



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO



PPGAA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE BALSAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE**

**FILIPE REZENDE LUCENA**

**IMPLANTAÇÃO E CRESCIMENTO DE *Khaya ivorensis* EM CULTIVO PURO E  
CONSORCIADO COM CULTURAS AGRÍCOLAS**

Balsas - MA  
2020

**FILIFE REZENDE LUCENA**

**IMPLANTAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE *Khaya ivorensis* EM CULTIVO PURO E  
CONSORCIADO COM CULTURAS AGRÍCOLAS**

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura e Ambiente PPGAA /  
CESBA / UEMA, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Agricultura e Ambiente.  
Orientador (a): Prof. Dr. Fábio Afonso  
Mazzei Moura de Assis Figueiredo

Balsas - MA  
2020

Rezende Lucena, Filipe.

Implantação e crescimento inicial de *khaya ivorensis* em cultivo puro e consorciado com culturas agrícolas 81p.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo

1. Agroflorestais. 2. Silviagrícolas. 3. *Taungya* 4. Produtividade. 5. SAFs.

CDU: 00

**FILIPPE REZENDE LUCENA**

**IMPLANTAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE *Khaya ivorensis* EM CULTIVO PURO E  
CONSORCIADO COM CULTURAS AGRÍCOLAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente - PPGAA / CESBA / UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientador (a): Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo

Aprovada em 22/10/2020

**BANCA EXAMINADORA**



---

Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo - Orientador  
Doutor em Produção Vegetal  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA



---

Dr. Heder Braun - Membro  
Doutor em Fitotecnia  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA



---

Dr.<sup>a</sup> Deborah Guerra Barroso - Membro  
Doutora em Produção Vegetal  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelo dom da vida, sabedoria e pela família que tenho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente / Centro de Estudos Superiores de Balsas / Universidade Estadual do Maranhão.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente / Centro de Estudos Superiores de Balsas / Universidade Estadual do Maranhão.

Aos discentes e amigos da Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente pelo incentivo e apoio.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo pelo apoio e dedicação.

À Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, pela concessão da bolsa que possibilitou parte dos meus estudos.

## RESUMO

Os sistemas agroflorestais (SAF's) representam concepções socioambientais de grande importância, relacionados à produção agropecuária, principalmente no que se refere à sustentabilidade e biodiversidade. Além disso, o formato de produção consorciada viabiliza a diversificação produtiva e a geração de fonte de renda em muitas etapas e setores de produção. A espécie florestal utilizada foi a *Khaya ivorensis* (Mogno africano), que pertence à família das meliáceas, e se encontra em grande expansão pelo Brasil. Objetivou-se avaliar os efeitos da consorciação de culturas agrícolas (feijão-caupi, milho e mandioca) sobre o crescimento e sobrevivência da espécie arbórea e o impacto econômico desse sistema na produção. Foram estudados três sistemas de plantio: T1 - Plantio puro de mogno africano; T2 - Sistema *taungya*, composto por mogno africano + milho + mandioca; e T3 - Sistema *taungya*, composto por mogno africano + feijão + milho. Os modelos sob sistema *taungya*, apresentaram resultados superiores para bactérias totais do solo, assim como amortizaram 25,23% e 20,63%, respectivamente, dos custos finais em relação ao cultivo puro. Foi avaliado o retorno econômico de R\$ 7.775,45 ha<sup>-1</sup> para o tratamento 2 e de R\$ 6.897,39 para o tratamento 3. Ao retirar os custos de atividades manuais e considerar apenas a mão de obra familiar, os consórcios amortizaram 65,57% e 54,05%, respectivamente, dos custos finais em relação ao cultivo puro. Não foi verificada interferência das culturas agrônomicas no crescimento do mogno africano. Os resultados sugerem que o cultivo da *Khaya ivorensis* em consórcio com culturas agrícolas, quando bem manejado, pode ser vantajoso ambientalmente e economicamente para o produtor rural.

**Palavras-chave:** Sistemas Agroflorestais; Taungya; Mogno africano; Meliaceae.

## ABSTRACT

Agroforestry systems (SAF's) represent socio-environmental concepts of great importance, related to agricultural production, mainly with regard to sustainability and biodiversity. In addition, the consortium production format enables productive diversification and the generation of income sources in many stages and sectors of production. One forest species used was *Khaya ivorensis* (African mahogany), which belongs to the family of meliáceas, and is in great expansion throughout Brazil. The objective was to evaluate the effects of intercropping of agricultural crops (cowpea, corn and cassava) on the growth and species of the tree and the economic impact of this system on production. Three planting systems were studied: T1 - Pure planting of African mahogany; T2 - Taungya system, composed of African mahogany + corn + manioc; and T3 - Taungya system, composed of African mahogany + beans + corn. The models under taungya system, superior results for total soil substances, as well as amortized 25.23% and 20.63%, respectively, of the final final costs in relation to the pure cultivation. The economic return of R \$ 7,775.45 ha<sup>-1</sup> was evaluated for treatment 2 and R \$ 6,897.39 for treatment 3. When removing the costs of manual activities and considering only family labor, the consortia amortized 65, 57% and 54.05%, respectively, of final costs in relation to pure cultivation. There was no interference of agronomic crops in the growth of African mahogany. The results obtained that the cultivation of *Khaya ivorensis* in consortium with agricultural crops, when well managed, can be environmentally and economically advantageous for the rural producer.

**Keywords:** Agroforestry Systems; Productivity; African mahogany; Sustainability; Meliáceas.

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
<b>FIGURA 1.</b>	Mapa do Brasil (A), destaque ao estado do Maranhão (B) e localização do município de Porto Franco-MA, em amarelo (C).	27
<b>FIGURA 2.</b>	Referenciamento da área experimental no município de Porto Franco, Maranhão, Brasil.	28
<b>FIGURA 3.</b>	Precipitação acumulada e temperatura (máxima, média e mínima) ao longo do período experimental (janeiro/2019 a janeiro/2020), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	28
<b>FIGURA 4.</b>	Ilustração do cultivo do feijão-caupi "manteiguinha" nas entrelinhas de mogno africano, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	30
<b>FIGURA 5.</b>	Ilustração do cultivo do cultivo de milho nas entrelinhas de mogno africano, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	31
<b>FIGURA 6.</b>	Ilustração do cultivo da mandioca nas entrelinhas de mogno africano, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	33
<b>FIGURA 7.</b>	Feijão verde na vagem (mói) (A) e feijão na forma de grãos secos (B), cultivados sistema <i>taungya</i> , localizado no município de Porto Franco-MA.	35
<b>FIGURA 8.</b>	Altura e diâmetro de plantas de <i>Khaya ivorensis</i> em diferentes sistemas de manejo (Cultivo puro e <i>Taungya</i> ), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	41
<b>FIGURA 9.</b>	Valores médios do incremento relativo em altura ICH (%) e incremento relativo em diâmetro ICD (%) de plantas de <i>Khaya ivorensis</i> em sistema de cultivo puro (T1), e <i>taungya</i> (T2) e (T3), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	43
<b>FIGURA 10.</b>	Análise descritiva do número de bactérias por grama de solo entre três sistemas de manejo aos 3 meses após plantio, e da área de referência (capoeira/tempo zero) obtidos a partir da análise microbiológica em experimento instalado no município de Porto Franco - MA.	50

<b>FIGURA 11.</b>	Custos e receitas referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de <i>Khaya ivorensis</i> sob diferentes sistemas de cultivo, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	60
-------------------	--	----

### LISTA DE TABELAS

		<b>Pág.</b>
<b>TABELA 1.</b>	Descrição dos tratamentos, em experimento instalado no município de Porto Franco - MA.	28
<b>TABELA 2.</b>	Comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), massa seca da planta inteira (MSPI), peso de vagem (PV), produtividade de vagem verde por hectare (PRODV) e produtividade de grão seco por hectare (PRODS) em plantas de <i>Vigna unguiculata</i> , em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	44
<b>TABELA 3.</b>	Valores médios para altura de plantas, número de espigas (NE), número de espigas comerciais (NEC), porcentagem de espigas comerciais (PEC), produtividade total com palha (PRODTCP), produtividade total sem palha (PRODTSP), massa de espiga com palha (MECP), massa de espiga sem palha (MESP), comprimento de espiga com palha (CECP), comprimento de espiga sem palha (CESP), diâmetro de espiga com palha (DECP) e diâmetro de espiga sem palha (DESP), obtidos para a cultura do milho cultivado em sistema <i>taungya</i> , em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	47
<b>TABELA 4.</b>	Valores de altura de plantas (ALTURA), diâmetro de caule (DIAM), número de bifurcações (NBIFURC), produção por parcela (PRODP) e produtividade por hectare (PRODH) de plantas de <i>Manihot esculenta</i> , em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	49
<b>TABELA 5.</b>	Valores médios para macronutrientes, micronutrientes, matéria	52

	orgânica e carbono orgânico, comparados entre duas profundidades de coleta e em diferentes sistemas de manejo (Cultivo puro e <i>Taungya</i> ), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	
<b>TABELA 6.</b>	Custos referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de <i>Khaya ivorensis</i> a partir do sistema de Cultivo puro no tratamento T1, em experimento instalado na região oeste do município de Porto Franco-MA.	54
<b>TABELA 7.</b>	Custos referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de <i>Khaya ivorensis</i> a partir do sistema <i>taungya</i> no tratamento T2, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	55
<b>TABELA 8.</b>	Custos referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de <i>Khaya ivorensis</i> a partir do sistema <i>taungya</i> no tratamento T3, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	57
<b>TABELA 9.</b>	Custos referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de <i>Khaya ivorensis</i> sob diferentes sistemas de cultivo, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.	59

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A Mogno Africano ( <i>Khaya ivorensis</i> ).....	15
2.2 Sistemas agroflorestais.....	19
2.3 Sistema <i>taungya</i> e suas características.....	23
3. OBJETIVOS.....	25
3.1 Objetivo Geral.....	25
3.2 Objetivos Específicos .....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
4.1 Área de estudo .....	26
4.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	28
4.3 Implantação e condução do experimento.....	28
4.3.1 Preparo da área.....	28
4.3.2 Plantio do mogno africano ( <i>Khaya ivorensis</i> ).....	28
4.3.3 Plantio do feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> ).....	29
4.3.4 Plantio do milho ( <i>Zea mays</i> ).....	31
4.3.5 Plantio da mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ).....	33
4.4 Coleta de dados e avaliações.....	34
4.4.1 Cultura do mogno africano ( <i>Khaya ivorensis</i> ).....	34
4.4.2 Cultura do feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> ).....	34
4.4.3 Cultura do milho ( <i>Zea mays</i> ).....	35
4.4.4 Cultura da mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ).....	36
4.5 Análises química, granulométrica e bacteriológica do solo.....	36
4.6 Métodos de avaliação econômica.....	38
4.7 Análise estatística.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1 Sobrevivência do componente florestal.....	40
5.2 Crescimento do componente florestal.....	40
5.3 Incremento relativo em altura (ICH) e diâmetro (ICD) do componente florestal.....	42
5.4 Feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> ).....	44
5.5 Milho ( <i>Zea mays</i> ).....	46
5.6 Mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ).....	49

<b>5.7 Bacterias totais do solo.....</b>	<b>49</b>
<b>5.8 Fertilidade do solo.....</b>	<b>51</b>
<b>5.9 Medidas de resultados econômicos.....</b>	<b>53</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Algumas espécies florestais têm ganhado destaque no Brasil em função do potencial para produção de madeira com elevado valor agregado, e cultivadas em plantios puros e consorciados com diferentes culturas agrícolas. Dentre as diferentes espécies, *Khaya ivorensis*, popularmente conhecida como mogno africano, tem sido muito utilizada. Introduzido no Brasil na década de 70, o cultivo do mogno africano em território brasileiro se deu, principalmente, pela adaptação da espécie às condições edafoclimáticas, sendo inicialmente estabelecido em plantios experimentais realizados por entidades públicas de pesquisa (ITTO, 2015; RIBEIRO *et. al.*, 2017; REIS *et. al.*, 2019).

Muitos dos plantios florestais são desenvolvidos em propriedades de pequeno e médio porte, onde os produtores rurais dispõem de pequenas áreas e por isso, não possuem fluxo de caixa para aguardar o prazo do retorno do investimento financeiro. Para otimização do cultivo florestal, tais produtores necessitam de um maior apoio da pesquisa para o desenvolvimento de novas práticas de manejo que tornem o cultivo do mogno africano uma realidade menos onerosa, fazendo desta espécie uma oportunidade de mercado acessível (REIS *et al.*, 2019).

O cultivo florestal pode se tornar mais viável quando associado ao cultivo de culturas que possam gerar receitas em curto prazo. Os modelos de reflorestamento que acabam por muitas vezes se tornarem viáveis para o pequeno e médio produtor estão relacionadas justamente ao consórcio de culturas, caracterizados pela formação de sistemas agroflorestais (MEDINA *et al.*, 2011; BALBINO *et al.*, 2011).

A utilização de sistemas agroflorestais, além de proporcionar rentabilidade em plantios diversos, funciona como uma alternativa sustentável para recuperar áreas degradadas, e promover melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MOSCOGLIATO *et al.*, 2017).

Dentre os sistemas de produção que apresentam destaque do ponto de vista sustentável, o sistema de *taungya* integra o plantio consorciado de espécies arbóreas e agrônômicas por certo tempo e pode ser alternativa tanto para recuperação de áreas degradadas, como para plantios comerciais (MEDEIROS *et al.*, 2015). Contudo, diferentes arranjos, espacial e temporal, podem promover inúmeras interações, ecológicas e econômicas, e devem ser estrategicamente analisadas de acordo com cada local de implantação do sistema (MANGABEIRA *et al.*, 2011).

No município de Porto Franco - MA, assim como em toda região sudoeste do Estado, verifica-se o progressivo reflorestamento de grandes áreas voltadas ao cultivo puro do eucalipto, destinado principalmente à produção de papel e celulose (MARTIN, 2014). Paralelo a isso, pequenos e médios produtores rurais também realizam atividades de reflorestamento, seja para o cumprimento de regularização ambiental, provocado por passivos ambientais, ou para fins comerciais.

Para o investimento em qualquer cultura florestal adotando um sistema consorciado é vital que se obtenha informações sobre quais serão as vantagens e desvantagens proporcionadas em comparação ao cultivo puro. Para o balanço final dos sistemas, o levantamento dos custos e receitas são de suma importância, visto que os dados obtidos assumirão importante papel na tomada de decisão do produtor rural (GRAÇA *et al.*, 2000; SERRA *et al.*, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo verificar o potencial de diferentes técnicas de manejo sobre a implantação e crescimento inicial de *Khaya ivorensis* em cultivo puro e consorciado, na região Oeste Maranhense.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Mogno Africano (*Khaya ivorensis*)

A inserção do gênero *Khaya* no Brasil ocorreu na década de 70, no estado do Pará, através de material seminal proveniente da Costa do Marfim. Atualmente, a distribuição das plantações ocorre em todo o país (FALESI *et al.*, 1999; RIBEIRO *et al.*, 2017).

A espécie *Khaya ivorensis*, pertencente à família botânica Meliaceae, vem de regiões da África Ocidental, onde ocorre naturalmente na Costa do Marfim, Gana, Angola, Togo, Benin, Nigéria e Camarões (FALESI *et al.*, 1999). Esta espécie florestal, popularmente conhecida como mogno africano, apresenta relevante interesse econômico, tendo suas plantações comerciais basicamente exploradas nos países de ocorrência natural, nos países asiáticos e sul-americanos (MOURA *et al.*, 2017; JÚNIOR *et al.*, 2019).

Os indivíduos que fazem parte do gênero *Khaya* apresentam complexa classificação taxonômica, principalmente aqueles encontradas no leste da África e Congo, em função da grande similaridade entre as espécies (FRANÇA, 2014; REIS *et al.*, 2019). Oficialmente apenas seis espécies do gênero são reconhecidas: *Khaya grandifoliola*, *Khaya anthotheca*, *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis*, *Khaya nyasica* e *Khaya madagascariensis* (GUIMARÃES *et al.*, 2004; FRANÇA 2014). No Brasil, as principais espécies e mais difundidas comercialmente do gênero *Khaya*, são a *K. senegalensis*, *K. anthoteca*, e *K. ivorensis* (FALESI *et al.*, 1999; GUIMARÃES *et al.*, 2004; PINHEIRO *et al.*, 2011). Levando em conta todas as espécies de mogno africano, a *K. ivorensis* é uma das mais cultivadas no Brasil, devido às propriedades físicas da sua madeira, retorno financeiro e ao embelezamento da madeira, que se assemelha ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*). Outro ponto favorável a ser ressaltado, está na rápida adaptação das espécies ao território brasileiro, favorecido pela similaridade edafoclimática com seu território de origem (PINHEIRO *et al.*, 2011).

Por apresentar características semelhantes ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), a espécie, de origem africana, adaptou-se positivamente às condições edafoclimáticas do Brasil, obtendo preferência na utilização em plantios comerciais devido seu atrativo retorno financeiro e a sua maior resistência a pragas causadoras de danos a madeira, quando comparado ao mogno nativo (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Em consequência do insucesso e inviabilidade de técnicas de controle biológico, químico e no controle da broca dos ponteiros (*Hypsipyla grandella*), que ataca a gema apical do mogno nativo brasileiro, uma das alternativas viáveis seria a inserção de espécies com

características similares em propriedades organolépticas da madeira, adaptação edafoclimática e proximidade familiar evolutiva. Diante tal necessidade, foi avaliado e verificado que dentro do grupo das meliáceas, especificamente no gênero *Khaya*, poderiam ser identificadas espécies de alto potencial para suprimento da demanda deixada pelo mogno nativo. Com isto, o mogno africano ganhou mercado, sendo intensificado a inserção de espécies deste gênero no Brasil, aderindo periodicamente novos produtores, principalmente da espécie *Khaya ivorensis*, e constituindo assim, uma importante alternativa para substituição do mogno nativo, que além de oferecer resistência ao ataque de pragas, fornecem madeira de ótima qualidade (ABPMA, 2020).

O cultivo do mogno africano, no Brasil, tem crescido de forma considerável nos últimos anos. Estima-se cerca de 37 mil hectares de área plantada em solo brasileiro em 2018, o que credencia o Brasil, como um dos grandes produtores do gênero *Khaya* (REIS *et al.*, 2019).

Contudo, estes plantios ainda não atingiram a idade de corte, bem como não há uma produção em larga escala. Apenas o manejo de desbaste tem sido conduzido, seja para amortizar custos, como para abertura de espaçamento nos plantios e, conseqüentemente, movimentação da madeira no mercado financeiro (BALBINO *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2019). O produto principal fica por conta da colheita final, com a obtenção de fuste com maior diâmetro, voltado ao mercado de maior valor agregado. De maneira geral, a entrada do produtor rural no segmento de produção de madeira nobre, baseia-se principalmente na alternativa para diversificar o cenário de produção agrícola e a diversificação de fonte de renda, além de promover a recuperação de áreas degradadas (REIS *et al.*, 2019).

A *K. ivorensis* é uma espécie de grande porte, que de maneira geral pode atingir altura média de 30 a 35 metros, e em condições favoráveis de habitat, pode alcançar altura média superior a 60 metros, e diâmetro de tronco chegando a 2,0 metros (RIBEIRO, *et al.* 2017; REIS, *et al.*, 2019).

Como característica botânica, a espécie pertence ao grupo das plantas monóicas, com flores masculinas e flores femininas. Tanto as flores masculinas como as femininas apresentam aparência notadamente semelhante, por este motivo sua identificação visual é dificultada. As flores além de numerosas, são esbranquiçadas, pequenas, pentâmeras e exibem aroma adocicado, suavemente odorífero, aonde também formam inflorescências como cachos compostos de ramos (panícula), axilar e com comprimento de até 20 cm. As pétalas são dispostas livremente, elípticas, contendo variação de 4,0 a 6,0 mm de comprimento por 2,0 a 4,0 mm de largura. A estrutura dos estames apresentam cerca de 5 mm de comprimento,

conectados em formato de tubo próximo ao ápice, onde pode ser verificado também a contagem de 8 a 10 anteras (LEMMENS, 2008).

Em relação às exigências climáticas, dentre outras espécies do gênero, a *K. ivorensis* possui uma das maiores capacidades de adaptação, visto que pode se estabelecer em locais com precipitação média entre 830 e 3.000 mm por ano, valores estes que se referem à menor e à maior precipitação verificada na região de origem, sendo conseqüentemente inapropriado a implantação em áreas com precipitação abaixo de 830 e acima de 3.000 mm por ano (CASAROLI *et al.*, 2018). Desta forma, a aptidão da espécie em território brasileiro se dá: 45,72% como áreas climaticamente aptas, 17,12% aptas com baixas restrições, 31,68% aptas com moderadas restrições, 5,44% aptas com elevadas restrições e 0,04% inapta (CASAROLI *et al.*, 2018).

A *K. ivorensis* possui uma boa adaptação em condições de estiagem, em média de quatro a seis meses, período na qual a planta interrompe o crescimento até a chegada de novas chuvas e condições favoráveis para retomada do crescimento. Em casos que se aplica irrigação suplementar, é possível manter o crescimento e formação de novas brotações mesmo nos períodos mais quentes (REIS *et al.*, 2019).

Outro fator relevante na caracterização da espécie, está relacionado as características físicas e tecnológicas do material lenhoso, nas quais constituem as características mais visadas e importantes da madeira, que se tornam marco referencial para a classificação do material produzido (MORESCHI, 2010). A espécie possui características tecnológicas de alta valorização de mercado como, desenho da grã, cor avermelhada a marrom, e suas propriedades físicas com densidade média de 0,47 a 0,58 g.cm<sup>-3</sup>, apresentando boa trabalhabilidade e bom acabamento (CABI, 2013; RIBEIRO, *et al.*, 2017).

Tanto no Brasil, quanto em outros países tropicais da América, as experiências de plantios comerciais do mogno nativo, apresentaram resultados evidentemente negativos, em consequência do alto grau de suscetibilidade ao ataque da broca dos ponteiros, *Hypsipyla grandella*, lepidóptero que em fase larval, afeta a dominância apical, prejudicando o crescimento do fuste. Devido a este ataque, a planta perde a dominância apical, apresentando características como tortuosidade e bifurcação, responsáveis por reduzir a qualidade do produto final e redução da volumetria total dos plantios, conseqüentemente diminuindo o valor econômico da madeira (AZEVEDO, 2018; JÚNIOR *et al.* 2019).

Algumas estratégias de controle ao lepidóptero têm sido testadas, como utilização de genótipos tolerantes, diversificação de manejo, controle biológico com aplicação de bactérias,

nematoides, vespas e fungos, assim como uso de inseticidas, que convencionalmente tem seu uso desaconselhado em virtude do hábito crítico do inseto (LUNZ *et al.*, 2009).

A principal importância do ponto de vista econômico, relacionado a cadeia produtiva da espécie *K. ivorensis*, está na utilização da madeira, tanto para ambiente interno como externo, principalmente aplicada a indústria de móveis, fabricação de painéis, laminados e marcenaria em geral, sendo aproveitado também na construção civil, equipamentos esportivos, embarcações e utensílios musicais (PINHEIRO *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2019).

O mogno africano apresenta considerável valor econômico no mercado nacional e internacional, apresenta boa adaptação e rápido crescimento nas condições edafoclimática brasileiras (REIS *et al.*, 2019). De acordo com Oliveira *et al.* (2018), o valor pago pelo metro cúbico da madeira laminada de *Khaya ivorensis*, é de aproximadamente US\$ 1.500, podendo variar de acordo com as oscilações do mercado.

Através das diversas possibilidades de utilização da madeira, verifica-se o forte comércio internacional do mogno africano, onde geralmente inclui várias espécies do gênero *Khaya* e, ainda que as características inerentes a madeira variem de forma moderada, particularmente na densidade e na tonalidade da madeira, todas são consagradas e reconhecidas no mercado. A espécie convencionalmente comercializada é a *K. ivorensis*, procedente das florestas naturais do continente africano (REIS *et al.*, 2019).

A Associação Brasileira de Produtores de Mogno Africano - ABPMA, tem reunido esforços para intensificar a inserção do mogno africano nas mais diversas aplicações e usos da madeira. Para afirmação das propriedades da madeira, foram realizados diferentes testes de qualidade e potenciais usos, com material vegetal proveniente de uma área de plantio de 18 anos de idade, localizado no estado do Pará. As toras utilizadas foram processadas de forma mecânica e distribuídas aos profissionais em forma de tábuas para formação de subprodutos de interesse econômico (REIS *et al.*, 2019).

Em adequadas condições de manejo, clima e solo, a produtividade estimada gira em torno de 14 até 25 m<sup>3</sup>/ha/ano (PINHEIRO *et al.*, 2011). Em casos específicos de áreas irrigadas, a produtividade mostra-se superior, conseqüentemente com menos tempo para corte, cabendo ao produtor a viabilidade para tal recurso (PINHEIRO *et al.*, 2011).

## 2.2 Sistemas agroflorestais (SAF's)

Os Sistemas agroflorestais (SAF's) ganham cada vez mais destaque, dentre outros fatores, principalmente por sua capacidade de mitigação de impactos ambientais, causados, principalmente, pela agropecuária tradicional. Em decorrência das grandes mudanças ocorridas no ambiente, são pesquisados e desenvolvidos sistemas de cultivo potencialmente menos impactantes e com capacidade de minimização dos efeitos de degradação da pecuária tradicional (SANTOS *et al.*, 2018).

De acordo Amador (2003), na maior parte do território brasileiro, e em suas diversas regiões é possível encontrar áreas degradadas e por consequência a supressão vegetal desenfreada e ilegal, causando redução de biodiversidade e o aumento na possibilidade da extinção de espécies, tanto vegetal como animal.

No ano de 2012 foi sancionado a Lei Nº 12.651, conhecida como o novo Código Florestal Brasileiro, que estabeleceu novas diretrizes e procedimentos para recuperação, proteção e conservação da vegetação nos mais variados tipos de biomas que formam o território brasileiro (BRASIL, 2012). Com a efetivação da nova legislação ambiental, foi implementado o Programa de Regularização Ambiental (PRA), onde crescentemente se faz necessário a busca por novas alternativas em relação modelo convencional de recuperação e restauração florestal. Apesar da evidente importância para com a regularização e reestabelecimento ambiental do imóvel rural, promovendo recuperação e proteção de áreas de preservação permanente (APP) bem como, a regulamentação, delimitação e conservação da Reserva Legal (RL), é perceptível a aplicação de elevados custos para implantação de projetos de adequação ambiental da propriedade, tornando por vezes um empecilho principalmente para os pequenos produtores rurais (MICCOLIS *et al.*, 2016).

Para tanto, o Código Florestal Brasileiro estabelece também a utilização de sistemas agroflorestais para recuperação das áreas com passivos ambientais, ou seja, o empreendedor rural tem a possibilidade de recuperar seu dano causado ao meio ambiente de forma produtiva e rentável para minimização de custos (BRASIL, 2012).

Todavia, os SAF's não estão voltados somente para utilização em adequação ambiental e regularização fundiária, mas também em grande parte como investimentos particulares, tendo como aplicação principal a popular "aposentadoria verde", termo utilizado para definir o considerável retorno obtido com as espécies florestais em longo prazo (BERNARDES, 2019).

Neste sentido, os SAF's constituem-se em importante forma de manejo, na qual espécies arbóreas são cultivadas em consórcio com espécies agrícolas ou de animais, seja em uma mesma área ou de forma sucessiva ao longo do tempo proporcionando a criação de diferentes composições de sistemas produtivos, na qual possibilita a formação de agroecossistemas de alta complexidade e dinamicidade, em que as relações solo, água e planta acontecem no ambiente proporcionando aumento da biodiversidade. De fato, o arranjo destes sistemas pode representar o estímulo econômico e proporcionar a restauração florestal (BALBINO *et al.*, 2011).

Aos SAF's são atribuídos a definição de cultivos múltiplos formados de, pelo menos, uma espécie destinada a produção agrícola e uma espécie florestal. De modo geral, os SAFs são implementados levando em conta algumas das seguintes finalidades: diversificação de produção, elevação dos teores de matéria orgânica no solo, ciclagem e mineralização de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio atmosférico, alteração benéfica do microclima local e melhoria dos sistemas de produção, tendo em vista sempre o conceito de produção e desenvolvimento sustentável (SOMARRIBA, 1992).

Laudares *et al.*, (2017) relata que para a composição dos SAFs, alguns aspectos negativos também podem ser identificados, e que precisam ser orientados. O primeiro diz respeito ao conhecimento técnico sobre as melhores combinações para cada região ou a finalidade de aplicação do SAF's. Para formação de um sistema de integração não existe uma receita pronta, assim, pesquisadores, técnicos e produtores precisam interagir para compartilhamento de conhecimento e testar métodos que possam melhorar o uso e o gerenciamento dos recursos naturais, garantindo a conservação do meio ambiente, a rentabilidade e ganhos sociais. O segundo aspecto é sobre o SAF ser um sistema incomum que causa desconfiança nos agricultores, o que dificulta a adoção desse sistema. Finalmente, a interação de várias espécies na mesma área torna o manejo mais complexo, exigindo mais conhecimento e habilidades técnicas e científicas.

Outros trabalhos consideram que o custo inicial de implementação do sistema pode ser mais elevado, principalmente quando as mudas de espécies florestais precisam ser compradas em viveiros. O gerenciamento de um SAF's requer mais tempo e é mais difícil se considerar a mecanização quando comparado a outros sistemas de cultivo. O componente florestal, quando implantado de forma inadequada pode reduzir o rendimento de culturas agrícolas e pastagens (LUNZ *et al.*, 1998; COSENZA *et al.*, 2016). No entanto, com a aplicação adequada de técnicas de manejo e a posterior venda dos produtos agrícolas é possível obter resultados satisfatórios, e minimizar os custos iniciais de implantação dos SAF's, amortizando os gastos.

Embora os SAF's não atendam a todos os serviços ambientais da mesma forma que a vegetação natural, a ideia de ocupação dessa forma de agricultura integrada promove ganhos significativos para o meio ambiente quando comparado às monoculturas, seja na conservação do solo, proteção contra erosão, aumentar a taxa de infiltração de água e garantir a sustentabilidade da produção (LAUDARES *et al.*, 2017).

Os SAF's podem oferecer alternativas menos danosas ao ambiente, auxiliando na regressão de processos de degradação, atuando na promoção do aumento da biodiversidade vegetal e animal, além propiciar melhoria e o avanço das condições socioeconômicas para o homem do campo (MAGALHÃES *et al.*, 2014). Outros benefícios dos sistemas agroflorestais, que podem ser listadas são: o sistema de trabalho mais confortável devido ao uso do componente arbóreo, que promove sombras e influenciando no rendimento e no aumento de desempenho do trabalho; diminuição da abertura de novas áreas, pois reduz a necessidade de cortar e queimar a floresta para expansão de cultivos; provável redução de pragas e doenças devido ao equilíbrio biológico proporcionado no agroecossistema local; utilização de várias espécies e consequentes demandas nutricionais que permitem uma melhor utilização dos recursos naturais disponíveis; aumenta e melhora a distribuição da renda familiar; boa alternativa para recuperar áreas degradadas, pois permite o uso de espécies nutricionalmente pouco exigentes, capazes de melhorar a produtividade do solo; e redução do êxodo rural devido ao fato de o sistema poder manter a terra produtiva ao longo do ano (LUNZ *et al.*, 1998; MARTINKOSKI *et al.*, 2013; COSENZA *et al.*, 2016).

Além de alcançar maior diversidade de produtos, esses sistemas, quando gerenciados adequadamente, podem potencializar os efeitos benéficos das interações entre animais, culturas e componentes arbóreos, possibilitando a exploração dos benefícios oferecidos pelo processo de diversidade e sucessão (BALBINO *et al.*, 2011).

A formação de SAF's pode condicionar na área localmente utilizada, aumento da fertilidade do solo, qualidade e volume de serrapilheira, e atuar no favorecimento dos estágios sucessionais mais avançados da biota e microbiota edáfica (RIBEIRO *et al.*, 2019). Os SAF's condicionam maior cobertura do solo, promovem maior decomposição da serapilheira, que por consequência disponibiliza mais nutrientes ao solo através da ciclagem e favorecem a manutenção local da fauna e da flora, com isso, propiciam um contínuo aporte de matéria orgânica ao solo, demonstrando também a importância de serviços ecossistêmicos (YADAV *et al.*, 2008). Outra vantagem das agroflorestas é a redução do efeito sazonal, possibilitando maior diversificação de produtos explorados durante uma mesma época (BALBINO *et al.*, 2011).

A produtividade em ecossistemas agroflorestais ou em cultivo puro, está relacionado em grande parte, ao processo de conversão do material de origem orgânica presente no ambiente e, conseqüentemente, da atuação participativa da microbiota presente no solo. Este importante componente, decompositor e transformador de resíduos em elementos minerais do solo, é um importante indicador ecológico. Considera-se então, a biomassa microbiana, agente influenciador em diversos processos ecossistêmicos naturais que formam um depósito de nutrientes, que atua diretamente na base da formação de energia disponíveis para os vegetais. O carbono orgânico presente no solo é, essencialmente, importante para análise e compreensão da ciclagem do resíduo orgânico, bem como, eficiente indicador para características de qualidade do solo (JENKINSON *et al.*, 1981; NEVES *et al.*, 2009).

Com relação a estruturação dos sistemas agroflorestais, os componentes são determinados a partir das necessidades e propósitos dos produtores envolvidos. Os principais componentes incluem árvores, culturas agrícolas, animais e produção de pastagens (MARTINKOSKI *et al.*, 2013).

Segundo a classificação adotada, os SAF's podem ser caracterizados de acordo com aspectos funcionais e estruturais. Sendo assim, os sistemas agroflorestais adotados no Brasil são classificados como sistemas silviagrícolas, sistemas silvipastoris e sistemas agrossilvipastoris (NAIR, 1993; PALUDO *et al.*, 2012).

Na implantação dos sistemas silviagrícolas, são consorciados componentes que pertencem ao grupo das espécies arbóreas, em conjunto ao cultivo de espécies anuais agrônomicas. Estes sistemas também são conhecidos como sistema de integração de lavoura floresta (PALUDO *et al.*, 2012). O componente agrícola pode ser utilizado tanto na fase inicial no período de implantação do componente arbóreo, bem como na formação de diferentes ciclos durante a evolução e o desenvolvimento do sistema (BALBINO *et al.*, 2011; PALUDO *et al.*, 2012). No Brasil, este consórcio entre espécies arbóreas e agrícolas, pode ser empregado em sistemas conhecidos como em aleias, sistema *taungya*, cercas vivas e sistemas multiestados (TORRES *et al.*, 2014; VELASQUES *et al.*, 2015).

De acordo com Balbino *et al.* (2011), os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, apresentam uma contínua oferta de matéria orgânica do solo (MOS), devido a diversidade de árvores, folhas, arbustos e plantas herbáceas que aos poucos formam a serrapilheira do solo, além dos resíduos da fauna local, que com aumento de diversidade tendem a frequentar e promover ambiência aleatoriamente na área, com significativas melhorias dos atributos químicos e físicos, e também no acúmulo de carbono na biomassa vegetal e no solo.

Em regiões parcialmente secas, onde a disponibilidade de água acaba sendo um dos principais fatores limitantes para produção agrônômica, a diversificação de um SAF pode atenuar o efeito da evaporação do solo, mediante a manutenção dos resíduos vegetais depositados como cobertura na superfície da área de cultivo, promovendo a manutenção da umidade em níveis mais elevados por um maior período de tempo (YADAV *et al.*, 2010).

### 2.3 Sistema *taungya* e suas características

O sistema *taungya* sistema foi inicialmente desenvolvido na Ásia, em Myanmar, com a finalidade de eficiência e redução do custo de condução de uma floresta de importância econômica, principalmente nas formações de povoamentos florestais com a espécie *Tectona grandis* (LAMPRECHT, 1990; SCHLONVOIGT, 1998).

O objetivo original com o sistema *taungya* era reduzir o desmatamento pelo antigo método de plantio itinerante e, ao mesmo tempo, torná-lo possível para a população local produzir seu próprio alimento. É importante notar que os agricultores mantêm seus cultivos agrícolas tradicionais e o provimento de recursos em curto prazo, contudo o objetivo principal e responsável pela renda em longo prazo são áreas florestadas com finalidade produtiva. Nesse sentido, o sistema *taungya* se encaixa bem no conceito do uso múltiplo da terra, sendo visto como uma prática sustentável quando gerenciado corretamente e como uma abordagem importante para atender às necessidades da população de agricultores (MEDEIROS *et al.*, 2015; NIGUSSIE *et al.*, 2020).

Outro ponto positivo anteriormente citado está relacionado ao disposto no Código Florestal, onde se aprovou a utilização e ocupação das faixas de entrelinhas florestais, por um período de dois anos, com cultivo agrônômico temporário, o que equivale às características encontradas no sistema *taungya* (BRASIL, 2012). Ao introduzir componentes florestais, novas espécies de animais, microorganismos de variados nichos são naturalmente atraídos e incorporados ao novo ambiente, e que contribuirão para maior biodiversidade do agroecossistema.

Daronco *et al.* (2012), afirma que a implantação de espécies florestais, associada a cultivos agrícolas gera importante sustentabilidade no SAF. De acordo com o autor, o sistema de *taungya*, apresenta relevantes resultados do ponto de vista econômico, ambiental e social, quando comparado a outros sistemas tradicionais de cultivo, com ênfase na monocultura.

Rodrigues *et al.* (2007), desenvolveram uma pesquisa no assentamento de trabalhadores rurais sem terra em Santa Zelia, município de Teodoro Sampaio, no Estado de São Paulo, em uma área de Reserva Legal, onde famílias restauraram a área utilizando o sistema de

*taungya*. De acordo com os autores, as famílias realizaram o preparo do solo e, para evitar os processos de erosão usaram plantas como feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e labe-labe (*Dolichos lablab*), espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio. Ainda, de acordo com os autores, o SAF era uma estratégia relevante pois as condições edafoclimáticas da região eram inadequadas para realização de cultivo e desenvolvimento de diversas culturas agrícolas.

No sistema *taungya*, a espécie com destinação madeireira é plantada de modo que também possa ser estabelecido, nas entrelinhas, o cultivo agrícola de ciclo curto. As receitas obtidas pela venda dos produtos agrícolas ajudam a amortizar o custo de plantio das espécies florestais madeireiras (NIGUSSIE *et al.*, 2020)

Esse sistema pode ser recomendado para os produtores rurais que desejam realizar adequação ambiental do imóvel rural, como também para pequenos produtores que destinam área para produção madeireira, e de certa forma precisam reduzir os custos de manutenção e estabelecimento de suas propriedades, sendo assim atribuindo tal sistema para áreas que apresentam potencial florestal e que não estejam degradadas. (WEZEL *et al.*, 2013).

As interações estabelecidas no referido modelo de integração incluem a possibilidade de interferências entre os componentes do sistema, como sombreamento e competição dos componentes arbóreos nos cultivos. A competição acontecerá mediante, a seleção de espécies cultivadas, a disposição das fileiras das arbóreas, densidade e espaçamento, juntamente com o tipo de manejo aplicado, como possíveis podas. O sombreamento que ocorre naturalmente através do desenvolvimento das árvores, após alguns anos de implantação, determina a finalização do consórcio e o início do manejo da floresta em monocultura. A duração e período de colheita dependerão das características de cada componente (IMO, 2008).

Desenvolver soluções econômicas viáveis e práticas eficientes de manejo agropecuário possibilitam ao homem do campo a conquista de melhores condições de vida, enquanto colabora positivamente com a recuperação e preservação de remanescentes florestais e demais ambientes degradados (DARONCO *et al.*, 2012). A consorciação com culturas agrícolas, ao menos nas fases iniciais de implantação da floresta, se apresenta como alternativa que pode tornar a recuperação de áreas degradadas, uma opção mais atrativa financeiramente para o agricultor (NIGUSSIE *et al.*, 2020), bem como na implantação de plantios florestais econômicos.

A produção de SAF's sob regime de integração de culturas tem característica de investimento o retorno a médio e longo prazo já que o componente florestal é o principal aporte do sistema e envolve um elevado capital investido, sendo assim, o modelo *taungya*, apresenta como uma de suas principais vantagens, a diminuição dos custos iniciais de

implantação e manutenção nos primeiros anos das plantações florestais. (MEDEIROS *et al.*, 2015).

## **OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

Objetivou-se avaliar os efeitos da consorciação de culturas agrícolas (feijão-caupi, milho e mandioca) sobre a sobrevivência, o crescimento de mogno africano e o impacto econômico e ambiental em área degradada na região Oeste do Maranhão.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Verificar o efeito dos sistemas de cultivo no crescimento de *Khaya ivorensis*;
- Verificar possíveis alterações nas propriedades químicas, granulométricas e bacteriológicas do solo sob os três modelos de implantação adotados;
- Determinar os custos das técnicas de plantio puro e no sistema *taungya*, bem como o retorno econômico dos diferentes modelos na amortização dos custos de implantação.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Porto Franco (FIGURA 1), região Oeste Maranhense localizado entre as coordenadas geográficas  $6^{\circ}17'17.50''S$  /  $47^{\circ}21'52.42''W$ , e altitude de 162 m. A propriedade rural está situada aproximadamente a 718 km da capital São Luís. O experimento foi conduzido entre os meses de Janeiro de 2019 e Janeiro de 2020.



FIGURA 2. Mapa do Brasil, do estado do Maranhão e localização do município de Porto Franco-MA, em amarelo.

Fonte:<https://www.diretorioderuas.com/BR/Maranhao/MesorregiaoSulMaranhense/Microrregiao-De-Porto-Franco>. (2018) (Modificado).

O município de Porto Franco faz parte do bioma cerrado, inserido na faixa noroeste deste bioma, no qual abrange a porção territorial da Amazônia Legal brasileira caracterizada pela transição do bioma amazônico para o cerrado.

Antecedendo o processo de preparo da área e plantio das espécies agrícolas e do mogno africano, foram coletadas amostras de solo para realização de análise química, granulométrica e bacteriológica. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

A área de estudo faz parte da bacia hidrográfica do Rio Tocantins, localizada as margens da rodovia federal BR-010 (FIGURA 2).



FIGURA 2. Referenciamento da área experimental no município de Porto Franco, Maranhão, Brasil.

Os dados referentes à precipitação e temperatura registrados na região do estudo podem ser verificados na figura 3.

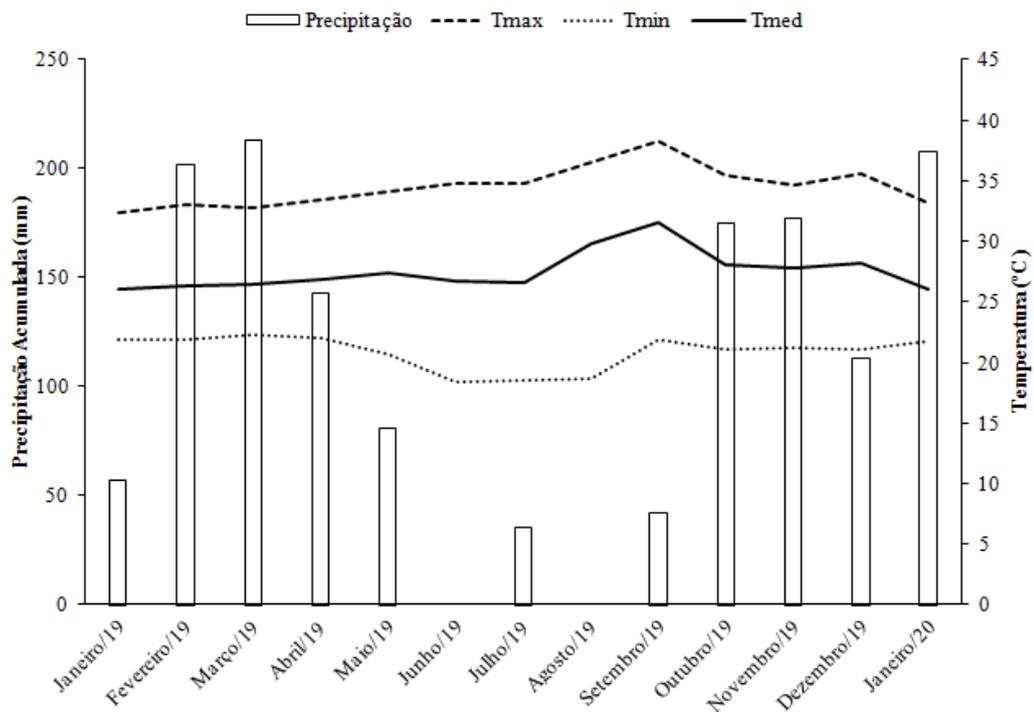


FIGURA 3. Precipitação acumulada e temperatura (máxima, média e mínima) ao longo do período experimental (janeiro/2019 a janeiro/2020), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

## 4.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi constituído de três tratamentos, descritos na Tabela 1. Foi usado o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições.

TABELA 2. Descrição dos tratamentos, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

Tratamentos	Descrição
<b>T1</b>	Plantio puro de mogno africano.
<b>T2</b>	Sistema consorciado mogno africano + milho + mandioca.
<b>T3</b>	Sistema consorciado mogno africano + feijão-caupi + milho.

## 4.3 Implantação e condução do experimento

### 4.3.1 Preparo da área

Foram avaliados e conduzidos três modelos de sistemas de produção, que seguem: o sistema de plantio puro (monocultura) da espécie florestal, e duas composições do sistema de *taungya* (plantio consorciado).

O preparo da área foi realizado com auxílio de pá-carregadeira, foices e facões. Como a área experimental se encontrava em estado de pousio por aproximadamente cinco anos, foi realizada a limpeza prévia para remoção do remanescente de vegetação, e posteriormente foi efetuada uma aração e uma gradagem.

Paralelo a isto, a área experimental foi percorrida em seu interior e ao seu redor em até 100 metros de distância, para identificação e controle de formigueiros e cupinzeiros.

### 4.3.2 Plantio do mogno africano (*Khaya ivorensis*)

As mudas de mogno africano foram produzidas em viveiro localizado na propriedade rural onde foi conduzido o experimento. A obtenção de sementes foi realizada em empresa especializada. A semeadura foi realizada diretamente no recipiente do tipo saco plástico com capacidade volumétrica de 1.050 cm<sup>3</sup>.

O plantio das mudas foi realizado no dia 18 de janeiro de 2019. A parcela experimental foi constituída por seis fileiras úteis, espaçadas de três metros entre fileiras e três metros entre plantas. Uma única fileira lateral em cada parcela serviu como bordadura para as parcelas vizinhas, onde foram avaliadas 36 plantas úteis.

As adubações foram estabelecidas de acordo análise de solo. Constatou-se que os níveis de acidez estavam dentro do padrão de plantio, sem a necessidade de aplicação de calcário. As mudas de mogno africano foram plantadas em covas (30 x 30 x 30 cm) abertas com cavadeira manual articulada. Para fertilização de plantio, foram aplicados 100 g por cova de 4-30-10 (N-P-K). A adubação foi feita no fundo das covas, e posteriormente realizou-se o plantio das mudas. Para adubação de cobertura, foi aplicado a dose de 100 g por planta de 20-00-20 (N-P-K) um mês após o plantio e outra aos 12 meses após o plantio. Para a aplicação de cobertura foi utilizado adubadeira manual (matraca), previamente calibrada, onde foram abertas seis covas em formato circular ao raio central de cada planta, com uma distância média de 12 cm da região do colo.

Para o controle da vegetação invasora, além de capinas manuais com enxadas e semi-mecanizadas com roçadeira, utilizou-se, também, herbicida 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride (Dicloreto de Paraquate) na dosagem de 2 litros por hectare, no controle pós-emergente, aos 2, 4, 5 e 11 meses após plantio. As manutenções de limpeza na área do experimento foram realizadas à medida que era identificado a necessidade de intervenção, decorrente do aumento de plantas invasoras. Ao redor de cada planta da espécie florestal também foi efetuado o coroamento, com raio de um metro.

#### **4.3.3 Plantio do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*)**

O feijão-caupi utilizado foi o, regionalmente conhecido como, “feijão manteiguinha”. O cultivo do primeiro ciclo de produção agrícola iniciou após a realização do plantio da espécie florestal, no dia 20 de janeiro de 2019, realizando a semeadura com auxílio de plantadeira/adubadeira manual (matraca). O cultivo do feijão foi efetuado na faixa central das entre linhas do mogno africano, semeado em linha tripla, com distanciamento de um metro de cada lado para espécie florestal (FIGURA 4). O espaçamento adotado para o feijão foi de 0,33 metros nas entrelinhas e a calibragem da matraca com densidade média de oito sementes por metro.

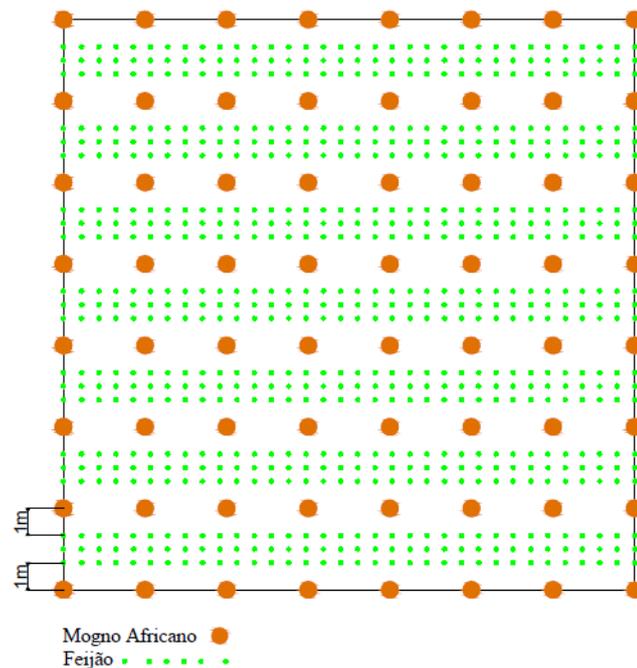


FIGURA 4. Ilustração do cultivo do feijão-caupi "manteiguinha" nas entrelinhas de mogno africano, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

No período que antecedeu ao plantio da cultura, as sementes de feijão receberam tratamento com inseticida tiodicarbe + imidacloprido na quantidade de 280 ml para 100 kg de semente.

A adubação realizada seguiu os resultados encontrados na análise química do solo, adotando as recomendações de Chagas *et al.* (1999) para a cultura do feijão. Para a adubação de plantio utilizou-se a aplicação de 250 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 4-30-10. Não houve aplicação de fertilizantes em cobertura devido à baixa exigência nutricional da cultura, e considerando os teores nutricionais já encontrados no solo.

Para o controle de plantas daninhas, foi feita a limpeza das parcelas com capina manual, em período intermediário ao ciclo da cultura, e em período final após colheita total do feijão, para dar início ao ciclo agrícola subsequente.

Durante o período de avaliação da cultura do feijoeiro, foi observada a presença da cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*), vaquinha-verde-amarela (*Diabrotica speciosa*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Para efetuar o controle, fez-se a aplicação de 100 ml ha<sup>-1</sup> de alfaciano - 3 - fenoxibenzil - 2,2 - dimetil - 3 - (2,2-diclorovinil) - ciclopropano carboxilato (Cipermetrina) com aplicações aos 30 e 60 dias após plantio.

Foram feitas três colheitas, de forma manual, sendo a última já na fase de senescência natural da espécie, e posteriormente efetuado o arranquio das plantas com subsequente enleiramento na entrelinha do Mogno africano.

#### 4.3.4 Plantio do milho (*Zea mays*)

O cultivo do milho esteve presente em dois tratamentos do sistema *taungya*, portanto dois ciclos distintos de plantio. O primeiro cultivo de milho foi realizado no tratamento T2 composto por Mogno africano + milho + mandioca, e iniciou logo após a realização do plantio da espécie florestal, no dia 20 de janeiro de 2019, realizando a semeadura com auxílio de plantadeira/adubadeira manual (matraca). O segundo cultivo de milho foi realizado no tratamento T3 composto por Mogno africano + feijão-caupi + milho, no dia 23 de novembro de 2019. Para o plantio do milho, foram selecionadas as faixas centrais das entrelinhas do mogno africano, nas parcelas correspondentes a cada tratamento, onde foram semeadas em duas fileiras de plantio, com distanciamento de um metro de cada lado para espécie florestal (FIGURA 5). O espaçamento adotado foi de um metro entre as linhas e a calibragem da matraca com densidade média de seis sementes por metro.

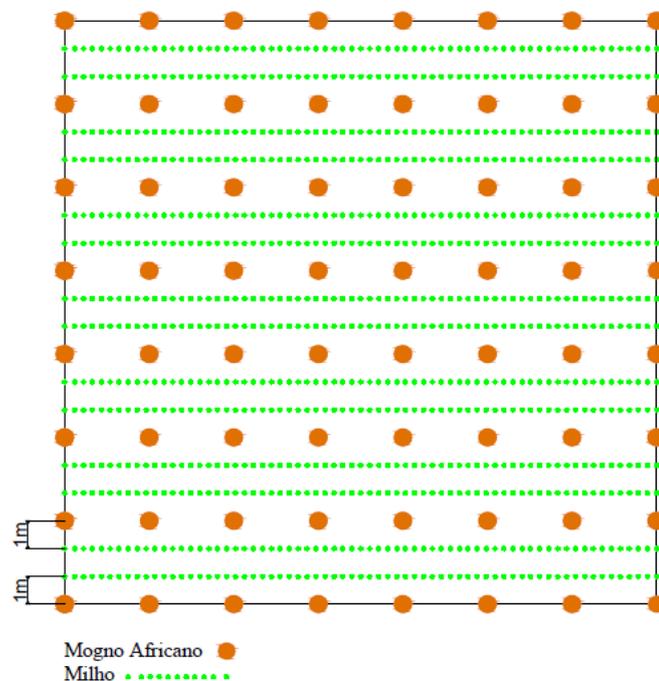


FIGURA 5. Ilustração do cultivo do cultivo de milho nas entrelinhas de mogno africano, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

As sementes de milho foram adquiridas diretamente de produtor rural, onde foram utilizadas aproximadamente 3,0 kg de sementes da cultivar híbrida CD 384PW.

A adubação realizada seguiu os resultados encontrados na análise química do solo, adotando as recomendações de Freire *et al.* (1999) para a cultura do milho. Para a adubação de plantio utilizou-se a aplicação de 350 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 4-30-10, e em cobertura a aplicação de 350 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 20-00-20, introduzidos nas linhas de cultivo. Durante a cobertura foram utilizados dosadores com aplicação manual a lanço com distanciamento médio de 12 cm para região do colo das plantas de milho.

Para o controle de plantas daninhas, foi feita a limpeza das parcelas com capina manual, em período intermediário ao ciclo da cultura, e em período final após colheita total do milho, para dar início ao ciclo agrícola subsequente. Não foi observada a presença de pragas e doenças, durante os ciclos da cultura.

A colheita do milho verde foi realizada de forma manual quando os grãos apresentavam endosperma amarelo e leitoso. Após a colheita foi realizada a separação das espigas destinadas a venda como milho verde e o descarte das espigas não comerciais, com destinações diversas para milho seco. Logo após foi efetuado o arranquio das plantas com subsequente enleiramento na própria entrelinha do mogno, na forma de palhada para formação de cobertura morta.

#### 4.3.5 Plantio da mandioca (*Manihot esculenta*)

O plantio da mandioca foi realizado no tratamento T2 composto por Mogno africano + milho + mandioca, no dia 30 de junho de 2019. Foi efetuado na faixa central das entrelinhas do mogno africano, onde foi cultivada em linha simples de plantio, com distanciamento de 1,5 metros da espécie florestal. Foi adotado uma fileira única com uma planta por metro (FIGURA 6).

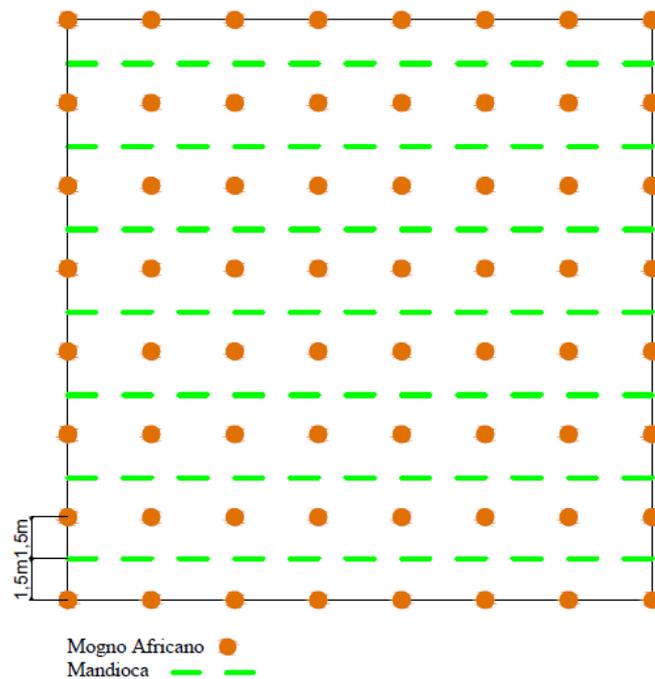


FIGURA 6. Ilustração do cultivo da mandioca nas entrelinhas de mogno africano, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

A variedade de mandioca utilizada foi a popularmente conhecida como “água fria”, tradicional em cultivos da região sudoeste maranhense. A variedade é caracterizada como mandioca de mesa, sendo obtida através de manivas já cultivadas na própria fazenda. Antes do cultivo da mandioca foi realizada uma limpeza das entre linhas do mogno africano, com a utilização de ferramentas manuais, como enxada e facão. Após isto, o plantio da mandioca foi realizado de forma manual, com o manuseio de enxada para abertura de covas, onde posteriormente foi feito o plantio das manivas-semente, utilizando-se ramas do terço médio da planta, com aproximadamente 20 cm de comprimento, contendo em média cinco gemas e três centímetros de diâmetro (FIALHO *et al.*, 2011).

A adubação realizada seguiu os resultados encontrados na análise química do solo, adotando as recomendações de Nogueira *et al.* (1999) para a cultura da mandioca. Para a adubação de plantio utilizou-se a aplicação de 350 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 4-30-10, e não houve aplicação de fertilizantes em cobertura.

Para o controle de plantas daninhas, foi feita a limpeza das parcelas com capina manual, em período intermediário ao ciclo da cultura, e em período final após colheita total da mandioca. Não foi observada a presença de pragas e doenças, durante o ciclo da cultura.

A colheita foi realizada efetuando o arranquio das plantas com subsequente enleiramento na própria entrelinha do mogno.

#### **4.4 Coleta de dados e avaliações**

##### **4.4.1 Cultura do mogno africano (*Khaya ivorensis*)**

Foram realizadas cinco avaliações, trimestrais, da cultura florestal (0, 3, 6, 9 e 12 meses após plantio), com medições de altura de plantas (m) e diâmetro ao nível do solo (mm), nos três sistema de manejo.

A medição da altura foi realizada com fita métrica, e régua graduada para alcance de até cinco metros, e o diâmetro à altura do solo com paquímetro digital. Com os dados de altura e diâmetro foi realizado o cálculo do incremento em altura e em diâmetro  $(X_n - X_1 / X_1 * 100)$ , sendo  $X_1$  o período inicial e  $X_n$  o período final, sendo  $X_n$  sempre a avaliação subsequente.

A sobrevivência do mogno africano em campo foi estabelecida com base no número de plantas vivas aos trinta dias após plantio.

##### **4.4.2 Cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*)**

Para a avaliação do feijão-caupi foram realizadas três colheitas sucessivas, aos 63, 66 e 70 dias após a semeadura, obedecendo ao ciclo fenológico da cultura e a diferença de maturação das vagens. Foram avaliadas as seguintes características: comprimento médio de vagem, utilizando régua graduada; Peso de vagem, utilizando balança com sensibilidade de 0,001g; Número médio de grãos por vagem; Massa seca da planta, que foi coletada toda a parte aérea das plantas, em um metro linear, em cinco pontos distintos dentro da parcela. Posteriormente as plantas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 80°C por 72 horas, e pesadas individualmente. Para quantificar a produtividade total da cultura, realizou-se a pesagem de todo o material produzido por parcela, em kg, e posteriormente extrapolados para a representação por hectare.

Com relação à produção do feijão-caupi, os bens obtidos na colheita foram destinados à venda sob duas diferentes formas tradicionalmente comercializada na região. Na forma de vagem verde (mói) (Figura 7), e como grãos secos.



FIGURA 7. Feijão em vagem verde (mói), cultivado sistema *taungya*, localizado no município de Porto Franco-MA.

#### 4.4.3 Cultura do milho (*Zea mays*)

Aos 85 dias após a semeadura no tratamento T2 e aos 88 dias após semeadura no tratamento T3, a cultura do milho foi avaliada em relação a: altura de plantas, com tomada estabelecida entre a base (solo) e a inserção da última folha desenrolada (folha bandeira); Seleção de 20 espigas comerciais por parcela para medição do comprimento com e sem palha, a medição do diâmetro das espigas com e sem palha, tomado na região mediana das espigas; Porcentagem de espigas comerciais: estabelecido através da razão entre o número de espigas comercializáveis e o número de espigas total; e para quantificar a produtividade total da cultura, foi determinada a massa total de espigas com palha, massa de espigas sem palha, mediante valor médio do peso das espigas sem palha da parcela. Após obtenção dos dados de produtividade total por parcela, em kg, foram estimados os valores por hectare.

Para padronizar as espigas com características comerciais foram adotados os critérios de comprimento das espigas maiores que 15 cm e diâmetro maiores que três centímetros, e ainda espigas isentas de pragas e doenças (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008).

#### 4.4.4 Cultura da mandioca (*Manihot esculenta*)

Aos 285 dias após o plantio, foi realizado levantamento de dados da cultura da mandioca de acordo as seguintes características avaliadas: altura de plantas: medida a partir da base (solo) até a parte mais alta da planta, com uso de trena graduada; Diâmetro do caule, sendo medido a 20 cm de altura do solo, com paquímetro digital, no momento da colheita; Número de bifurcações presentes no caule: compreendido através da contagem das bifurcações presentes na haste principal do caule; e para quantificar a produtividade total da cultura, realizou-se a pesagem de todo o material produzido por parcela, em kg, e posteriormente foram estimados os valores por hectare.

#### 4.5 Análises química, granulométrica e bacteriológica do solo

Para caracterização da fertilidade do solo e sua comparação entre os tratamentos foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm e de 0 a 40 cm em duas épocas distintas. A primeira coleta foi realizada antecedendo a implantação do experimento, e a segunda coleta aos doze meses após o plantio do mogno africano. Na análise química do solo foram determinados o pH do solo, os teores macro e micronutrientes, Matéria Orgânica, H + Al, a Soma de Bases, a Capacidade de Troca Catiônica e a Saturação por Bases, de acordo metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

A caracterização química foi determinada obtendo-se uma amostra composta formada por 10 amostras simples, coletadas de forma aleatória, com um trado tipo sonda, na área de cada uma das parcelas.

As amostras simples (n=10) foram misturadas, formando amostras compostas, que, em seguida foram acondicionadas em tubo falcon e levadas ao laboratório para determinação do número de bactérias por grama de solo, pelo método da contagem viável em placa.

Para avaliar a influência das diferentes práticas de manejo sobre a população microbiana, tomou-se amostras de solo por parcela, na profundidade de 0-5 cm, de forma aleatória na linha e entre linha de plantio da espécie florestal. A coleta de amostras foi realizada antes do plantio e aos três meses após o plantio.

Foram pesados 10 g de cada amostra de solo e colocados em erlenmeyer contendo 100 mL de solução salina (0,85%) esterilizada. Outra subamostra de 10 g de solo foi pesada e colocada para secar em estufa a 80 °C, por 24 horas, para determinação do peso seco de cada amostra. O solo colocado no erlenmeyer foi, então, homogeneizado e antes de sedimentar, foi pipetado 1 mL do extrato e colocado em tubo de ensaio com 9 mL da solução salina. Assim, a diluição realizou-se de forma seriada até  $10^{-6}$ .

Após a diluição foram pipetados 0,1 ml para placas petri contendo meio de cultura ágar-nutriente para bactérias totais (Bunt e Rovira, 1955). Os inóculos foram espalhados pelas placas em duplicata com o auxílio da alça de Drigalsky. As placas foram, então, inoculadas a 28 °C, de forma invertida, por dois dias, para contagem das bactérias. As diluições com número de unidades formadoras de colônia (UFC) entre 2 e 200 foram contadas e os resultados finais expressos em número de microrganismos por grama de solo, dados pela seguinte fórmula:

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de microrganismos}}{\text{grama de solo}} = \frac{(\text{N}^{\circ} \text{ de colônias}) \times \left(\frac{1}{\text{fator de diluição}}\right) \times \left(\frac{1}{\text{alíquota}}\right)}{\text{peso seco do solo}}$$

#### 4.6 Análise econômica

Para a avaliação comparativa de custos e receitas entre os tratamentos, todas as operações de implantação, plantio, manutenção, colheita e manejos foram contabilizados e os rendimentos operacionais registrados. Os dados das culturas agrícolas foram coletados ao final de cada ciclo de cultivo. A partir desses dados, avaliou-se a produtividade efetiva de cada componente, considerando a área efetiva de plantio, em cada ciclo.

Para realização do cálculo de custo de produção, utilizou-se a estrutura do custo operacional total proposta por Matsunaga *et al.* (1976), e implementado pelo Instituto de Economia Agrícola - IEA. Foi calculado, individualmente, para cada tratamento o custo operacional efetivo (COE), que é integrado pelas despesas diretas, como operações manuais, operações mecanizadas e materiais consumidos. Posteriormente, o COE foi adicionado às despesas de depreciações de instalações e equipamentos, formando o cálculo do custo operacional total (COT).

Para o cálculo das medidas de resultados econômicos, deste trabalho, foi envolvida a obtenção de custos sobre mão de obra, insumos e uso de máquinas, nos quais, foram verificados em preços pagos e através de consulta a empresas que atuam no mercado regional. O valor de venda dos produtos agrícolas foi obtido em consulta aos valores trabalhados no mercado regional.

Avaliando também, a rentabilidade econômica que segue a utilização das tecnologias aplicadas em estudo, utilizou-se medidas de resultado econômico, mediante formação de indicadores, como, margem bruta e margem líquida segundo Martin *et al.* (1998), assim,

levando em conta os diferentes produtos em consórcio ao final de cada ciclo e o quanto este retorno econômico contribui para amortizar os custos de implantação dos sistemas propostos.

#### 4.6 Métodos de avaliação econômica

O método utilizado para medir a eficiência econômica entre os modelos de produção propostos neste trabalho foi a metodologia descrita por Lopes *et al.* (2004), onde:

- Custos de produção

Custo operacional efetivo (COE): É proveniente dos desembolsos monetários realizados durante o processo produtivo, ou seja, tudo o que foi gasto com pré-plantio, plantio, tratamentos culturais e colheita.

Custo operacional total (COT): É proveniente do somatório dos COE, depreciação de instalações e benfeitorias e a remuneração do produtor. Sendo expresso pela fórmula abaixo:

$$\text{Depreciação} = (V_i - V_f) / V_u$$

Onde:  $V_i$  = Valor inicial;  $V_f$  = Valor final (foi considerado 40% do  $V_i$ );  $V_u$  = Vida útil.

$$\text{COT} = \text{COE} + \text{Depreciação} + \text{Remuneração do produtor}$$

Custo total (CT): É proveniente do somatório do COT e custo de oportunidade (CO). O CO foi calculado referente ao valor que poderia ser obtido caso o dinheiro fosse investido em uma caderneta de poupança com rendimento de 6% ao ano, ou seja, foi calculado 6% em cima do COE, mais o aluguel da área por ano. Sendo expresso pela fórmula abaixo:

$$\text{CO} = \text{Remuneração pelo rendimento em caderneta de poupança} + \text{Aluguel da área} + \text{COE} + \text{Depreciação} + \text{Remuneração do produtor}$$

$$\text{CT} = \text{COT} + \text{CO}$$

- Medidas de resultados econômicos

Receita bruta (RB): Foi obtida multiplicando-se a produção das culturas em cada tratamento pelo valor do produto pago ao produtor no momento da sua venda. Sendo expresso pela fórmula abaixo:

$$\text{RB} = \text{Produção por hectare} \times \text{Preço do produto no momento da venda}$$

A taxa de retorno e a remuneração principal do produtor estão baseadas no cultivo do mogno africano, no qual foram obtidas receitas futuras durante os períodos de desbaste e corte final do seu ciclo.

#### **4.7 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Cochran e Lilliefors. Posteriormente, os dados relativos a análise química e granulométrica do solo, sobrevivência, parâmetros dendrométricos (altura e diâmetro) e incremento relativo, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em parcela subdividida. A parcela foi constituída pelos tratamentos e a subparcela foi constituída pela época de avaliação aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses após plantio. As médias dessas variáveis dependentes afetadas pelos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade, e as épocas de avaliação foram submetidas ao ajuste de modelos polinomiais de regressão. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o pacote estatístico ExpDes.pt (Ferreira *et al.*, 2013) do Software R (R Core Team, 2020).

Para avaliação das culturas agronômicas e bactérias totais do solo, os dados foram submetidos à análise descritiva através da estimação das médias.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Sobrevivência do componente florestal

Os diferentes sistemas de manejo não afetaram a sobrevivência de plantas de mogno africano trinta dias após o plantio, com média de 97,22%, 99,31% e 98,61% para os tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente.

Azevedo *et al.* (2010) avaliaram o desempenho da *K. ivorensis* em sistema integração lavoura-pecuária-floresta, na região nordeste do Pará, obtendo sobrevivência de 99,34% no primeiro mês, 98,52% no sexto mês e de 97,89%, 12 meses após o plantio. No sistema puro, os autores também avaliaram a sobrevivência da espécie, onde foi verificada a sobrevivência de 99,04%, 99,04% e de 96,19% no primeiro, sexto e décimo segundo mês após o plantio, respectivamente.

Mendonça *et al.* (2017) avaliaram outra espécie pertencente a família de mogno africano, a *Khaya senegalensis*. Os autores avaliaram a introdução da espécie florestal em sistema silvipastoril em áreas de pastagens degradadas, onde foi verificada taxa de sobrevivência de 97,40 % aos cinco meses após plantio, e de 96,88 % aos de doze meses após plantio.

De acordo com Silva *et al.* (2016), avaliações de sobrevivência de plantas arbóreas no campo, possibilitam uma melhor análise e tomada de decisão para indicação das espécies de plantio, levando em consideração também as condições locais apropriadas e tratamentos adequados para plantio, que assim, garantem um pleno estabelecimento da espécie florestal, suportando as adversidades do campo. De fato, segundo Reis *et al.* (2019), valores elevados de sobrevivência estão diretamente relacionados ao padrão de qualidade das mudas, às condições ambientais e técnicas de manejo bem executadas durante o plantio.

### 5.2 Crescimento do componente florestal

Para as médias em altura de *Khaya ivorensis*, os resultados da análise de variância indicam haver diferenças significativas entre tratamentos e o efeito dos tratamentos dentro do fator época. Nota-se que os tratamentos avaliados não diferiram estatisticamente entre si durante os primeiros nove meses de estudo, no entanto, aos 12 meses o tratamento T3 apresentou a maior média. Entre os tratamentos T1 e T2 não foram observadas diferenças significativas (FIGURA 8).

Em relação ao diâmetro do colo das plantas, a análise de variância não apontou efeito dos tratamentos. O valor médio obtido para esse parâmetro foi de 3,48 cm, aos 12 meses após o plantio. As épocas influenciaram o diâmetro de forma linear e crescente (FIGURA 8).

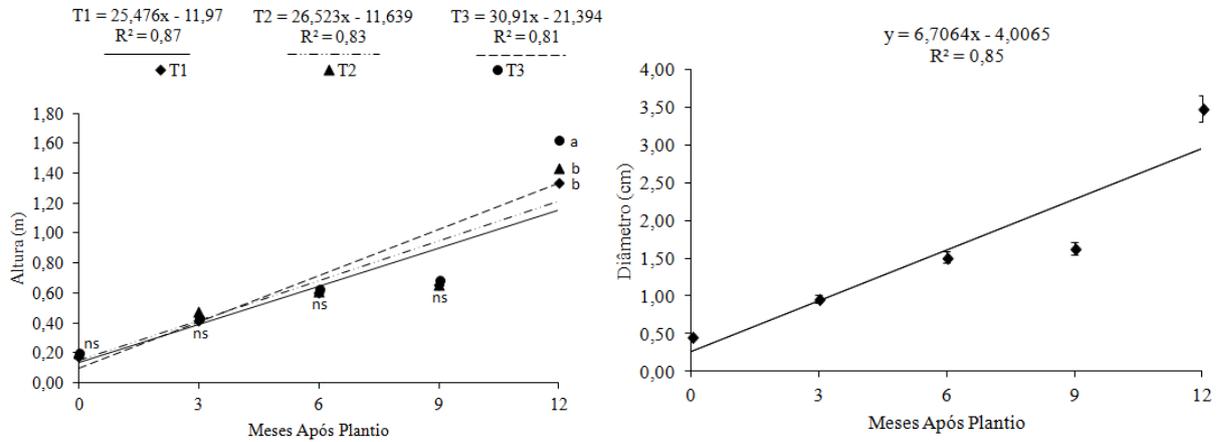


FIGURA 8. Altura e diâmetro de plantas de *Khaya ivorensis* em diferentes sistemas de manejo (Cultivo puro e *Taungya*), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

Doze meses após o plantio as plantas do tratamento T3 apresentaram o maior crescimento em altura, com média de 1,62 m em comparação ao T2 com 1,43 metros e o T1 com 1,34 metros. Entre o nono e o décimo segundo mês há a ocorrência de um maior crescimento das plantas, período que coincide com a retomada das chuvas na região (FIGURA 3).

Estes resultados apresentam perspectivas positivas no que se refere ao crescimento biométrico da *Khaya ivorensis*. Mota (2014), avaliando o crescimento inicial da mesma espécie em sistema de cultivo puro, verificou uma média de 1,30 m de altura aos doze meses após plantio.

Resultados inferiores foram observados por Casaroli *et al.* (2017), avaliando o crescimento inicial de *Khaya ivorensis* em sistema de cultivo puro com espaçamento de 5 x 5 m. Os autores verificaram uma média de 0,83 m de altura aos doze meses após plantio.

Ao considerar o sistema de cultivo puro e o de integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF), Sales *et al.* (2017) verificaram que o crescimento em altura das árvores de *Khaya ivorensis* apresentaram diferenças significativas aos doze meses após plantio, sendo as maiores médias obtidas sob regime de integração. Os autores relataram que, aos doze meses, os valores médios estimados foram de 0,67 m e 0,84 m de altura, para o sistema de cultivo convencional e integração, respectivamente.

De maneira geral o mogno africano tem indicado desempenho satisfatório nos sistemas de produção integrada, apresentando resultados positivos em vários sistemas de integração conduzidos no Brasil (FALESI, 1999; SANTOS *et al.*, 2019).

Assim como para a altura, houve maior crescimento em diâmetro entre o nono e o décimo segundo mês após o plantio, período que corresponde à retomada da estação chuvosa na região.

Mota (2014), ao avaliar o crescimento em diâmetro de plantas de *Khaya ivorensis*, cultivadas em plantio puro, verificou um valor de médio de 3,37 cm de diâmetro, aos doze meses após plantio. Casaroli *et al.* (2017), durante avaliação do crescimento inicial de *Khaya ivorensis* em plantio puro com espaçamento de 5 x 5 m. Os autores verificaram um valor médio de 2,40 cm de diâmetro aos doze meses após plantio.

Ao analisar diferentes sistemas de manejo agroflorestal, Daronco *et al.* (2012), verificaram o efeito do consorcio entre *Manihot sculenta* Crantz sobre o crescimento de 25 espécies arbóreas, dentre elas a *Trichilia pallida*, que pertence a família Meliaceae, a mesma do mogno africano (*Khaya ivorensis*), na restauração de matas ciliares. Neste estudo, os autores concluíram que o crescimento das espécies florestais não foi afetado pela espécie agrônômica cultivada na entrelinha do plantio, sendo recomendado o cultivo consorciado.

Em sistemas de cultivo, com aplicação da integração entre diferentes culturas, as condições de desenvolvimento vegetal podem ser influenciadas por diferentes fatores, como a umidade do solo, a atividade biológica e a fertilidade do solo (NETO *et al.*, 2014). As inúmeras possibilidades de formação de consorcio entre culturas florestais e agrônômicas podem promover diferentes resultados, sejam eles positivos ou negativos, a depender do parâmetro avaliado.

### **5.3 Incremento relativo em altura (ICH) e diâmetro (ICD) do componente florestal**

No presente estudo, não houve efeito significativo dos tratamentos no incremento relativo em diâmetro de plantas de Mogno africano. Contudo houve efeito das épocas conforme apresenta a Figura 9.

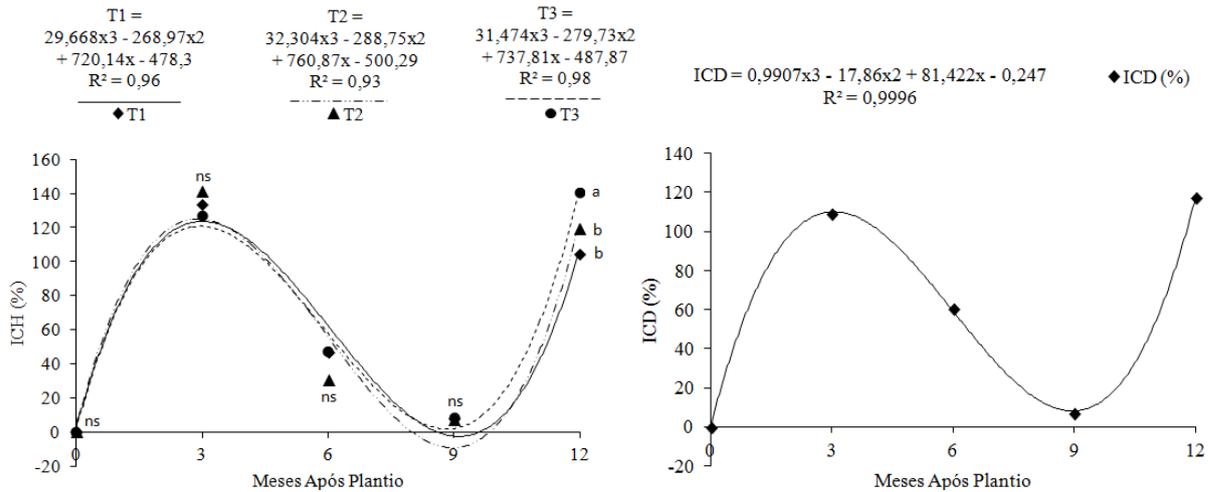


FIGURA 9. Valores médios do incremento relativo em altura ICH (%) e incremento relativo em diâmetro ICD (%) de plantas de *Khaya ivorensis* em sistema de cultivo puro (T1), e *taungya* (T2) e (T3), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

Durante a etapa inicial do experimento, nos três primeiros meses após o plantio, foi observada maior precipitação pluviométrica, decorrente da estação chuvosa na região, proporcionando acentuada taxa de crescimento das mudas de mogno africano (FIGURA 3). No período seco do ano, identificado entre os meses de Junho a Novembro, naturalmente ocorre a diminuição do desenvolvimento biométrico das espécies vegetais, refletindo, conseqüentemente, em uma diminuição do incremento relativo observado aos seis e nove meses após plantio (FIGURA 9).

Corroborando com os dados apresentados, Oliveira (2015), ao avaliar as variações de incremento biométrico em *Khaya senegalensis* em povoamentos implantados no município de Mambaí-GO, constatou que os incrementos relativos apresentaram maiores médias de crescimento atribuídas aos meses com maior regime de precipitação. De acordo com o autor, outro fator a ser considerado está relacionado à umidade relativa, pois indivíduos arbóreos mais jovens e menos lignificados, estarão mais propícios a uma maior perda de água ocasionada pela evapotranspiração.

#### 5.4 Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*)

Para o comprimento de vagem (CV) foi observado um valor médio de 16,93 cm (Tabela 2). Andrade et al. (2005), ao avaliar diferentes genótipos de feijão-caupi voltados ao mercado produtivo de feijão verde, obtiveram valores médios de vagem entre 16 e 22 cm de comprimento. Já Silva (2016), constatou dentre os genótipos estudados em monocultivo irrigado na região sul do estado de Roraima, valores médios de comprimento de vagem entre 16,12 a 22,34 cm.

Obteve-se a quantidade média de 12,65 grãos por vagem (Tabela 2). Silva (2016) e Ramos (2015), avaliando a mesma característica, verificaram que a quantidade média de grãos variou de 11,90 a 16,10 e 10,15 a 14,15 grãos por vagem, respectivamente. Com base nisto, percebe-se que os valores observados no presente estudo estão dentro do padrão esperado para a cultura.

TABELA 2. Comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), massa seca da planta inteira (MSPI), peso de vagem (PV), produtividade de vagem verde por hectare (PRODV) e produtividade de grão seco por hectare (PRODS) em plantas de *Vigna unguiculata*, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

Tratamento 3	CV	NGV	MSPI	PV	PRODV	PRODS
	cm	und	g	g	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
Média	16,93	12,65	29,93	2,47	141,72	102,10
Desv. Padrão $\sigma$	0,49	0,95	0,88	0,26	0,00	0,00

Para a massa seca da planta inteira (MSPI), foi encontrado média de 29,93 g por planta (TABELA 2). Santos (2007), com objetivo de determinar técnicas viáveis para agricultura familiar, avaliou distintas variedades de feijoeiro, com diversificados hábitos de crescimento e em consórcio com a cultura do milho, onde foi verificado que a massa seca de plantas inteiras de feijão variou de 9,27 a 17,12 g por planta, sendo que os tratamentos em consórcio apresentaram maiores médias de massa em relação ao sistema solteiro. O presente estudo apresentou um valor superior ao trabalho de Santos (2007), contudo é preciso ressaltar as diferenças entre as espécies de feijão e os ambientes de plantio. Os valores apresentados demonstram um importante aporte de biomassa ao solo e esse aporte, possivelmente tem relação com o maior crescimento em altura das plantas de mogno africano nos sistemas consorciados (FIGURA 8).

Em relação ao peso de vagem (PV), é apresentada uma média de 2,47 g por vagem (TABELA 2). Santana *et al.* (2019) avaliando diferentes cultivares de feijão-caupi, em experimento realizado em Goiana-PE, constataram uma variação no peso médio de vagens de 2,77 a 5,25 g. Já no trabalho de Silva (2016), o autor verificou, variação média de 6,34 a 11,71 g. Tais resultados demonstram que a média do presente estudo foi menor em relação aos demais trabalhos.

Com relação à produção do feijão-caupi, considerando apenas as vagens verdes que atenderam os padrões de comércio, a produtividade foi de 141,72 kg ha<sup>-1</sup>. Já para as demais vagens, que não atenderam os padrões de consumo como vagem verde, fora comercializadas na forma de grãos secos, onde o rendimento de grãos obteve produtividade de 102,10 kg ha<sup>-1</sup>. A produção total de vagem verde quantificada nas quatro parcelas do estudo foi de 74,60 kg. Desta produção total, obteve-se 25,00 kg de vagens verdes que atenderam os padrões de comércio, e foram destinados a venda como feijão verde, e renderam 50 unidades de “mói”; os 49,60 kg restantes, foram destinados ao mercado de feijão na forma de grãos maduros e secos (TABELA 2).

Em Teresina-PI, Sousa *et al.*, 2012, testaram diferentes cultivares de feijão-caupi com potencial para o comércio de vagens e grãos verdes, onde a produtividade de vagens verdes apresentou média de 2.349,0 kg ha<sup>-1</sup> a 5.300,0 kg ha<sup>-1</sup>, em sequeiro, e de 2.667,0 kg ha<sup>-1</sup> a 5.319,0 kg ha<sup>-1</sup>, em cultivo irrigado, e média geral de 3.632,0 kg ha<sup>-1</sup> em sequeiro e de 3.765,0 kg ha<sup>-1</sup> sob irrigação. Em Salvaterra-PA, Rodrigues *et al.* (2009) avaliaram a produtividade do feijão-caupi, cultivar manteiguinha, sob diferentes doses de NPK, em sistema puro. Os autores verificaram que o tratamento mais viável obteve produtividade em grãos de 835,0 kg ha<sup>-1</sup>, e para testemunha (sem utilização de adubo), obteve produtividade de 595 kg ha<sup>-1</sup>. Ao avaliar o comportamento morfoagronômico do feijão-caupi em Alvorada do Gurgueia-PI, Bezerra *et al.* (2012) concluiu que o rendimento de grãos apontou resposta linear em função da densidade de plantas, com diminuição de 58,80% quando comparadas as populações de 100 e 500 mil plantas/hectare, que apresentaram médias de 1.774,50 e 730,50 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

De modo geral, a alta produtividade de grãos para cultura do feijão-caupi tem sido observada em plantios com densidade em torno de 120 a 200 mil plantas/hectare para variedades de porte semiprostrado (EMBRAPA, 2017). A produtividade final obtida no presente trabalho, tanto para vagens verdes como para grãos secos, foi considerada baixa. No entanto, deve ser ressaltado que o cultivo consorciado com a espécie florestal, naturalmente, diminui a área líquida de cultivo e por consequência a produtividade da cultura. Além disso

deve-se ressaltar a importância da cultura para a fixação biológica do nitrogênio, juntamente com a formação de cobertura sobre o solo e posterior formação de palhada. Levando em conta tais contribuições, o resultado final pode ser considerado positivo.

Ao analisar as diferentes formas de introdução do feijão-caupi no mercado consumidor, percebe-se a importância do cultivo desta cultura para o pequeno produtor rural, uma vez que existe uma maior possibilidade do aproveitamento do material produzido, seja como feijão verde ou como grão seco. O mercado do feijão-verde representa grande importância para a região Nordeste do Brasil. O cultivo do feijão-caupi para subsistência e comercialização como vagens verdes, tem sido realizado essencialmente por pequenos produtores, em condição de sequeiro, e baixo nível tecnológico (SOUSA, *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013).

### **5.5 Milho (*Zea mays*)**

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados referentes às avaliações realizadas na cultura do milho, sob regime de integração com a cultura florestal, inseridos no primeiro ciclo de plantio agrícola do tratamento T2 (Sistema *taungya* composto por mogno africano + milho + mandioca) e no segundo ciclo agrícola do tratamento T3 (Sistema *taungya* composto por mogno africano + feijão + milho).

TABELA 3. Valores médios para altura de plantas, número de espigas (NE), número de espigas comerciais (NEC), porcentagem de espigas comerciais (PEC), produtividade total com palha (PRODTCP), produtividade total sem palha (PRODTSP), massa de espiga com palha (MECP), massa de espiga sem palha (MESP), comprimento de espiga com palha (CECP), comprimento de espiga sem palha (CESP), diâmetro de espiga com palha (DECP) e diâmetro de espiga sem palha (DESP), obtidos para a cultura do milho cultivado em sistema *taungya*, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

VARIÁVEL	T2	T3
ALTURA (m)	1,73	1,77
NE (total ha <sup>-1</sup> )	24.070	23.622
NEC (total ha <sup>-1</sup> )	12.460	13.124
PEC (%)	51,35	55,53
MECP (g)	209,58	214,31
MESP (g)	156,25	157,97
CECP (cm)	20,62	21,65
CESP (cm)	13,53	13,54
DECP (mm)	51,10	51,15
DESP (mm)	43,79	44,22
PRODTCP (kg ha <sup>-1</sup> )	5.007,11	5.344,27
PRODTSP (kg ha <sup>-1</sup> )	3.727,04	4.097,96

Considerando a variável altura de plantas no milho, os valores registrados para o consórcio do mogno com milho e mandioca foi de 1,73 m e para o consórcio do mogno com feijão e milho foi de 1,77 m (TABELA 3). Em trabalho semelhante, e avaliando o rendimento da cultura do milho em SAFs, Oliveira (2012), obteve 1,75 m e 1,76 m de altura, quando a cultura foi implantada de forma consorciada com diferentes espécies florestais, com espaçamento arbóreo de 4 m x 4 m.

No que se refere ao cultivo de milho em monocultura, Campos *et al.* (2010), avaliaram múltiplas cultivares em diferentes regiões no estado de Goiás, verificando médias que variaram de 1,89 m a 2,09 m de altura. Lima (2019) ao analisar o desempenho de cultivares para produção de milho verde, relatou crescimento em altura de 1,97 m até cerca de 2,99 m. No entanto, em plantios de milho com uma densidade de plantas menor e com maior

espaçamento, a menor competição por luz e nutrientes, pode fazer com que o produtor alcance produtividade satisfatória.

Foi verificado, em média, de 24.070 espigas ha<sup>-1</sup> no manejo do tratamento T2 e 23.622 espigas ha<sup>-1</sup> no tratamento T3 (TABELA 3).

Oliveira (2012) observou a produção de milho em dois sistemas de consórcio com espécies arbóreas, encontrando 37.601 e 34.013 espigas ha<sup>-1</sup>, e 51.453 espigas ha<sup>-1</sup>, em monocultivo. Estes resultados corroboram com o fato de que o milho em monocultivo produzirá mais espigas por hectare do que em consórcio com espécies arbóreas, e que a maior população de plantas do monocultivo tem relação direta com a maior produção.

Considerando a produção de espigas comerciais (NE), ou seja, aquelas que obtiveram comprimento padrão superior a 15 cm, foram obtidos 12.460 espigas ha<sup>-1</sup> no tratamento T2 e 13.124 espigas ha<sup>-1</sup> no tratamento T3 (TABELA 3). A medida que o produtor direciona a produção para mercado de milho verde, assim como para outros derivados, é desejável atingir porcentagem elevada de espigas comerciais (PEC). Os valores médios verificados neste estudo, para espigas comerciais, para os tratamentos T2 e T3 foram de 51,35% e 55,53%, respectivamente. Sendo inferior ao encontrado por outros autores, como Favorato *et al.*, (2016), que obteve valor médio de 87,73%. Esta diferença pode estar relacionada ao tipo de cultivar, às condições climáticas e de manejo.

Ao avaliar o peso médio de espigas com palha e sem palha foi observado média geral entre as parcelas de 209,58 g e 156,25 g, respectivamente para T2; e peso médio de espigas com palha e sem palha de 214,31 g e 157,97 g, respectivamente para o T3 (TABELA 3). Ao comparar diferentes cultivares de milho verde e silagem, para determinação do potencial adaptativo para o município de Goianésia - GO, Couto *et al.*, (2017) constataram diferentes variações de peso de espiga, apresentando média geral de 320 g para espigas com palha, e 190 g para espigas sem palha. Segundo o mesmo autor, para o comprimento de espiga com palha, o comprimento de espiga sem palha, diâmetro de espiga com palha e diâmetro de espiga sem palha, para algumas cultivares do estudo, houve relação indireta destas dimensões em função do peso médio espiga.

No momento da inserção do produto no mercado consumidor, atributos indicativos de qualidade comercial, além dos aspectos fitossanitários, são levados em consideração, como o comprimento e o diâmetro da espiga, equilibrados com o peso da espiga, características estas, que estão diretamente relacionados ao manejo, e à determinação do destino final do produto.

No presente estudo, a produtividade total de espigas com palha foi de 5.007,11 kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento T2 e 5.344,27 kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento T3. A produtividade total de

espigas sem palha foi de 3.727,04 kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento T2 e 4.097,96 kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento T3 (TABELA 3). Um dos motivos que podem explicar a maior produtividade do milho no tratamento T3 é o fato do plantio desta ter sido antecedida por um ciclo de feijão, que pode ter sido benéfico pela deposição e decomposição da palhada.

De acordo com Oliveira (2018) *et al.* e César *et al.* (2013), o plantio de espécies agronômicas nas entre linhas de sistemas de integração florestal, não deverão alcançar a produtividade padrão que é obtida sob cultivo em monocultura.

### 5.6 Mandioca (*Manihot esculenta*)

As plantas de *Manihot esculenta* apresentaram altura média de 2,49 m (TABELA 4). Schons (2006), ao avaliar o desenvolvimento de *Manihot sculenta* sob diferentes sistemas de cultivo puro e consorciado com milho, verificou altura média de 2,94 m. Daronco *et al.*, (2012) avaliando os efeitos da integração de *Manihot sculenta* sobre a sobrevivência e o crescimento de espécies arbóreas na restauração de matas ciliares, obtiveram altura média de plantas de 1,79 m. Diante dos resultados apresentados é possível verificar que o crescimento em altura de plantas de mandioca, no presente estudo, foi satisfatório.

Em relação ao diâmetro, o valor médio encontrado foi de 41,99 mm (TABELA 4). Foloni (2010) e Andrade *et al.* (2014), após avaliação de diferentes cultivares de mandioca de mesa e mandioca para produção de farinha, relataram em seus estudos valores médios em diâmetro de 25,51 mm e 22,81 mm respectivamente, sendo inferiores às médias encontradas no presente trabalho.

TABELA 4. Valores de altura de plantas (ALTURA), diâmetro de caule (DIAM), número de bifurcações (NBIFURC), produção por parcela (PRODP) e produtividade por hectare (PRODH) de plantas de *Manihot esculenta*, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

TRATAMENTO	ALTURA m	DIAM mm	NBIFURC un	PRODH kg ha <sup>-1</sup>
Média	2,49	41,99	2,49	24.121,60
Desv. Padrão $\sigma$	0,01	0,48	0,03	292,53

Foi observada média de 2,49 bifurcações por planta (TABELA 4). Andrade *et al.* (2014), testaram diferentes cultivares de mandioca e obtiveram valores médios para esta variável de 0,5 a 2,68. Segundo os autores o número de bifurcações pode variar cada cultivar, além de ser um dificultador das práticas culturais.

A produção de raízes, para o sistema avaliado, foi de aproximadamente 24 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). Esse rendimento é inferior aos sistemas utilizados como padrão de cultivo, em monocultivo com espaçamento reduzido, como evidenciado por Schons (2006), que obteve 33,4 t ha<sup>-1</sup> com a variedade RS 13, e em densidade de 16.000 plantas ha<sup>-1</sup>. No entanto, tendo em vista à baixa densidade de plantas no presente estudo (3.333 plantas ha<sup>-1</sup>), o desempenho pode ser considerado satisfatório.

### 5.7 Bactérias totais do solo

Em relação às bactérias totais presente no solo é possível observar um aumento no número de bactérias nas parcelas avaliadas com os sistemas de *taungya*. Estes sistemas consorciados apresentaram maior número de bactérias em relação ao sistema de cultivo puro (FIGURA 10).

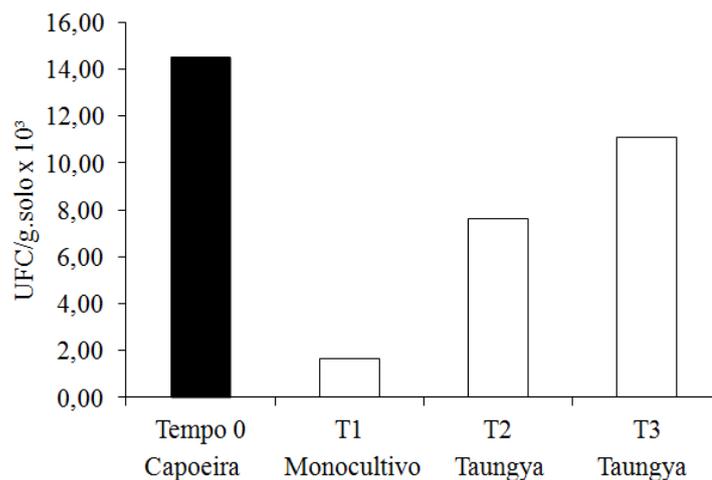


FIGURA 10. Análise descritiva do número de bactérias por grama de solo entre três sistemas de manejo aos três meses após plantio, e da área de referência (capoeira/tempo zero) obtidos a partir da análise microbiológica em experimento instalado no município de Porto Franco - MA.

Segundo Ferreira *et al.* (2000) o cultivo do solo com leguminosas interfere na densidade de rizóbios. Em experimento conduzido em áreas de cultivo com rotação e sucessão de culturas (soja, milho e trigo), os autores observaram que além do aumento do número de células de bactérias do gênero rizóbio, a diversidade genética destas bactérias aumentou na área com cultivo de espécie de leguminosa.

Zilli *et al.* (2013), em experimento que objetivou avaliar a dinâmica da população de rizóbios em solo, observaram que mesmo em área de mata existe uma população de rizóbios

com capacidade de nodular o feijão-caupi e que o cultivo da leguminosa tende a aumentar a população de bactérias, assim como observado no presente estudo.

Os resultados apresentados no presente trabalho (FIGURA 10) nos mostram que na análise realizada antes do plantio (tempo 0) os valores de bactérias totais são superiores aos encontrados três meses após o cultivo, independentemente do tratamento avaliado. Este é um resultado esperado, uma vez que a área, antes do plantio, era ocupada por vegetação nativa em estágio de capoeira, com população microbiana maior e mais estabilizada. Com o plantio é esperado que o equilíbrio do solo fosse quebrado no ato de preparo da área, com revolvimento do solo e o manejo em geral. Contudo, é possível observar um início de recuperação da quantidade de bactérias, principalmente no tratamento T3 que contou com o cultivo do feijão-caupi, uma leguminosa, como um de seus componentes nos primeiros meses de plantio. A associação das culturas agrícolas junto à diversificação microbiana podem proporcionar benefícios como melhoria da fertilidade do solo, pois o feijão-caupi, por ser uma leguminosa, é capaz de estabelecer simbiose com bactérias do gênero rizóbio, nativas do solo e, com a capacidade de transferir nitrogênio fixado da atmosfera para o solo, e conseqüentemente para culturas associadas (BOYD *et al.*, 2013).

Em estudo desenvolvido para avaliar a fixação e transferência de nitrogênio entre leguminosas (crotalária, gliricídia e feijão-guandu) em mangueira e gravioleira, constatou-se que as três espécies de leguminosas apresentaram importante potencial na fixação biológica do nitrogênio, com destaque para a gliricídia, que apresentou maior capacidade de fixação. Os resultados obtidos demonstraram a importância de espécies fixadoras de nitrogênio para demanda nutricional das espécies frutíferas do estudo, evidenciado pelo considerável aproveitamento do nitrogênio (PAULINO *et al.*, 2009).

Quando manejados adequadamente, os sistemas de integração de culturas condicionam a elevação nos teores de carbono, nitrogênio e da matéria orgânica, diretamente relacionada à microfauna do solo (OLIVEIRA, 2018; AZAR *et al.*, 2013; FERNANDES *et al.*, 2013). De acordo Cunha *et al.* (2014) e Oliveira, (2018), a formação de resíduo vegetal, ou seja, cobertura morta do cultivo agrícola, quando depositada nas camadas superficiais pode ser responsável pelo controle da competição de plantas daninhas, bem como atuar na diminuição de oscilações de umidade e temperatura na superfície do solo, além de contribuir na cadeia da ciclagem de nutrientes e especificamente na microfauna do solo, beneficiando a espécie florestal.

### 5.8 Fertilidade do solo

De acordo com a análise de variância, para fertilidade do solo houve efeito da relação profundidade do solo, nas camadas de 0-20cm e 20-40cm (Tabela 5).

TABELA 5. Valores médios para macronutrientes, micronutrientes, matéria orgânica e carbono orgânico, comparados entre duas profundidades de coleta e em diferentes sistemas de manejo (Cultivo Puro e *Taungya*), em experimento instalado no município de Porto Franco-MA. (Profundidade: I= 0-20 cm; II=0-40 cm).

**A: Média dos tratamentos individualizando por profundidades: 0-20 cm e 20-40 cm**

Profund	Trat	Ph	P meh	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	M.O.	C.O.	B
		cacl <sub>2</sub>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	cmol <sub>c</sub> dm <sub>3</sub>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----						
0-20	1	5,83	2,13	7,25	151,75	0,39	9,10	2,03	2,13	3,48	2,05	0,45
20-40	1	5,95	0,85	6,25	123,75	0,32	6,53	1,50	1,88	2,30	1,33	0,34
0-20	2	5,48	0,88	6,50	137,25	0,35	6,65	1,98	2,53	3,10	1,80	0,33
20-40	2	5,38	0,70	6,50	111,25	0,28	4,73	1,45	2,50	2,45	1,43	0,23
0-20	3	5,60	1,70	7,00	221,00 a	0,56	8,30	2,20	2,38	3,60	2,08	0,37
20-40	3	5,60	0,78	7,50	134,25 b	0,34	5,38	1,53	2,18	2,38	1,38	0,27
0-20	T0	6,10	3,60	4,00	280,00	0,72	12,20	2,20	3,40	4,00	2,30	0,39
20-40	T0	6,10	1,50	4,00	152,00	0,39	5,20	1,40	2,80	1,80	1,00	0,25

Profund	Trat	Cu	Fe	Mn	Zn	SB	CTCt	V	Argila	Silte	Areia
		----- mg dm <sup>-3</sup> -----	----- cmol <sub>c</sub> dm <sub>3</sub> -----	----- cmol <sub>c</sub> dm <sub>3</sub> -----	----- g kg <sup>-1</sup> -----	----- g kg <sup>-1</sup> -----	----- g kg <sup>-1</sup> -----				
0-20	1	11,25	31,25	42,10	1,70	11,51	13,64	84,25	543,75	81,25	375,00
20-40	1	9,73	22,25	31,40	0,83	8,34	10,22	81,75	581,25	87,50	331,25
0-20	2	14,08	44,75	46,85	1,30	8,98	11,50	78,25	550,00	81,25	368,75
20-40	2	12,58	39,75	40,65	0,93	6,46	8,96	71,75	593,75	75,00	331,25
0-20	3	12,25	37,00	47,25	1,90	11,06	13,44	82,25	531,25	81,25	387,50
20-40	3	11,15	32,00	42,10	0,85	7,24	9,42	76,75	593,75	81,25	325,00
0-20	T0	7,80	23,00	36,20	4,00	15,12	18,52	82,00	425,00	100,00	475,00
20-40	T0	5,90	12,00	23,50	3,00	6,99	9,79	71,00	575,00	100,00	325,00

**B: Média dos tratamentos desconsiderando o fator profundidades 0-20 (I) e 20-40 (II)**

Profund	Trat	Ph	P meh	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	M.O.	C.O.	B
		cacl <sub>2</sub>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	cmol <sub>c</sub> dm <sub>3</sub>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----						
I e II	1	5,89 A	1,49	6,75	137,75	0,35	7,81	1,76	2,00	2,89	1,69	0,39
I e II	2	5,43 B	0,79	6,50	124,25	0,32	5,69	1,71	2,51	2,78	1,61	0,28
I e II	3	5,60 AB	1,24	7,25	177,63	0,45	6,84	1,86	2,28	2,99	1,73	0,32

Profund	Trat	Cu	Fe	Mn	Zn	SB	CTCt	V	Argila	Silte	Areia
		----- mg dm <sup>-3</sup> -----				----- cmol <sub>c</sub> dm <sub>3</sub> -----			----- g kg <sup>-1</sup> -----		
I e II	1	10,49	26,75	36,75	1,26	9,93	11,93	83,00 A	562,50	84,38	353,13
I e II	2	13,33	42,25	43,75	1,11	7,72	10,23	75,00 B	571,88	78,13	350,00
I e II	3	11,70	34,50	44,68	1,38	9,15	11,43	79,50 AB	562,50	81,25	356,25

Extratores: pH: em CaCl<sub>2</sub>, 1:2,5 ; P, K : Mehlich 1; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; Ca, Mg e Al: KCl 1M; H+Al: Solução Tampão SMP a pH 7,5; S: Fosfato monobásico de Cálcio; B: Água quente; P(Res): Resina; S-SO<sub>4</sub>-2: Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; M.O.: Método colorimétrico; SB = Soma de Bases; t = CTC Efetiva; V% = Sat. Base. Comparação de médias com letra maiúscula: entre os tratamentos. Comparação de médias com letra minúscula: dentro do tratamento.

O pH do solo apresentou valores acima de 5,4 para todos os tratamentos. Os valores de Ca, Mg e K disponíveis no solo são considerados elevados para os três tratamentos (EMBRAPA, 2015).

O solo dessa região foi formado a partir de rochas de constituição básica da Formação Mosquito. Sua deposição é creditada ao pacote vulcânico resultante do magmatismo básico ocorrido na bacia durante o Triássico, implicando em solos considerados férteis, com pH acima de 5,0 e alta saturação por bases (GOMES, 2001).

Os solos de regiões tropicais apresentam baixos teores de P disponíveis para as plantas, devido à elevada capacidade de imobilização deste elemento, especialmente, em solos intemperizados e com elevados teores de argila (NOVAIS *et al.*, 1999). Na área em que o experimento foi instalado, os teores médios de P, foram 1,49, 0,79 e 1,24 mg dm<sup>-3</sup> para T1, T2 e T3, respectivamente, e o teor médio de argila entre os três tratamentos foi 565,6 g dm<sup>-3</sup> (TABELA 5).

Nos tratamentos sob sistema *taungya* ocorreu a presença de palhada na superfície do solo, decorrentes do cultivo do milho, feijão e mandioca. No entanto, a presença de cobertura não refletiu em maiores teores de MO no solo na avaliação realizada 12 meses após o plantio do mogno. É preciso levar em consideração os períodos de cultivo, colheita e deposição da palhada das culturas agrícolas. Sendo assim, os resultados mostram que não houve tempo hábil para as transformações da biomassa destes materiais serem transformadas em matéria orgânica no solo. A velocidade de decomposição de resíduos vegetais na superfície do solo depende, dentre outros, da espécie cultivada, das condições climáticas como a pluviosidade e da temperatura (ALVARENGA *et al.*, 2001).

### 5.9 Medidas de resultados econômicos

O custo total de implantação e manutenção para o tratamento de sistema no cultivo puro (T1) ao final do primeiro ano foi de R\$ 12.759,84 ha<sup>-1</sup> (TABELA 6). Observa-se que o custo

com material correspondeu a 46,92 %, sendo o maior gasto na fase de implantação, principalmente devido à aquisição de mudas para o plantio do mogno africano. As operações manuais representaram 39,40% do custo final, tendo maior desembolso financeiro para os tratos culturais como, adubações, aplicações de herbicidas, e especialmente a execução de limpezas para remoção de plantas invasoras. Por último, os gastos com operações mecanizadas que corresponderam 13,68% do valor final, relacionados, principalmente, à limpeza inicial da área.

TABELA 6. Custos referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de *Khaya ivorensis* a partir do sistema de cultivo puro no tratamento T1, em experimento instalado na região oeste do município de Porto Franco-MA.

<b>T1</b>					
<b>Mogno em cultivo puro (1,0 ha)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>V. unit (R\$)</b>	<b>V. Total (R\$)</b>	<b>%</b>
<b><i>Operações mecanizadas</i></b>					
Limpeza da área	hm*	7,56	180,00	1.360,54	11,19
Gradagem niveladora	hm	1,89	160,00	302,34	2,49
Subtotal				1.662,89	13,68
<b><i>Operações manuais</i></b>					
Delimitação da Área	hd**	6,61	50,00	330,69	2,72
Plantio Mogno Puro	hd	11,34	50,00	566,89	4,66
Adubação	hd	3,78	50,00	188,96	1,55
Aplicação de Inseticida	hd	2,83	50,00	141,72	1,17
Aplicação de Herbicida	hd	1,89	130,00	245,65	2,02
Tratos Culturais	hd	66,33	50,00	3.316,33	27,28
Colheita	hd	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal				4.790,25	39,40
<b><i>Material</i></b>					
Mudas	Un	1.111,00	4,00	4.444,00	36,55
Cupinicida Regent	Kg	0,94	185,00	174,79	1,44
Formicida	Un	9,45	7,00	66,14	0,54
Herbicida Tocha	L	1,89	130,00	245,65	2,02
Fertilizante (4-30-10)	SC	1,89	137,00	258,88	2,13
Fertilizante (20-00-20)	SC	3,78	120,00	453,51	3,73
Enxada	Un	2,00	18,00	36,00	0,30
Lima	Un	2,00	12,50	25,00	0,21
Subtotal				5.703,98	46,92
<b><i>Custo operacional efetivo (COE)</i></b>				12.157,12	100,00
Depreciação equipamentos/instalações				110,00	
<b><i>Custo operacional total (COT)</i></b>				12.267,12	
<b><i>Custo de oportunidade (CO)</i></b>				492,73	
<b><i>Custo total (CT)</i></b>				12.759,84	

O custo total de implantação e manutenção relativo ao tratamento T2, ao final do experimento foi de R\$ 16.796,61 ha<sup>-1</sup> (TABELA 7). Além dos gastos com o plantio florestal, foram acrescentados os gastos com a implantação das culturas agrônômicas do milho e da mandioca, e suas respectivas atividades de manutenção até a fase de colheita.

TABELA 7. Custos referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de *Khaya ivorensis* a partir do sistema *taungya* no tratamento T2, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

<b>T2</b>					
<b>Mogno em consórcio (1,0 ha)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>V. unit (R\$)</b>	<b>V. Total (R\$)</b>	<b>%</b>
<b><i>Operações mecanizadas</i></b>					
Limpeza da área	hm*	7,56	180,00	1.360,54	8,46
Gradagem niveladora	hm	1,89	160,00	302,34	1,88
Subtotal				1.662,89	10,34
<b><i>Operações manuais</i></b>					
Delimitação da Área	hd**	6,61	50,00	330,69	2,06
Plantio Mogno	hd	11,34	50,00	566,89	3,52
Adubação	hd	3,78	50,00	188,96	1,17
Aplicação de Inseticida	hd	2,83	50,00	141,72	0,88
Aplicação de Herbicida	hd	1,89	130,00	245,65	1,53
Tratos Culturais	hd	57,54	50,00	2.876,98	17,88
Colheita	hd	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal				4.350,91	27,04
<b><i>Material</i></b>					
Mudas	Un	1.111,00	4,00	4.444,00	27,62
Cupinicida Regent	Kg	0,94	185,00	174,79	1,09
Formicida	Un	9,45	7,00	66,14	0,41
Herbicida Tocha	L	1,89	130,00	245,65	1,53
Fertilizante (4-30-10)	SC	1,89	137,00	258,88	1,61
Fertilizante (20-00-20)	SC	3,78	120,00	453,51	2,82
Enxada	Un	2,00	18,00	36,00	0,22
Lima	Un	2,00	12,50	25,00	0,16
Subtotal				5.703,98	35,45
<b>Milho (1,0 ha)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>V. unit (R\$)</b>	<b>V. Total (R\$)</b>	
<b><i>Operações manuais</i></b>					
Plantio Milho	hd	5,67	50,00	283,45	1,76
Adubação	hd	5,67	50,00	283,45	1,76
Colheita	hd	11,34	50,00	566,89	3,52
Subtotal				1.133,79	7,05
<b><i>Material</i></b>					
Semente	SC (5kg)	3,40	49,00	166,67	1,04

Fertilizante (4-30-10)	SC (50kg)	5,33	137,00	730,67	4,54
Fertilizante (20-00-20)	SC (50kg)	6,67	120,00	800,00	4,97
Matraca	Un	2,00	135,00	270,00	1,68
Subtotal				1.967,33	12,23
<b>Mandioca (1,0 ha)</b>					
<b>Operações manuais</b>					
Plantio Mandioca	hd	5,67	50,00	283,45	1,76
Colheita	hd	17,01	50,00	850,34	5,29
Subtotal				1.133,79	7,05
<b>Material</b>					
Fertilizante (4-30-10)	SC (50kg)	1,00	137,00	137,00	0,85
Subtotal				137,00	0,85
<b>Custo operacional efetivo (COE)</b>				16.089,68	100,00
Depreciação equipamentos/instalações				110,00	
<b>Custo operacional total (COT)</b>				16.199,68	
<b>Custo de oportunidade (CO)</b>				596,93	
<b>Custo total (CT)</b>				16.796,61	

hm\*= hora/máquina; D\*\*=homem/dia

Com o desenvolvimento dos ciclos agronômicos nas entrelinhas da espécie florestal, foi observada redução do custo final de implantação do mogno africano no sistema *taungya* (T2), que possivelmente pode ter sido beneficiado através da formação de cobertura morta das culturas agronômicas em ciclos sucessivos. A formação de palhada sobre a superfície do solo pode exercer um importante papel no controle das plantas daninhas. Um importante passo para que isto ocorra se deve ao efeito físico, que dificulta a entrada de luz, limitando a germinação das sementes, e promove a formação de uma barreira ao crescimento das plantas daninhas (ALVARENGA *et al.*, 2001).

O custo total de implantação e manutenção relativo ao tratamento T3, ao final do experimento foi de R\$ 17.025,01 ha<sup>-1</sup> (TABELA 8). Os custos de implantação e manutenção agronômica para o milho foram semelhantes ao tratamento T2, acrescentados os custos para cultivo do feijão, no primeiro ciclo de plantio agrícola na entrelinha do mogno africano.

Assim como no tratamento T2, a redução do custo final de implantação do mogno africano no tratamento T3 também foi verificada, podendo ser constatada através da redução das diárias (homem/dia) necessárias para limpeza das parcelas que continha o cultivo agrícola, em relação ao cultivo puro (monocultivo).

TABELA 8. Custos referentes a implantação e manutenção de reflorestamento de *Khaya ivorensis* a partir do sistema *taungya* no tratamento T3, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

<b>T3</b>					
<b>Mogno em consórcio (1,0 ha)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>V. unit (R\$)</b>	<b>V. Total (R\$)</b>	<b>%</b>
<b>Operações mecanizadas</b>					
Limpeza da área	hm*	7,56	180,00	1.360,54	8,21
Gradagem niveladora	hm	1,89	160,00	302,34	1,82
Subtotal				1.662,89	10,04
<b>Operações manuais</b>					
Delimitação da Área	hd**	6,61	50,00	330,69	2,00
Plantio Mogno	hd	14,17	50,00	708,62	4,28
Adubação	hd	3,78	50,00	188,96	1,14
Aplicação de Inseticida	hd	2,83	50,00	141,72	0,86
Aplicação de Herbicida	hd	1,89	130,00	245,65	1,48
Tratos Culturais	hd	60,66	50,00	3.032,88	18,31
Colheita	hd		0,00	0,00	0,00
Subtotal				4.648,53	28,06
<b>Material</b>					
Mudas	Un	1.111,00	4,00	4.444,00	26,82
Cupinicida Regent	Kg	0,94	185,00	174,79	1,06
Formicida	Un	9,45	7,00	66,14	0,40
Herbicida Tocha	L	1,89	130,00	245,65	1,48
Fertilizante (4-30-10)	SC	1,89	137,00	258,88	1,56
Fertilizante (20-00-20)	SC	3,78	120,00	453,51	2,74
Enxada	Un	2,00	18,00	36,00	0,22
Lima	Un	2,00	12,50	25,00	0,15
Subtotal				5.703,98	34,43
<b>Feijão (1,0 ha)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>V. unit (R\$)</b>	<b>V. Total (R\$)</b>	
<b>Operações manuais</b>					
Plantio Feijão	hd	5,67	50,00	283,45	1,71
Aplicação de Inseticida	hd	1,42	50,00	70,86	0,43
Colheita	hd	5,67	50,00	283,45	1,71
Subtotal				637,76	3,85
<b>Material</b>					
Semente	SC (5kg)	2,27	8,00	18,14	0,11
Fertilizante (4-30-10)	SC (50kg)	3,33	137,00	456,67	2,76
Barrage Inseticida	Un	11,34	6,00	68,03	0,41
Matraca	Un	2,00	135,00	270,00	1,63
Subtotal				812,83	4,91
<b>Milho (1,0 ha)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>V. unit (R\$)</b>	<b>V. Total (R\$)</b>	
<b>Operações manuais</b>					

Plantio Milho	hd	5,67	50,00	283,45	1,71
Adubação	hd	5,67	50,00	283,45	1,71
Colheita	hd	11,34	50,00	566,89	3,42
<b>Subtotal</b>				<b>1.133,79</b>	<b>6,84</b>
<b>Material</b>					
Semente	SC (5kg)	3,40	49,00	166,67	1,01
Fertilizante (4-30-10)	SC (50kg)	5,33	137,00	730,67	4,41
Fertilizante (20-00-20)	SC (50kg)	6,67	120,00	800,00	4,83
Matraca	Un	2,00	135,00	270,00	1,63
<b>Subtotal</b>				<b>1.967,33</b>	<b>11,87</b>
<b>Custo operacional efetivo (COE)</b>				<b>16.567,10</b>	<b>100,00</b>
Depreciação equipamentos/instalações				110,00	
<b>Custo operacional total (COT)</b>				<b>16.677,10</b>	
<b>Custo de oportunidade (CO)</b>				<b>347,91</b>	
<b>Custo total (CT)</b>				<b>17.025,01</b>	

hm\*= hora/máquina; D\*\*=homem/dia

Ao analisarmos a relação entre os sistemas a partir da introdução das receitas adquiridas com o cultivo agrícola, é possível notar diferença no custo final entre eles, ou seja, a influência dos sistemas *taungya* na amortização dos custos de implantação do mogno africano (TABELA 9).

TABELA 9. Custos e receitas finais referentes a implantação e manutenção de um hectare de reflorestamento de *Khaya ivorensis* sob diferentes sistemas de cultivo, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

<b>T1</b>				
<b>Mogno cultivado puro (1,0 ha)</b>				
<i>Amort. Custos</i>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>Unit (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Custo Total (CT)				12.759,84
Receita Total (RT)				0,00
Custo Final (CT- RT)				12.759,84
<b>T2</b>				
<b>Mogno em consórcio (1,0 ha)</b>				
<b>Milho (1,0 ha)</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>Unit (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Milho Verde	Un	12.086,17	0,30	3.625,85
Produção grão	Sc (60kg)	39,68	40,00	1.587,30
Receita				5.213,15
<b>Mandioca (1,0 ha)</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>Unit (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Farinha	Sc (60kg)	17,02	120,00	2.042,42
Receita				2.042,42
<i>Amort. Custos</i>				
Custo Total (CT)				16.796,61
Receita Bruta (RB)				7.255,58
Custo Final (CT- RB)				9.541,03
<b>T3</b>				
<b>Mogno em consórcio (1,0 ha)</b>				
<b>Feijão (1,0 ha)</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>Unit (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Feijão Verde Mói	Un	283,45	4,00	1.133,79
Rend. Produção Grão	Kg	98,41	5,00	492,06
Receita				1.625,85
<b>Milho (1,0 ha)</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd</b>	<b>Unit (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Milho Verde	Un	12.726,76	0,30	3.818,03
Produção grão	Sc	36,34	40,00	1.453,51
Receita				5.271,54
<i>Amort. Custos</i>				
Custo Total (CT)				17.025,01
Receita Bruta (RB)				6.897,39
Custo Final (CT- RB)				10.127,62

A partir da introdução de receitas nos sistemas de *taungya*, foi verificado que o tratamento T2, apresentou maior redução do custo inicial de implantação e manutenção, obtendo diferença de 25,23% (R\$ 9.541,03 ha<sup>-1</sup>) nos valores gastos em relação ao cultivo puro (R\$ 12.759,84 ha<sup>-1</sup>). Já o sistema de *taungya* do tratamento T3 apresentou redução de 20,63% (R\$ 10.127,62 ha<sup>-1</sup>) em relação ao cultivo puro (R\$ 12.759,84 ha<sup>-1</sup>), ou seja, o retorno obtido

com a introdução das culturas agrícolas reduziu parte dos custos iniciais de plantio e manutenção do mogno africano (TABELA 9).

Para muitos produtores rurais as atividades braçais ou manuais, são desenvolvidas exclusivamente com mão de obra familiar. Esta realidade possibilita a formação de um novo cenário, que retira a terceirização e considera a família como base para execução destas atividades, reduzindo o custo final de implantação e manutenção da cultura florestal. Este cenário pode ser verificado na figura 11, que após o primeiro ano de cultivo do mogno africano, o tratamento T1 apresentou custo final de R\$ 7.775,45 ha<sup>-1</sup>. Já com a introdução de receitas, o tratamento T2 apresentou redução do custo final de 65,57% (R\$ 2.677,01 ha<sup>-1</sup>) e o tratamento T3 redução de 54,05% (R\$ 3.572,73 ha<sup>-1</sup>), em relação ao cultivo puro (R\$ 7.775,45 ha<sup>-1</sup>).

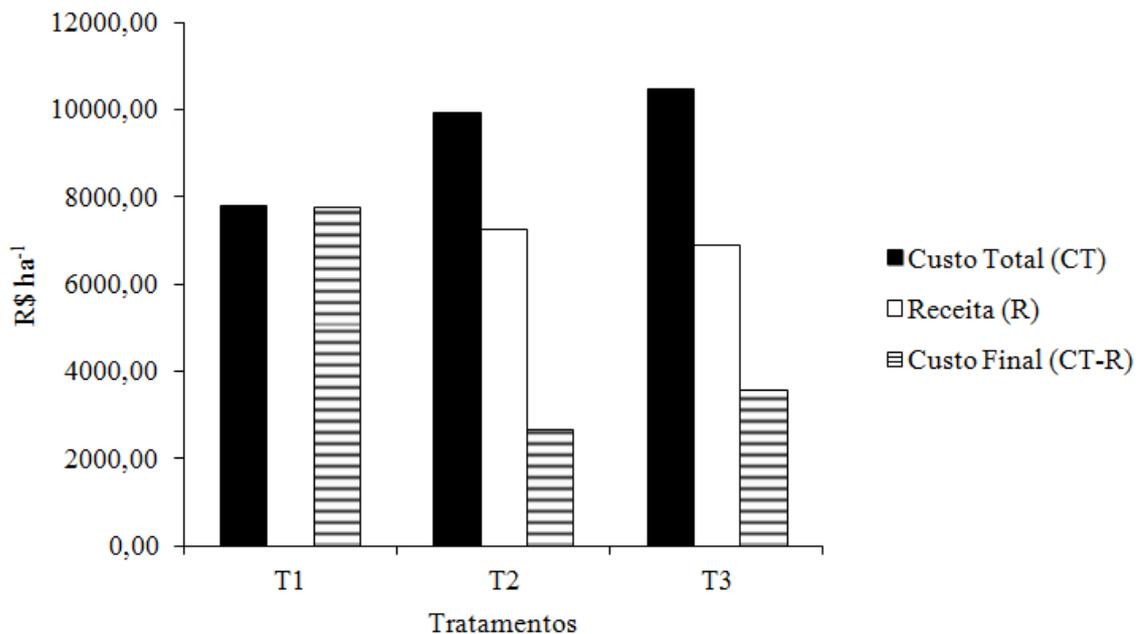


FIGURA 11. Custos e receitas referentes à implantação e manutenção de reflorestamento de *Khaya ivorensis* sob diferentes sistemas de cultivo, em experimento instalado no município de Porto Franco-MA.

## 6. CONCLUSÃO

O crescimento inicial do mogno africano (*Khaya ivorensis*) em altura, foi superior no tratamento em consorcio com feijão e milho (tratamento T3).

Os tratamentos não alteraram as propriedades químicas e granulométricas do solo.

Os sistemas consorciados resultaram em maior densidade de bactérias totais no solo.

Nos sistemas de *taungya*, o cultivo e venda das culturas agrícolas foram capazes de amortizar em 20,63% e 25,23%, respectivamente para o tratamento 2 e tratamento 3, o custo total de implantação e manutenção do plantio florestal no período avaliado. Contudo, ao retirar os custos de atividades manuais para o agricultor familiar, que utiliza mão de obra própria, o consórcio de mogno com milho e mandioca resultou no menor custo final, com uma redução de 65,57% em relação ao cultivo puro.

Ressalta-se ainda que, pelas dimensões alcançadas pelas plantas de Mogno africano, o espaçamento adotado permitirá que o consórcio com espécies agrícolas possa ser mantido por mais tempo, o que poderá contribuir com o aumento da amortização do investimento inicial.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPMA - Associação Brasileira Dos Produtores de Mogno Africano. **O mogno**. Disponível em: <<http://abpma.org.br/o-mogno/>>. Acesso em 29 de maio de 2020. 2020.
- ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; FERREIRA, D. H. A. A.; MONTEIRO, F. A. S. **Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes**. Floresta, v. 45, n.1, p. 141-150, 2015.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. da. S. **Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e Comerciais**. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe agropecuário. Embrapa Milho e Sorgo. 2001.
- AMADOR, D. B. **Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais**. In: KAGEYAMA, P. Y. *et al.* Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, p. 333-340. 2003.
- ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. **Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais**. Embrapa In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica. Brasília, DF; 2015.
- AZEVEDO, C.M.B.C.; SILVA, A.R.; ALVES, L.W.R.; FERNANDES, P.C.C.; CARVALHO, E.J.M.; VELOSO, C.A.C.; JÚNIOR, M.C.C.O. **Desempenho dos Componentes Agrícolas e do Mogno Africano (*Khaya ivorensis*) em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Município de Terra Alta-PA**. I Workshop de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia, p. 36-44. 2010.
- AZEVEDO, M. L. **Micropropagação e enraizamento de miniestacas de mogno africano (*khaya ivorensis* a. chev)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, 113p. Diamantina, MG, 2018.
- BACHA, C. J. C.; BARROS, A. L. M.; **Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro**. Scientia Forestalis, n. 66, p. 191-203, dez. 2004.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. DE; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. DOS; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.1-12, 2011.
- BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. **Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.7, p.1265-1276, jul. 1999.

BARBOSA, L.H.A. **Irrigação em plantas jovens de mogno africano (*khaya ivorensis*) no cerrado. Dissertação (mestrado)**. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, 2014.

BERNARDES, E. **Aposentadoria verde**. *Jornal Diário da Região*. Caderno – Agro Diário 08 de junho de 2019.

BEZERRA, A. A. C.; NETO, F. F.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. **Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas**. *Rev. Cienc. Agrar.*, v. 55, n. 3, p. 184-189, jul./set. 2012.

BOARETTO, A. E. **A evolução da população mundial, da oferta de alimentos e das ciências agrárias**. *Revista Ceres*, ISSN 0034-737X. 56(4): 513-526, 2009.

BOYD, E. S.; PETERS, J. W. **New insights into the evolutionary history of biological nitrogen fixation**. *Frontiers in Microbiology*, Volume 4. Article pg 201 - 209. 2013.

BRASIL. Lei N° 12.651, 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 29 de Abril de 2020. 2012.

BUNT, J. S.; ROVIRA, A. D. **Microbiological studies of some subantartic soils**. *Journal of the Soil Science*, Oxford, v. 6, n. 1, p. 119-128. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2389.1955.tb00836.x>>. 1955.  
CABI - Centre for Agriculture and Biosciences International. **Forestry Compendium** [online]. Wallingford: CAB International; [citado em 2013 aug 13]. Disponível em: [www.cabi.org/fc](http://www.cabi.org/fc). 2013.

CAMPOS. **Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás**

CASAROLI, D.; ROSA, F. O.; JUNIOR, J. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; BRITO, B. V.; PENA, D. S. **Aptidão edafoclimática para o mogno africano no Brasil**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 357-368, mar., 2018.

CASAROLI, D.; ROSA, F. O.; JÚNIOR J. A.; EVANGELISTA, A. W. P. **Phenology of African mahogany plants submitted to irrigation**. *Comunicata Scientiae*, v.8, n.2, p.239-246, Abr./Jun. 2017.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. **Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:1153-1155, 2004.

COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P. DE; OLIVEIRA, A. D. DE; COIMBRA, L. A. B.; SOUZA, A. N. DE. **Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco**. *Cerne*, v.14, p.368-378, 2008.

COSENZA, D. N.; NETO, S.N.O.; JACOVINE, L.A.G.; RODRIGUES C.R.; RODE, R.; VICENTE PAULO SOARES, V.P.S.; LEITE, H.G.L. **Avaliação econômica de projetos de sistemas agroflorestais**. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v. 36, n. 88, p. 527-536, out./dez. 2016.

COSTA R. B.; ARRUDA E. J.; OLIVEIRA L.C.S. **Sistemas agrossilvipastoris como alternativa sustentável para a agricultura familiar.** *Revista Internacional de Desenvolvimento Local.* Vol. 3, N. 5, p. 25-32, Set. 2002.

CHAGAS, J. M.; BRAGA, J. M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L. T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. B.; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, A. C. **Feijão.** In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação.** Viçosa: CFSEMG, p. 306-307. 1999.

**COUTO. Desempenho de Cultivares de Milho Destinados para Produção de Milho Verde e Silagem**

DARONCO, C.; MELO, A. C. G; MACHADO, J. A. R. **Consórcio de espécies nativas da floresta estacional semidecidual com mandioca (*manihot sculenta crantz*) para restauração de mata ciliar.** *Revista Árvore, Viçosa-MG,* v.36, n.2, p.291-299, 2012.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America, 1994.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 306p. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Guia Prático para Interpretação de resultados de análises de solo.** Embrapa Tabuleiros Costeiros ISSN 1678-1953 206. 15p. Dezembro, 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Feijão-caupi: o produtor pergunta, a Embrapa responde / Milton José Cardoso ... [et al.], editores técnicos.** ISBN 978-85-7035-693-2. Brasília, DF, 2017.

FIALHO J. F; VIEIRA E. A. **Mandioca no Cerrado : orientações técnicas.** *Embrapa Cerrados.* 208 p. ISBN: 978-85-7075-058-7 – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2011.

FAGUNDES, P.R.O. **Propagação vegetativa de mogno africano. Dissertação (mestrado).** Universidade Federal de Roraima. Boa Vista - RR, 2013.

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,* p.52, 1999.

FAVARATO. **Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico.** 2016.

FAO - Food Agriculture Organization. **Timber plantations in the humid tropics of Africa.** ISBN 92-5-103020-0. Centre Technique Forestier Tropical. Rome, 1993.

FERREIRA, M.C.S.; ANDRADE, D.O.; CHUEIRE, L.M.; TAKEMURA, S.M.; HUNGRIA, M. **Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean.** *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 627-637. 2000.

FRANÇA, T. S. F. A. **Caracterização tecnológica das madeiras de duas espécies de mogno africano (*khaya ivorensis* a. chev. e *khaya senegalensis* (desr.) a. juss.).** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 105p. Jerônimo Monteiro, ES, 2014.

FREIRE, F. M.; FRANÇA, G. E.; VASCONCELLOS, C. A.; FILHO, I. A. P.; ALVES, V. M. C.; PITTA, G. V. E. **Milho.** In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação.** Viçosa: CFSEMG, p. 312-313. 1999.

GOMES, H. A. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.** Serra Talhada. Folha SB.24-Z-C. Estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. Escala 1:250.000 / organizado por Hermanilton Azevedo Gomes. – Brasília: CPRM, 2001.

GRAÇA, L. R. RODIGHIERI, H. R.; CONTO, A. J. **Custos florestais de produção: conceituação e aplicação.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 32 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 50).

GRIGULO. **Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em tangará da serra, mt, Brasil.** 2011.

GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de manejo.** Relatório de Pesquisa. Belém: Imazon, 42 p. 2002.

GUIMARÃES, K.; MARINHO, P. S. B.; SILVA, M. F. G. V.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; MÜLLER, M. W. **Limonóides isolados na família Meliaceae.** In: XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares, 2004.

GURGEL FILHO, O. A. **Plantio de eucalipto consorciado com milho.** *Silvicultura em São Paulo*, v.1, p.85-102, 1962.

IMO, M. **Interactions amongst trees and crops in taungya systems of western Kenya.** DOI 10.1007/s10457-008-9164-z. *Agroforest Syst* (2009) 76:265–273. Springer Science+Business Media B.V. 2008.

ITTO - International Tropical Timber Organization. **African mahogany has great potential in Brazil.** In: *Tropical Timber Market Report*. Volume 19 - Number 09 - 1st - 15th May, 2015.

JENKINSON, D. D.; LADD, L. N. **Microbial biomass in soil: measurement and turnover.** In: PAUL, E. A.; LADD, J.N. (Eds.). *Soil biochemistry*. New York: M. Dekker. v. 5, p. 415-471. 1981.

JÚNIOR L. L. F.; ISABEL SANTOS, C.L.; SANTOS A. **First Report of *Parasaissetia nigra* in *Khaya ivorensis* Seedlings in Brazil.** 26(3): e20180156 <https://doi.org/10.1590/2179-8087.015618>. ISSN 2179-8087. *Floresta e Ambiente*. 2019.

KANEKO F. H.; ARF O.; GITTI D. C.; TARSITANO M. A. A.; RAPASSI R. M. A.; VILELA R. G. **Custos e rentabilidade do milho em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada.** *Pesq. Agropec. Trop.* ISSN 1983-4063. Goiânia, v. 40, n. 1, p. 102-109, jan./mar. 2010.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra.** Mexico : Fondo de Cultura Economica, p.478, 1948.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1990.

LELES, P. S. S.; MORAES, L. F. D.; SANTOS, F. A. M.; NASCIMENTO, D. F. **Plantas companheiras para controle de plantas daninhas na restauração florestal.** In: **Controle de plantas daninhas em restauração florestal - Alexander Silva de Resende, Paulo Sérgio dos Santos Leles.** Brasília, DF: Embrapa, 2017.

LABGEO. **Atlas do Maranhão.** UEMA, São Luis, pp. 39, 2002.

LAUDARES, S. S.A.; BORGES, L.A.C.; ÁVILA, P. A.; OLIVEIRA, A. L.; SILVA, K. G.; LAUDARES, D.C.A. **Agroforestry as a sustainable alternative for environmental regularization of rural consolidated occupations.** *Revista Cerne* | v. 23 n. 2 | p. 161-174 | 2017.

LEMMENS, R. H. M. J. **Khaya ivorensis A. Chev.** In: Louppe, D.; Oteng-Amoako, A. a.; Brink, M. (Eds). *PROTA (Recursos de l’Afrique vegetales tropicale)*, Wageningen, v. 7, n. 1, 2008.

LIMA, A. C. B. **Efeito da modificação térmica nas propriedades da madeira de mogno africano (khaya ivorensis a. chev.).** Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2019.

LIMA. **Avaliação de cultivares de milho para consumo *in natura* em Jataí – GO.**

LOSS A.; RIBEIRO E.C; PEREIRA M.G.; COSTA E.M. **Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril em santa teresa, ES.** *Biosci. J.*, Uberlandia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, Sept./Oct. 2014.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios gerais e planejamento de sistemas agroflorestais.** 27 p. (Circular técnico, 22). Rio Branco - AC: Embrapa Acre, 1998.

MAGALHÃES A.G.S.; SILVA M.L.; SALLES T.T.; REGO L.J.S. **Análise econômica de sistemas agroflorestais via uso de equações diferenciais.** *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.73-79, 2014.

MANGABEIRA, J. C.; TÔSTO S. G.; ROMEIRO, A. R. **Valoração de serviços ecossistêmicos: estado da arte dos sistemas agroflorestais (SAFs).** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

MARTIN, C. **Suzano Papel e Celulose inicia operações da Unidade Imperatriz.** Revista O papel. Janeiro de 2014. Disponível em: [http://www.revistaopapel.org.br/noticiaanexos/1390237621\\_b00e82bd5f2664bc7202e3a3ee742281\\_1950692413.pdf](http://www.revistaopapel.org.br/noticiaanexos/1390237621_b00e82bd5f2664bc7202e3a3ee742281_1950692413.pdf). Acesso em: 2020.

MARTIN, J. P. **Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi.** Soil Science, Philadelphia, v. 69, p. 215-232, 1950.

MARTIN, N.B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M.D.M.; ÂNGELO, J.A.; OKAWA, H. **Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI.** Informações Econômicas, v.28, p.7-28, 1998.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F.; MARTINS, P. J. **Sistemas agroflorestais na recuperação de matas ciliares.** Revista Científica ANAP Brasil, v. 6, n. 7, jul. p. 195-212. 2013.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLETO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H. PEDROSO, IBY. A. **Metodologia de custo de produção pelo IEA.** Agricultura em São Paulo. Boletim Técnico de Instituto de Economia Agrícola. Anexo XXIII. Tomo I. São Paulo, 1976.

MEDEIROS, R.A.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; NETO, S.N.O.; VENDRÚSCOLO, D.G.S.; SILVA F.T. **Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de tectona grandis l.f. em sistema taungya.** <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000500012>. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.893-903, 2015.

MEDINA, G.; POKORNY, B. **Avaliação Financeira do Manejo Florestal Comunitário.** Novos Cadernos NAEA. ISSN 1516-6481. v. 14, n. 2, p. 25-36, dez. 2011.

MENDONÇA, B. R. CARVALHO F. MACEDO R.L.G. N. VENTURIN, VENTURIN, R. P. **Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas em áreas de pastagens degradadas no sul de Minas Gerais.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p. 1167, 2017.

MICCOLIS, A. PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCO-VERDE, M. F. HOFFMANN, M. R.; ABILIO, T. R.; PEREIRA, V. B. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga.** Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, Brasília. 2016.

MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal.** Livro. 3ª edição, 177p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MOSCOGLIATO, A. V.; TOREZAN, J.M.D. **Aboveground biomass in reforestation with native species established by means of Taungya agroforestry system.** Hoehnea 44(2): 202-210, 2017.

MORETTI, M.S. **Sistema agroflorestal com teca (*Tectona grandis* L.f.) no município de figueirópolis d' oeste, estado de Mato Grosso.** 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

MOTA, M. S. **Crescimento inicial de espécies nativas e exóticas em Sooretama, Espírito Santo.** Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.

MOURA, R. S.; SOUZA, K. R.; SOUZA, D.D.S.; SANTANA, G. M.; OLIVEIRA, G. M. D.; VENTUROLI, F. **Danos em *Khaya ivorensis* provocado por *Trigona spinipes* na savana brasileira.** 1(1):40-42. <http://dx.doi.org/10.22571/Actabra11201715>. *Acta Brasiliensis* 2017.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry.** Klgwer Academic Publishers. International Centre for Research in Agroforestry. ISBN 0-7923-2134-0 (alk. paper). 1993.

NETO, M. M. G.; VIANA, M. C., ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A.; SIMÃO, E. P.; CAMPANHA, M. M. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais.** B. Indústr. Anim., Nova Odessa, v.71, n.2, p.183-191, 2014.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M.L.; CURTI, N.; MACEDO, R.L.G.; MOREIRA, F.M.S.; D'ANDRÉA, A. F. **Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais.** Revista Ciênc. agrotec., Lavras, v. 33, n. 1, p. 105-112, jan./fev., 2009.

NIGUSSIE A, Z.; TSUNEKAWAA, A.; HAREGEWEYNB, N.; ADGOC, E.; TSUBOA M., AYALEW, Z.; ABELED, S. **Economic and financial sustainability of an *Acacia decurrens*-based *Taungya* system for farmers in the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia.** Volume 90, January 2020, 104331. *Land Use Policy* 90. 2020.

NOGUEIRA, F. D.; GOMES, J. C. **Mandioca.** In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação.** Viçosa: CFSEMG, p. 312-313. 1999.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Universidade Federa de Viçosa, Viçosa, MG. 399p. 1999.

OLIVARES, F. L.; BALDANI, V. L. D.; REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. **Occurrence of the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum* spp. in roots, stems, and leaves, predominantly of Gramineae.** *Biology and Fertility Soils*, Berlin, v. 21, p. 197-200, 1996.

OLIVEIRA. **Crescimento de leguminosas arbóreas e rendimento de milho em sistemas silviagrícolas.** 2012

OLIVEIRA, J. M. **Crescimento de *Khaya senegalensis* (Desv.) A. Juss e *Acacia mangium* Willd. em Mambá-GO.** Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014. Universidade de Brasília - UNB, 43p. Brasília, 2015.

OLIVEIRA, T. J. F. **Modelos para recuperação da floresta atlântica estacional semidecidual na faixa ciliar do rio Paraíba do sul**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Darcy Ribeiro – UENF, 224 p. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

OLIVEIRA, X. M.; RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; MAYRINCK, R. C.; LIMA, R.; SCOLFORO, J. R. S. **Volume equations for *Khaya ivorensis* A. Chev. plantations in Brazil**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170852>, ISSN 1678-2690, 2018.

PACIULLO, D. S.C.; LOPES, F. C. F.; MALAQUIAS JUNIOR, J. D.; VIANA, F. A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. **Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. **Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros**. *Rev. Bras. de Agroecologia*. 7(2): 63-76. 2012.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya spp.*)**. Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, Viçosa. 102p. 2011.

PEZARICO, C.R.; VITORINO A.C.T.; MERCANTE F.M.; DANIEL O. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais**. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.004>. *Rev. Cienc. Agrar.*, v. 56, n. 1, p. 40-47, jan./mar. 2013.

REGO C.A.R.M.;1; MUNIZ L.C.; REIS V.R.R.; CANTANHEIDE I.S.L.; COSTA B.P.; MARQUES E.O.; OLIVEIRA P.S.R. **Análise econômica da implantação de diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de pindaré-mirim, maranhão**. *Revista Sodebras*. Volume 13 N° 146 Fev/2018.

REIS C. A. F.; OLIVEIRA E. B.; SANTOS A. M. **Mogno-africano (*Khaya spp.*): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil**. ISBN 978-85-7035-923-0. 378 p. : il. color.; 21 x 25 cm. Brasília, DF : Embrapa, 2019.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. **Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas**. *Série Técnica IPEF*, v.11, n.30, p.9-22, 1997.

RIBEIRO, A.; FILHO A. C. F.; SCOLFORO J. R. S. **O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya spp.*) e o Crescimento da Atividade no Brasil**.; <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.076814> ISSN 2179-8087. *Floresta e Ambiente*, 2017.

RIBEIRO, J. M.; FRAZÃO L. A., CARDOSO P. A. S.; OLIVEIRA A. L. G.; SAMPAIO R. A.; FERNANDES L. A.; **Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro**. *Ciência Florestal*. Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 913-923, abr./jun. 2019.

RODRIGUES, E. R.; , CULLEN JR, L.; BELTRAME, T. P.; MOSCOGLIATO, A. V.; SILVA, I. C. **Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para**

**recuperação de reserva legal no pontal do paranapanema, São Paulo.** Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.941-948, 2007.

ROESCH, L. F.; CAMARGO, F.; PEDRO SELBACH, P.; SACCOL DE SÁ, E.; PASSAGLIA, L. **Identificação de cultivares de milho eficientes na absorção de nitrogênio e na associação com bactérias diazotróficas.** *Ciência Rural*, v.35, n.4, jul-ago, 2005.

SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; MIRANDA, B. M. Desempenho do mogno africano (*khaya ivorensis*) no sistema ilpf em Terra Alta-PA. *Anais*, vol I, ISSN 2316-7637. 2017.

SANTOS, A. M.; REIS, C. F.; AGUIAR, A. V.; FILHO, A. N. K.; CIRIELLO, E.; SILVA, J. A.; BORGES, C. T. **Aspectos silviculturais**, p. 117-160. Brasília, DF: Embrapa, 2019. In: REIS C. A. F. *et al.* **Mogno-africano (*Khaya spp.*): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil.** ISBN 978-85-7035-923-0. 378 p. : il. color. ; 21 x 25 cm. Brasília, DF : Embrapa, 2019.

SCHLONVOIGT, A. **Sistemas taungya.** CATIE, Turrialba, n. 42, 116p. 1998.

SERRA, V. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D. **Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto.** In: BUNGENSTAB, D. J. (Org.). *Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável.* Brasília, DF: Embrapa, p. 49-72. 2012.

SILVA, E.F.; BARROS -JUNIOR, A.P.; SILVEIRA, L.M. da; SANTANA, F.M. de S.; SANTOS, M.G. dos. **Avaliação de cultivares de feijão-caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada-PE.** *Revista Caatinga*, v.26, p.21-26, 2013.

SILVA, R. S.; VENDRUSCOLO, D. G. S.; ROCHA, J. R. M.; CHAVES, A. G. S.; SOUZA, H. S.; MOTTA, A. S. **Desempenho Silvicultural de *Tectona grandis* L. f. em Diferentes Espaçamentos em Cáceres, MT.** *Floresta e Ambiente*, 23(3): 397-405. 2016.

SINGH J.S.; PANDEY V. C.; SINGH D.P. **Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development.** *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 339–353. 2011.

SOMARRIBA, E. **Revisiting the past: an essay on agroforestry definition.** Article in *Agroforestry Systems*, 19 :233-240, 1992.

SOUSA, J. L. M.; ROCHA, M. M; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C.; E SOUSA, R. R. S. **Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.50, n.5, p.392-398, maio 2015.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; NETO, S. N. O.; BRIANEZII, D.; ALVES, E. B. B. M. **Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono.** *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v. 34, n. 79, p. 235-244, jul./set. 2014.

URQUIAGA, S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de, TEIXEIRA, M. G. **Avaliação de algumas leguminosas herbáceas perenes submetidas a fontes e doses de fósforo.** XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1997.

VASCONCELLOS, R. C.; BELTRÃO, N. E. S. **Avaliação de prestação de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais através de indicadores ambientais.** *Interações*, DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v19i1.1494>, Campo Grande, MS, v. 19, n. 1, p. 209-220, jan./mar. 2018.

VELASQUES, Nathalia Cardoso; JACOBI, Ubiratã Soares; CARDOSO, Joel Henrique. **Espécies nativas e naturalizadas utilizadas em consórcios para formação de cercas vivas.** ISSN 1980-9735. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [S.l.], v. 10, n. 1, nov. 2015.

VIEIRA, P. A.; CONTINE, E. HENZ, G. P.; NOGUEIRA, V. G. C. **Geopolítica do alimento. O brasil como fonte estratégica de alimentos para a humanidade.** ISBN 978-85-7035-933-9. Brasília, DF : Embrapa, 2019.

WEZEL A.; CASAGRANDE M.; CELETTE F.; VIAN J.F.; FERRER A.; PEIGNÉ J. **Agroecological practices for sustainable agriculture. A review.** DOI 10.1007/s13593-013-0180-7. *Agron. Sustain. Dev.* (2014) 34:1–20. INRA and Springer-Verlag France, 2013.

YADAV, R. S.; YADAV, B. L.; CHHIPA, B. R. **Litter dynamics and soil properties under different tree species in a semi-arid region of Rajasthan, India.** *Agroforestry Systems*, v. 73, n. 1, p. 1-12, 2008.

YADAV, R. S.; YADAV, B. L.; CHHIPA, B. R.; DHYANI, S. K.; RAM, M. **Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semi-arid region of Rajasthan, India.** DOI 10.1007/s10457-010-9277-z. Springer Science+Business Media B.V. 2010.

ZILLI, J.E.; PEREIRA, G.M.D.; FRANÇA JÚNIOR, I.; SILVA, K.; HUNGRIA, M. E ROUWS, J.R.C. **Dinâmica de rizóbios em solo do cerrado de Roraima durante o período de estiagem.** *Acta Amazônica*, vol. 43, n. 2, p. 153-160. 2013.