Al^{3+}	H+Al	SB	CTC	t	V	m
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³	g/kg	----- cmolc dm ⁻³ -----				----- % ----					
0 - 20	5,50	1,21	19,68	0,48	0,28	0,09	0,27	5,48	0,85	6,33	1,12	13,43	24,11
20 - 40	5,45	0,60	17,62	0,26	0,18	0,05	0,42	4,87	0,49	5,36	0,91	9,14	46,15

Fonte: Fonte: Veloso, C. A. C.

- Análises realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

A interação antagônica 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, com espécie florestal Teca 2025.

Profundidade (cm)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	(cmolc.dm-3)		
0 - 20	0,09 a	0,48 a	0,28 a
20 - 40	0,05 b	0,26 b	0,18 b

Fonte: Veloso, C. A. C.

- 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, com a espécie florestal Teca 2025.

Profundidade (cm)	Ca+2/K+	Mg2+/K+	Ca2+ +Mg2+/K+
	(cmolc.dm-3)		
0 - 20	5,33 a	3,11 b	8,44 a
20 - 40	5,20 a	3,60 a	8,80 a

Fonte: Veloso, C. A. C.

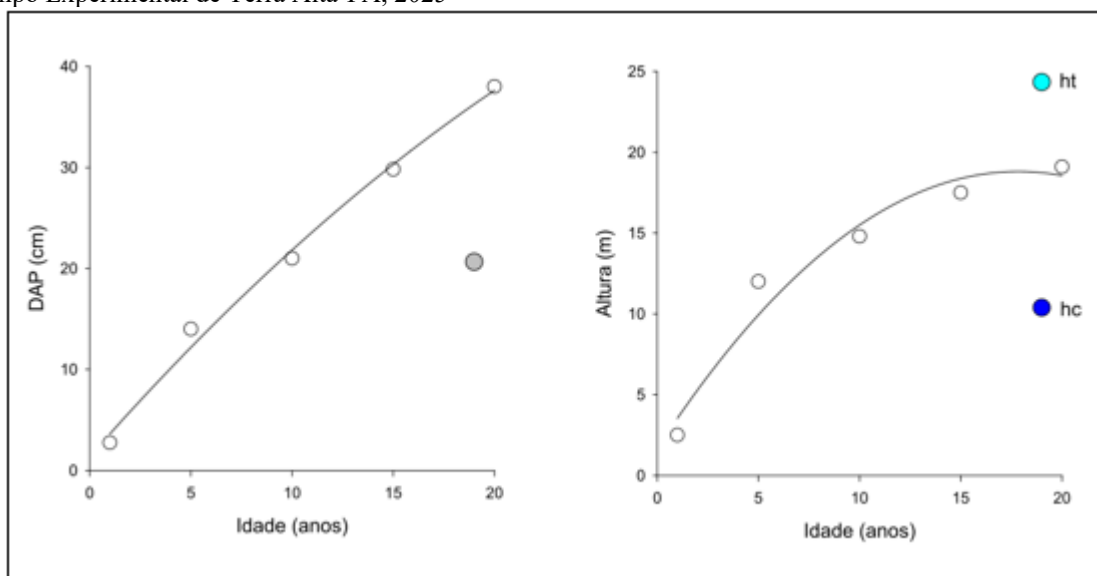
- Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Resultados confirmados por SILVA et al. (2014), onde a teca no município de Alta Florest-MT, 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.

Na avaliação após dezesseis anos de cultivo com a teca, observa-se na (Figura2), 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. Os resultados são confirmados por SILVA, et al. (2016), onde a teca 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.

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).

Figura 2. Crescimento das árvores em diâmetro à altura do peito (DAP), altura (m) após 16 anos de cultivo com a teca no Campo Experimental de Terra Alta-PA, 2025



Fonte: Adaptado de: Maurel Behling e Flávio Jesus Wruck (2023)

Ao longo do desenvolvimento das árvores nesses sistemas, a teca seminal apresentou crescimento inferior ao crescimento de teca clonal. Aos 16 anos de idade, as árvores atingiram diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 20,6 cm e altura total média de 24.3 m. Todavia, esse crescimento do DAP é superior ao crescimento das árvores no plantio homogêneo. O volume de madeira produzida no ciclo de 16 anos foi em torno de 10 m³ ha⁻¹, considerando a obtenção de três toras de 2,0 m de comprimento por árvore no sistema, com o corte de 50 árvores ha⁻¹ (Figura 2).

Na avaliação do desenvolvimento da teca, no sistema silvipastoril no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental as árvores apresentaram bom crescimento em DAP e altura, indicando que não houve estagnação do crescimento, ou seja, as árvores ainda continuam crescendo na idade de 16 anos (Figura 2), o crescimento foi maior quando comparado ao ocorrido na Malásia (Noor, 2003) e nos estados de Roraima (Tonini et al., 2009).

A exploração da teca, para madeira serrada, permite que o mercado consumidor esteja a maiores distâncias, uma vez que o elevado valor agregado da madeira absorve os custos de produção e de transporte. No entanto, o volume de madeira serrada que o mercado pode absorver será o balizador para adotar o plantio da teca em linhas simples ou em renques de linhas duplas, triplas ou múltiplas. Na configuração de linhas simples 100-150 árvores ha⁻¹. Em sistemas de ILPF, com foco na pecuária, implantação de linhas simples facilita o manejo das árvores, exigindo menor demanda de mão de obra ano (Reis, et al., 2023).

5 CONCLUSÃO

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) consolida se como uma estratégia eficaz para otimizar o uso da terra e aumentar a produtividade. Ao integrar lavoura, pecuária e floresta, o ILPF promove a recuperação da fertilidade do solo e o uso mais eficiente dos insumos. No entanto, a implementação do sistema enfrenta desafios significativos, especialmente em localidades amazônicas.

As principais limitações incluem a necessidade de um planejamento rigoroso e um manejo complexo, a carência de mão de obra especializada, além de desafios logísticos e de mercado. Na Amazônia, esses desafios são exacerbados por questões como a regularização fundiária e ambiental, que dificultam o acesso a crédito rural, a ausência de assistência técnica contínua, o alto custo de investimento inicial e a falta de informação sobre o sistema.

Para regiões com aptidão agrícola, recomenda-se que a lavoura de grãos seja utilizada por até três anos, ou até que as árvores atinjam um porte que permita a entrada de animais, convertendo o sistema para a modalidade silvipastoril.

A teca é uma espécie exótica com grande potencial econômico para ser utilizada em sistemas integrados no Brasil. As avaliações iniciais indicam que a produção de madeira de teca é promissora, principalmente no sistema silvipastoril, pois compatibiliza a produção agrícola e pecuária com a produção florestal, contribuindo para a sustentabilidade e a rentabilidade da propriedade rural.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BARETTA, M. C. Crescimento e caracterização morfológica de clones de teca no sudoeste de Mato Grosso. 2016. p.69.
- 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.
- BORTOLON, L.; BORGHI, E.; BORTOLON, E.S.; CAMARGO, F.P.de; BENDAHAN, A.B. Integração lavoura-pecuária para recuperar pastagens na Amazônia. In: DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. de (eds.). Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 361-384.
- CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, ano 16, n. 100, p. 10-14, jul./ago. 2007.
- DIAS FILHO, M. B. & ANDRADE, C.M.S. Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia", Embrapa em Belém, p. 443, 2019.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- GRISE, M.M. Participação da biomassa e de nutrientes na pastagem de Bahiagrass cv. Pensacola em diferentes sistemas de manejo com novilhos. Tese apresentada na Universidade Federal do Paraná. 2005.
- HOMMA, A.K.O. Amazônia: Desenvolvimento sustentável como segunda natureza. *Revista De Política Agrícola*, 10(4), 34–37. 2015
- LEROY, C.; SABATIER, S.; WAHYUNI, N. S.; BARCZI, J. F.; DAUZAT, J.; LAURANS, M.; AUCLAIR, D. Virtual trees and light capture: a method for optimizing agroforestry stand design. *Agroforestry Systems*, v. 77, n. 1, p. 37-47, 2009.
- LORENZI, H. [ET AL.]. Árvores Exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.384 p.

MASCARENHAS, A. F., MURALIDHARAN, E.M. Clonal forestry with tropical hardwoods. In: **Clonal forestry II, conservation and application**. Germany: Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1993. p.169-187.

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.

REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E.B. de; SANTOS, A. M. Teca (*Tectona grandis* L.f.) no Brasil. Brasília, D.F. Embrapa, p.383-427, 2023.

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

SILVA, F. R.; SILVA, V. S. M.; MIRANDA, S. O. Crescimento de *Tectona grandis* em uma plantação no município de Alta Floresta, Mato Grosso. *Floresta*, v. 44, n. 4, p. 577-588, 2014.

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.

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.