

## Qualidade de povoamentos de Mogno africano na Amazônia Oriental

### *Quality of african mahogany plantations in Eastern Amazon*

***Kamila da Silva Teles Gonçalves<sup>1</sup>, Hermogenes Ronilson Silva de Sousa<sup>1</sup>, Daiane de Cinque Mariano<sup>2</sup>, Ângelo Augusto Ebling<sup>3</sup>, Cândido Ferreira de Oliveira Neto<sup>4</sup>, Ricardo Shigueru Okumura<sup>5</sup>***

**RESUMO:** *Khaya grandifoliola* (mogno africano) é uma espécie com grande potencial de mercado devido ao elevado valor agregado de sua madeira, rápido crescimento e resistência a pragas. O objetivo do estudo foi mapear variáveis dendrométricas, fitotécnicas e sanitárias de povoamentos distintos de mogno africano e indicar as características e potencialidades da produção nestas áreas. O estudo foi realizado no município de Curionópolis, Pará (áreas com monocultivo de mogno africano, consórcios de mogno africano com milho e mamão). As avaliações consistiram na análise de correlação entre o diâmetro e altura das plantas e análises geoestatísticas da sanidade, qualidade de copa, ramificações, qualidade de fuste e de sobrevivência. A correlação entre altura e diâmetro apresentou maiores valores para o consórcio com milho, indicando adaptabilidade do mogno africano. As áreas de estudo apresentaram forte dependência espacial das variáveis analisadas. Os plantios apresentaram menor incidência de pragas e ramos quando consorciados. Logo, os plantios de mogno africano apresentaram resultados favoráveis após sua implantação na região da Amazônia Oriental, essencialmente quando consorciados.

**Palavras-Chave:** Crescimento. *Khaya* spp. Sistema integrado.

**ABSTRACT:** *Khaya grandifoliola* (african mahogany) is a species with great market potential due to the high added value of its wood, fast growth and resistance to pests. The objective of the study was to map dendrometric, phytotechnical and sanitary variables of different stands of african mahogany and indicate the characteristics and potential of production in these areas. The study was carried out in municipality of Curionópolis, Pará (areas with african mahogany monoculture, african mahogany consortia with corn and papaya). The evaluations consisted of the analysis of correlation between the diameter and height of the plants and geostatistical analyzes of the health, crown quality, ramifications, canopy quality and survival. The correlation between height and diameter showed higher values for intercropping with maize, indicating adaptability of african mahogany. The study areas showed a strong spatial dependence of the analyzed variables. The plantations had a lower incidence of pests and branches when intercropped. Therefore, african mahogany plantations showed favorable results after their implementation in the Eastern Amazon region, essentially when intercropped.

**Keywords:** Growth. Integrated system. *Khaya* spp

**Autor correspondente:** Ricardo Shigueru Okumura  
E-mail: ricardo\_okumura@hotmail.com

Recebido em: 07/04/2021  
Aceito em: 19/01/2023

<sup>1</sup> Graduação em Engenheiro florestal pela Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas (PA), Brasil.

<sup>2</sup> Professora Adjunta III da Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas (PA), Brasil.

<sup>3</sup> Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Parauapebas (PA), Brasil

<sup>4</sup> Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém (PA), Brasil.

<sup>5</sup> Professor Associado I da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Parauapebas (PA), Brasil.



## INTRODUÇÃO

A espécie *Khaya grandifoliola*, pertencente à família Meliaceae, é conhecida popularmente no Brasil como mogno africano. É uma espécie com grande potencial de mercado em âmbito nacional e internacional devido ao alto valor encontrado para sua madeira (Souza *et al.*, 2020). O aumento de áreas plantadas com mogno africano na Região Norte do Brasil é decorrente de características como o rápido crescimento e resistência ao ataque de pragas, associado à crescente demanda madeireira (Ribeiro *et al.*, 2017).

O plantio do mogno africano vai além do monocultivo. Essa espécie tem se destacado em sistemas integrados ou agroflorestais, a partir da associação com culturas agrícolas anuais ou perenes, pastagens e plantas para adubação verde (Silva *et al.*, 2016). As espécies de ciclo curto e semi perenes dos arranjos contribuem para melhoria das condições físicas e químicas do solo, principalmente devido ao rápido crescimento que proporciona aumento na umidade do solo, com restabelecimento e produção dos serviços ecossistêmicos (Celentano *et al.*, 2020).

De acordo com Silva e Sales (2018), significativas variações no incremento, tanto na altura como no diâmetro, decorrem de cultivos em sistemas agroflorestais, em que renques reduzem a competição, e, neste caso, culturas anuais e forrageiras influenciam no crescimento e desenvolvimento dos componentes florestais. Adicionalmente, o crescimento em diâmetro e altura do mogno africano em sistemas integrados pode ser superior aos obtidos em *Eucalyptus* sp. e *Schizolobium* sp. (Silva; Schwartz, 2019).

O crescimento das plantas de mogno africano em monocultivos ou integrado apresenta variações mesmo em áreas consideradas homogêneas, devido à adaptabilidade do local e da espécie, influenciados pelas condições climáticas, geográficas, ecológicas e socioeconômicas (Zhu *et al.*, 2019). Logo, tomar conhecimento das variabilidades existentes ao longo das áreas florestadas torna-se um importante auxílio para a eficiência na determinação das estratégias de manejo (Coelho *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2015; Matias *et al.*, 2015).

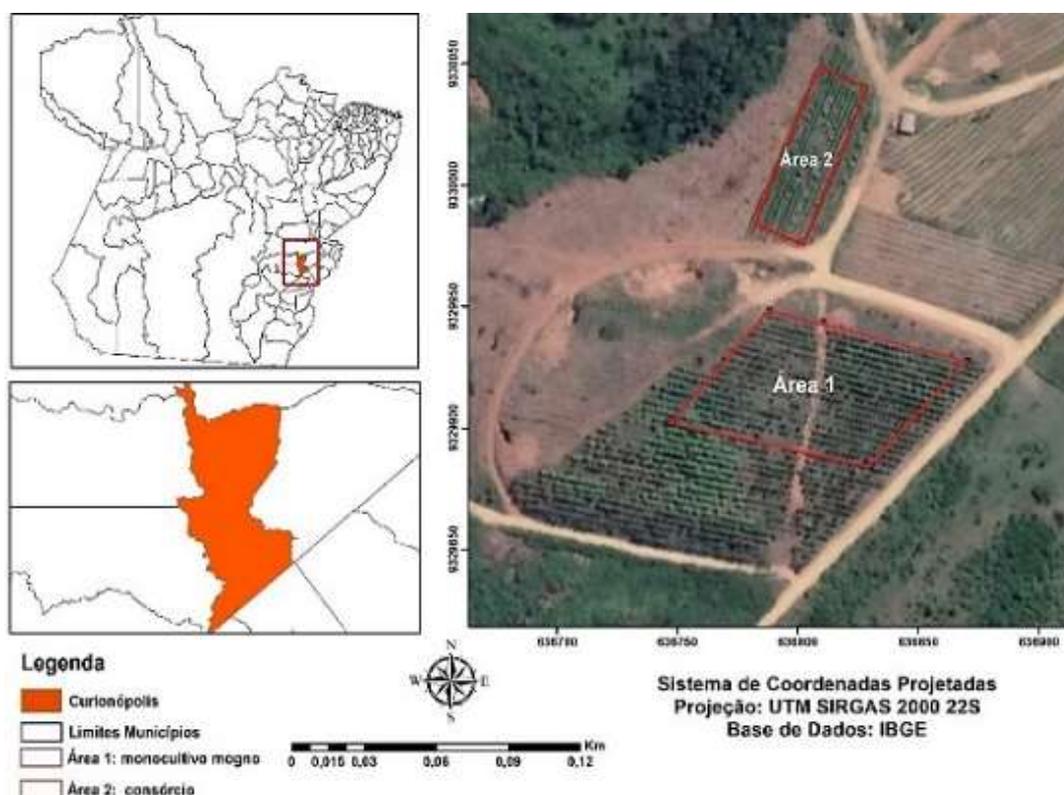
De acordo com Hengl (2009), como algumas das variáveis relacionadas às características do solo expressam comportamento espacial, é possível realizar a análise por modelos de semivariogramas teóricos, componentes da análise geoestatística (Yamamoto; Landim, 2013). Nesse sentido, o uso da geoestatística pode ser utilizado como ferramenta que descreve o comportamento espacial de variáveis, permitindo associar as respostas com o desenvolvimento e/ou produção vegetal. Assim, uma vez conhecido o modelo da dependência espacial, pode-se mapear a área estudada (Moral *et al.*, 2020), o que permite ao produtor uma

melhor compreensão acerca das condições do plantio, gerando subsídio para um manejo florestal eficiente.

Com base na importância do mogno africano na Região Norte do país, torna-se essencial estudar parâmetros de qualidade das plantas utilizando como base critérios que indiquem o comportamento das variáveis de crescimento, bem como a influência da competição intra e interespecífica. Dessa forma, o objetivo do estudo foi mapear variáveis dendrométricas, fitotécnicas e sanitárias de dois povoamentos de mogno africano cultivado na Amazônia Oriental.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma propriedade privada com histórico de pastejo extensivo, localizada no município de Curionópolis, Pará, no período de janeiro a março de 2019. Na propriedade foram estudadas duas áreas distintas: área um (1) caracterizada por um monocultivo de mogno (MM); área dois (2) compreendia um consórcio de mogno/milho (M1) e mogno/mamão (M2) (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de localização do monocultivo de mogno (área 1) e consórcio de mogno/milho e mogno/mamão (área 2).

A classificação climática de acordo com Köppen é “Aw”, com chuvas concentradas de dezembro a março e estação seca de junho a setembro (Climate Data, 2020), podendo variar para “Aw” apresentando chuvas de dezembro a maio, com precipitação pluvial média anual de 1.626 mm ano<sup>-1</sup>, umidade relativa do ar média de 78,2% e temperatura do ar média de 26,8 °C (Inmet, 2019). A região de Carajás, assim como a maior parte da Amazônia brasileira, não apresenta uma amplitude térmica elevada durante o ano (Paiva *et al.*, 2020).

O plantio da *Khaya grandifoliola* foi seminal e as avaliações foram realizadas no período que a área 1, que consiste em um monocultivo (MM), apresentava a idade de 24 meses (9.660,92 m<sup>2</sup> com espaçamento de 3 x 3 m, totalizando 1.260 plantas de mogno avaliadas) e a área 2, com 14 meses de plantio (2.400 m<sup>2</sup> com espaçamento entre linhas e entre plantas de 3 x 2 m, totalizando 274 plantas avaliadas), em sistema integrado, subdividida no consórcio mamão/mogno (M1) e milho/mogno (M2). Nas áreas avaliadas foram realizadas adubações, roçagem manual e capina química com glifosato, sempre que necessário.

As avaliações foram realizadas em janeiro de 2019 nas áreas 1 e 2, adotando malhas amostrais de 100 x 70 m e 80 x 40 m, respectivamente, com espaçamento distanciado de seu vizinho de 3 x 3 para MM e 3 x 2 m para M1 e M2, nos eixos X e Y. A coleta das coordenadas geográficas foi realizada com o auxílio de aparelho GPS, para posterior análise geoestatística de variáveis contínuas e categorização das variáveis discretas: QS (Qualidade de Sanidade), QC (Qualidade de Copa), R (Ramificações) e QF (Qualidade de Fuste), de acordo com a metodologia descrita por Carmo *et al.* (2018) (Quadro 1). A correlação de Pearson (r) foi calculada entre os pares de variáveis DAP (diâmetro à altura do peito) e altura (h). Também foi calculado o Percentual de Sobrevivência (PS) nas áreas de estudo.

Para medir o grau de relação linear pelo coeficiente de correlação linear de Pearson (r), sua intensidade foi representada por um valor numérico que oscila entre -1 e 1, em que os valores modulares calculados entre 0,1 a 0,3 apresentam baixa correlação, em valores modulares que variam de 0,4 a 0,5 a correlação é considerada moderada e valores modulares acima de 0,5 apresentam alta correlação (Cargnelutti *et al.*, 2010).

**Quadro 1.** Variáveis dendrométricas, fitotécnicas e sanitárias avaliadas no mogno africano

Qualidade de Sanidade (QS)		
Código	Atributo	Descrição
1	Boa	Sem presença de problemas fitossanitários
2	Regular	Condição intermediária, doenças e/ou pragas presentes, mas não interferem no desenvolvimento da árvore
3	Ruim	Presença danosa de pragas e/ou doenças
4	Mortalidade	Plantas mortas
Qualidade de Copa (QC)		

Código	Atributo	Descrição
1	Boa	Copa com alta densidade de folhas
2	Regular	Copa com densidade intermediária de folhas
3	Ruim	Copa com baixa densidade de folhas
4	Mortalidade	Plantas mortas
<b>Qualidade de Fuste (QF)</b>		<b>Ramificações (R)</b>
Código	Atributo	Atributo
1	Cilíndrico	Sem ramificações
2	Tortuoso	Uma ramificação
3	Muito Tortuoso	Duas ou mais ramificações
4	Mortalidade	Mortalidade

Para elaboração dos mapas com as variáveis dendrométricas, fitotécnicas e sanitárias das plantas (didático e visual), os dados coletados foram organizados em planilha eletrônica e, posteriormente, submetidos ao método de interpolação por krigagem por meio do *software* GS+ versão 7, que, considerando a dependência espacial, estimou os dados sem tendência e com mínima variância.

Para verificar a dependência espacial das variáveis, interpolar dados e elaborar mapas a partir de ajustes de semivariogramas estimados pela equação (1), foi empregada a análise geoestatística (Silva *et al.*, 2020).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Em que:

$\hat{\gamma}(h)$  = valor da semivariância para uma distância  $h$ ;

$N(h)$  = número de pares experimentais de observações;

$Z(x_i)$  = valor do atributo  $Z$  em uma posição  $x_i$ ;

$Z(x_i + h)$  = valor do atributo  $Z$  em uma posição  $x_i$ , separado por uma distância  $h$ .

Para as estimativas das semivariâncias em quaisquer distâncias entre as amostras foram testados os modelos de variogramas teóricos: esférico (2), exponencial (3) e gaussiano (4), ajustados com base na equação segundo Yusuf *et al.* (2020):

$$\gamma = C_0 + C \left[ \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{h}{A} \right) - \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{h}{A} \right)^3 \right]; \text{ se } h > A, \text{ então } \gamma = C_0 + C \quad (2)$$

$$\gamma = C_0 + C \left[ 1 - e^{-h^2/A^2} \right]; \text{ se } h > A, \text{ então } \gamma = C_0 + C \quad (3)$$

$$\gamma = C_0 + C \left[ 1 - e^{-h^2/A^2} \right]; \text{ se } h > A, \text{ então } \gamma = C_0 + C \quad (4)$$

Em que:

$\gamma(h)$  = semivariância da variável  $Z(x_i)$ ;  
 $h$  = vetor de distância euclidiana;  
 $C_0$  = efeito pepita;  
 $C$  = variância *a priori*;  
 $A$  = alcance;  
 $k$  = parâmetro de suavidade ( $k > 0$ ).

A seleção do modelo teórico foi realizada ao se observar a menor soma do quadrado dos resíduos (SQR), o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o maior grau de dependência espacial (GDE) (Barbieri *et al.*, 2017), definido pela relação ( $C_0/C_0+C$ ) (Ahmed, 2015), que considera valores de GDE menores que 25% com dependência espacial forte, valores de GDE entre 25% e 75% indicam dependência espacial moderada, e; valores de GDE maiores que 75% determinam dependência espacial fraca.

A estrutura do variograma teórico foi composta pelo efeito pepita ( $C_0$ ), que corresponde ao valor da semivariância para a distância zero e indica a variação ao acaso; o patamar ( $C_0+C$ ), que representa a estabilização dos valores do variograma aproximadamente igual à variância dos dados; a variância *a priori* ( $C$ ), que foi dada pela diferença entre o patamar ( $C_0+C$ ) e o efeito pepita ( $C_0$ ).

Como o semivariograma é uma função crescente, à medida que aumenta a distância ( $h$ ), a semivariância entre os pares de pontos amostrais tende a elevar-se até o limite em que dois pontos amostrais passam a ser independentes e sem correlação espacial (Brunsdon; Comber, 2018). O alcance ( $A$ ), que foi definido pela distância em que o variograma alcança o patamar e indica o limite em que as unidades amostrais se encontram correlacionadas (Nunes *et al.*, 2020). Também pela avaliação do  $A$  é possível determinar o limite da dependência espacial entre as amostras.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A correlação de Pearson entre as variáveis avaliadas (altura e diâmetro) na área M2 apresentou grau de correlação moderado ( $r = 0,5$ ), possivelmente devido ao ciclo da cultura, uma vez que a alta demanda nutricional das culturas agrícolas anuais influencia na disponibilidade dos nutrientes no solo, por ser a absorção acumulada máxima de N, P e K ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) maior no sistema de consórcio comparativamente às monoculturas (Silva *et al.*, 2019), diferindo do resultado para MM e M1, que apresentaram alto grau de correlação, com  $r = 0,7$  e  $0,8$ , respectivamente.

O resultado obtido em MM foi promovido pela plasticidade inerente à espécie, sua adaptabilidade a diferentes regiões e às variações do meio, por possuir atributos favoráveis ao seu crescimento e produção (Coelho *et al.*, 2020). E ainda, por se tratar de uma espécie heliófila com tolerância à sombra na fase juvenil (Ribeiro *et al.*, 2017), associada a maior estabilidade por ser um povoamento mais velho comparado à área de consórcio.

Como a área M2 recebeu o plantio de milho na fase inicial, em consórcios ocorre um aumento de N no solo em detrimento do monocultivo, proporcionado pelo aumento e ciclagem da matéria orgânica do solo (Rodrigues *et al.*, 2016). Para Wilton *et al.* (2017) podem ser consideradas as melhorias na qualidade física, química e biológica do solo, que explicam a forte dependência espacial (GDE inferior a 17%), possibilitando elaborar os mapas por Krigagem (Tabela 1).

**Tabela 1.** Parâmetros do modelo teórico ajustado para as variáveis mapeadas em plantio de mogno

Variáveis	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	GDE (%)	R <sup>2</sup> (%)
Qualidade de sanidade	Exponencial	0,21	1,31	16	46
Qualidade de copa	Exponencial	0,26	1,52	17	51
Ramificações	Exponencial	0,52	3,02	17	49
Qualidade de fuste	Exponencial	0,20	1,33	15	51

O modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos semivariogramas para as variáveis resultantes da área MM, por se ajustar satisfatoriamente às variáveis vegetativas (Debastiani *et al.*, 2018). Contudo, Klinke Neto *et al.* (2017) descrevem que o modelo esférico se destaca por apresentar melhor ajuste nos atributos de solo e planta.

As áreas em consórcios de mogno com as culturas de mamão (M1) e milho (M2) apresentaram forte dependência espacial (GDE não ultrapassou os 25%) com alcance de 60 metros, mostrando que a malha amostral foi eficiente para representar as variáveis analisadas (Tabela 2).

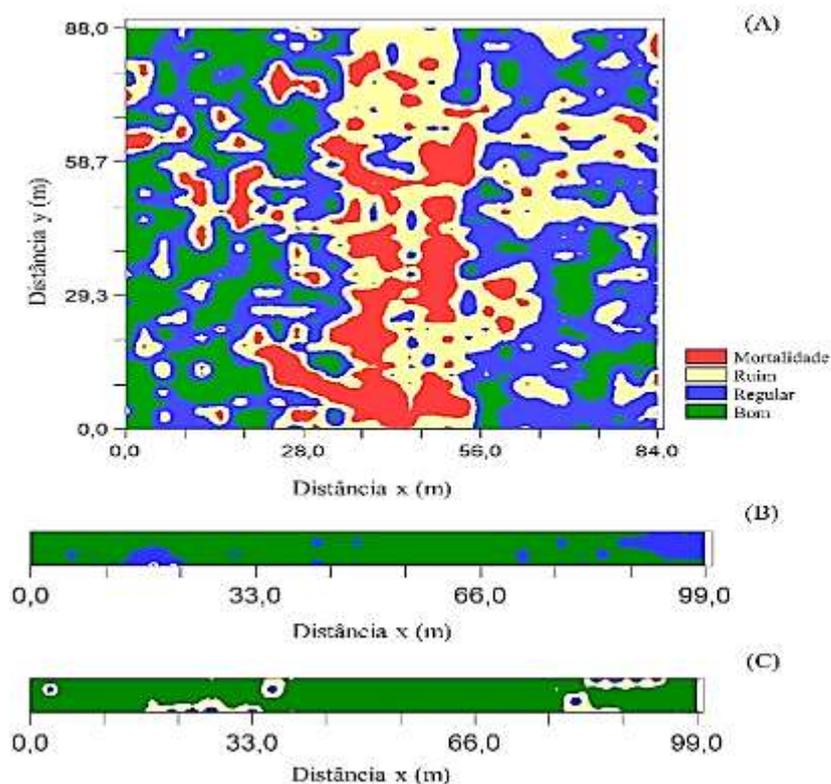
**Tabela 2.** Parâmetros do modelo teórico ajustado para as variáveis mapeadas

Consórcio Mogno x Mamão					
Variáveis	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	GDE (%)	R <sup>2</sup> (%)
Qualidade de sanidade	Exponencial	0,24	1,44	17	59
Qualidade de copa	Exponencial	0,24	1,43	17	61
Ramificações	Exponencial	0,40	1,58	25	93
Qualidade de fuste	Exponencial	0,23	1,44	16	59
Consórcio Mogno x Milho					
Qualidade de sanidade	Exponencial	0,25	1,45	17	61
Qualidade de copa	Exponencial	0,23	1,45	16	61
Ramificações	Exponencial	0,27	1,57	17	82
Qualidade de fuste	Exponencial	0,24	1,45	16	59

O modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos semivariogramas para as áreas M1 e M2, que pode indicar uma baixa e média continuidade da variabilidade espacial, somada a uma alta interferência do meio e as características da própria espécie estudada, explicados mais facilmente pelos modelos exponencial ou esférico. Quando a variabilidade espacial apresenta um padrão de continuidade na área, normalmente o modelo gaussiano é o que melhor se ajusta aos semivariogramas (Bottega *et al.*, 2013).

Apesar da tendência do valor da semivariância para 0 resultando na ocorrência do efeito pepita nas três áreas avaliadas ( $C_0 = 0,21$  a  $0,52$ ), Hengl (2009) verificou que parte da descontinuidade apresentada pelo efeito pepita pode ser oriunda de erros de medição. Dessa forma, por se tratar de um possível erro amostral as áreas não sofreram tanta influência pela descontinuidade, o que pode ser constatado pelos valores obtidos do GDE (16% = forte a 25% = moderado).

A partir dos semivariogramas foram elaborados os mapas da variabilidade espacial. Para a sanidade das plantas, a área 1 (MM) apresentou 38,57% dos indivíduos com boa qualidade, 32,06% com qualidade regular e 29,27% com qualidade ruim. Na área 2 (M1) 64% dos indivíduos apresentaram boa qualidade, 24% com qualidade regular e 12% com qualidade ruim. Enquanto na área M2, 76% das árvores do plantio apresentavam boa qualidade de sanidade, 16% qualidade regular e apenas 8% dos indivíduos com qualidade considerada ruim (Figura 3).

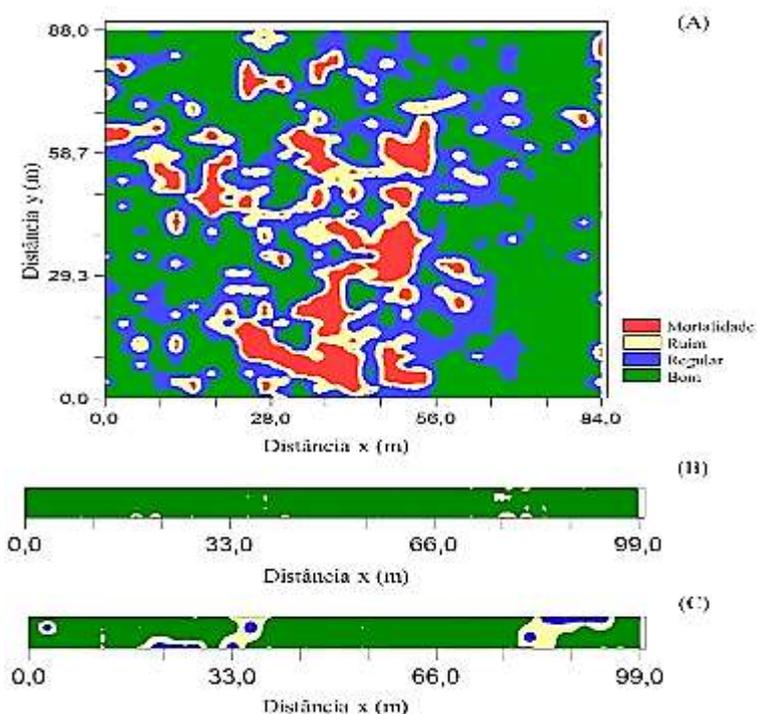


**Figura 3.** Mapa de demonstração visual da qualidade de sanidade do povoamento de mogno africano em monocultivo (A); consórcio com mamão (B); consórcio com milho (C).

Nos plantios avaliados o mogno africano apresentou problemas razoáveis com incidência de pragas e doenças (MM = 29,27%, M1 = 12% e M2 = 8%), que na maioria dos casos agem pontualmente, contudo, não foram nulos os efeitos causados pelos mesmos, como no caso do aparecimento de fungos que acarretam na desfolha, principalmente da parte jovem das árvores (Lustosa *et al.*, 2020).

A dependência espacial foi classificada como forte, pois, nos dois povoamentos avaliados, o valor do efeito pepita foi inferior a 25% do valor do patamar (Batista, 2018). Para a variável QS, as problemáticas fitossanitárias encontradas no estudo, independente das áreas, se distribuíram de forma agregada. A existência de dependência espacial dos pontos amostrados com a distribuição agregada, a geoestatística torna-se uma ferramenta adequada (Hengl, 2009). Assim, no povoamento estudado o caráter de estacionaridade de pragas e/ou doenças ocorreu de maneira concentrada em determinados pontos, considerando a área total.

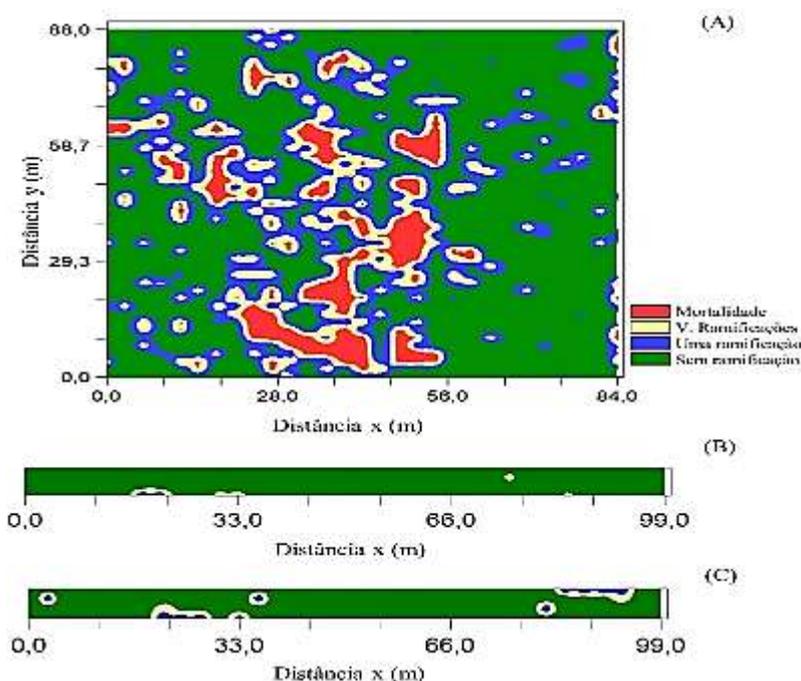
Infer-se que qualidade de copa pode ter sido influenciada pela sanidade do plantio, uma vez que 30,71% dos indivíduos em MM, 38% dos indivíduos em M1 e 32% dos indivíduos em M2 apresentaram qualidade de copa considerada ruim (Figura 4).



**Figura 4.** Mapa de demonstração visual da qualidade de copa do povoamento de mogno africano em monocultivo (A); consórcio com mamão (B); consórcio com milho (C).

Variáveis relacionadas ao sítio (clima, solo), fatores genéticos e sanidade de povoamentos são determinantes no desenvolvimento de cada espécie, influenciando características dendrométricas, como diâmetro, altura, tamanho de copa (Machado *et al.*, 2015; Klein *et al.*, 2017). Para Padoin e Finger (2010), a dimensão da copa determina as tendências de crescimento do fuste das árvores, assim, a presença dos ataques constituiu fator essencial para o padrão razoável de formação da copa e, conseqüentemente, nas tendências de crescimento do fuste. Possivelmente, o número de ocorrência de problemas fitossanitários no povoamento influenciou diretamente no percentual de copas com qualidade ruim para as áreas.

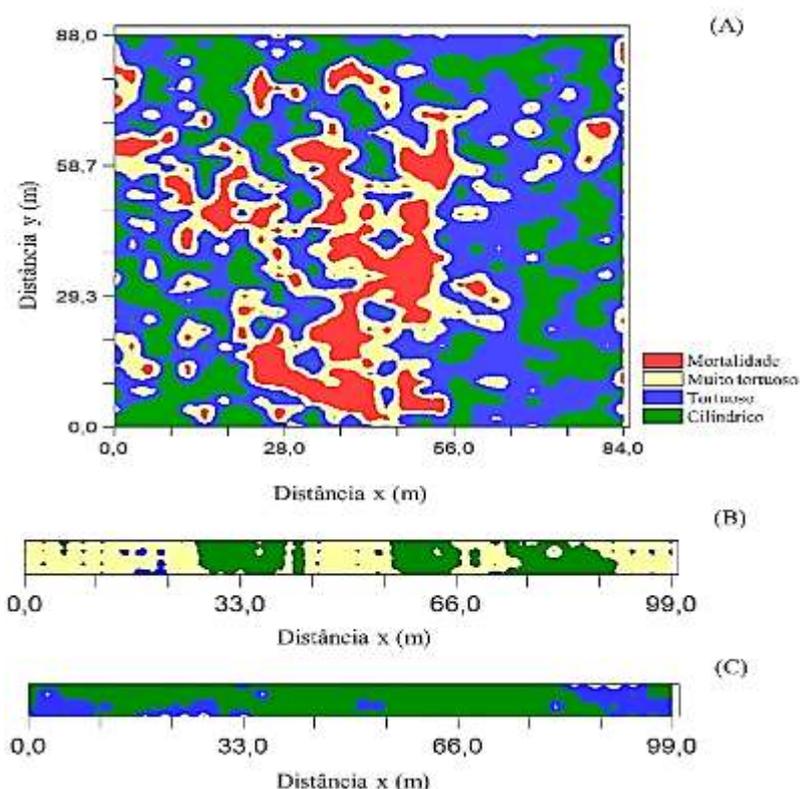
Na variável ramificação (R) do monocultivo de mogno (MM) foi verificado que 93,48% das plantas não apresentaram ramificações, 0,41% uma ramificação e 6,20% com duas ou mais ramificações. No consórcio M1 obteve-se 96% dos indivíduos com ausência de ramificações, 1% com uma ramificação e 3% com duas ou mais ramificações no fuste. Para o M2 constatou-se que 97% dos indivíduos não possuíam ramificações, 1,5% apenas uma ramificação e 1,5% com duas ou mais ramificações (Figura 5).



**Figura 5.** Mapa de demonstração visual da qualidade de ramificações no povoamento de mogno africano em monocultivo (A); consórcio com mamão (B); consórcio com milho (C).

O alto valor percentual de fustes com ausência de ramificações nas áreas pode ser explicado pelo atributo inerente à morfologia da espécie, pois esta possui característica de fuste cilíndrico e reto, com ausência de ramificações entre 8 a 16 metros (Araújo *et al.*, 2017). Ou seja, os caracteres peculiares entre os consórcios e o monocultivo não forneceram diferença

significativa entre si para esta variável. Para a qualidade de fuste (QF), na área MM observou-se 42,3% dos indivíduos com fuste cilíndrico, 42,09% fuste tortuoso e 15,61% fuste muito tortuoso. Em M1, 54% dos indivíduos apresentaram fuste cilíndrico, 25% fuste tortuoso e 21% fuste muito tortuoso e, em M2, 69% das plantas apresentaram fuste cilíndrico, 14% fuste tortuoso e 17% fuste muito tortuoso (Figura 6).



**Figura 6.** Mapa de demonstração visual da qualidade de fuste do povoamento de mogno africano em monocultivo (A); consórcio com mamão (B); consórcio com milho (C).

De acordo com Rondon Neto *et al.* (2021), as deformidades no fuste podem ocasionar perda do valor comercial da madeira do mogno africano, geradas por lesões, como as causadas por fungos, insetos e tratos culturais (Reis *et al.*, 2019). Klein *et al.* (2016) e Carmo *et al.* (2018), estudando o desenvolvimento inicial de *K. grandifoliola*, identificaram problemas fitossanitários, especificamente fungos, comum em regiões tropicais e subtropicais.

Assim a presença de indivíduos nas áreas (MM, M1 e M2) com poucas ramificações pode ser resultado da tolerância do mogno a infecções por *Hypsipyla grandella*, que em virtude de causar danos nas partes em crescimento, influencia a formação de brotos laterais, podendo até mesmo tornar inviável a produção comercial do tronco (França *et al.*, 2015). Além disso, as tortuosidades presentes no povoamento (MM, M1 e M2) podem ser em decorrência da ausência

de desbaste, o que influencia diretamente na anatomia, morfologia e dimensões da planta (Mendonça *et al.*, 2017).

A forma da árvore deve ser levada em consideração na seleção de espécies para reflorestamentos e sistemas agroflorestais, a exemplo de que não se recomenda árvores com crescimento simpodial e troncos múltiplos. Assim, para fins comerciais são desejáveis baixos percentuais de árvores tortuosas, com fustes retilíneos (Rolim; Gonçalves, 2018), assim como as encontradas no presente estudo para a espécie *Khaya grandifoliola*.

A percentagem de sobrevivência (PS) das plantas dos povoamentos foi de 79% para MM, 98,5% para a população M1 e para M2 a taxa foi de 93,4% (Figuras 4, 5, 6 e 7). O monocultivo apresentou uma taxa regular de sobrevivência (79%). Heryati *et al.* (2011), ao estudarem o desenvolvimento de uma população de *Khaya ivorensis* na Malásia utilizando espaçamento 4 x 3 m e realizando tratamentos silviculturais, obtiveram taxas de sobrevivência entre 94% a 97%. Possivelmente, a ausência de desbaste e a densidade do povoamento influenciaram na taxa de sobrevivência ao longo do tempo em função da competição por recursos no plantio.

A maior mortalidade no MM pode estar associada ao autodesbaste, em que ocorre uma relação direta entre o aumento da mortalidade de árvores plantadas em maior densidade, com o avanço na idade do plantio e conseqüente aumento da competição por recursos essenciais (Floriano, 2018).

Para a área em consórcio, a taxa de mortalidade foi similar à encontrada por Nieri *et al.* (2017), que ao estudar um povoamento de mogno africano de 43 meses de idade em uma integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento 3 x 2 m, obtiveram uma taxa de sobrevivência de 97%, valor próximo aos encontrados nesse estudo nas áreas M1 (98,5%) e M2 (93,4%).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os consórcios apresentaram elevado percentual de sobrevivência, superior ao monocultivo de mogno africano. A relação linear de crescimento entre diâmetro e altura foi superior para o consórcio de mogno e milho. O número de ramificações indicou baixos valores, com seu menor número no consórcio de mogno e milho. Os aspectos relacionados a qualidade de copa e fuste indicaram relação direta com a sanidade do mogno, sendo que em árvores saudáveis eram encontrados os menores problemas de copa e fuste.

O plantio de mogno africano indicou resultados favoráveis à sua implantação na região de estudo, sendo que o consórcio de mogno africano e milho, foi o que teve melhor desempenho,

possivelmente devido aos benefícios relacionados à qualidade do solo associados aos aspectos autoecológicos do mogno africano.

## 5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Federal Rural da Amazônia.

13

## REFERÊNCIAS

AHMED, M. The Use of Fuzzy Logic and Geostatistical Techniques for Spatialization of Soil Texture in Part of Kano Close Settled Zone Kano State, Nigeria. **International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries**, v. 3, p. 115, 2015.

ARAÚJO, M. S.; MELO, M. A.; HODECKER, B. E. R.; BARRETO, V. C. M.; ROCHA, E. C. Fertilization with boron on the initial growth of african-mahogany seedlings. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 1-7, 2017. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i5.2183>

BARBIERI, R. S.; MONTANARI, R.; TEIXEIRA FILHO, M.; PANOSSO, A. R.; LIMA, C. G. Spatial variability of physical and chemical attributes for the recovery of a red argisol under degraded pasture in the Cerrado. **Revista Espacios**, v. 38, p. 1-18, 2017.

BATISTA, P. H. D.; ALMEIDA, G. L. P. de; PANDORFI, H.; TAVARES, U. E.; MELO, A. A. S. de; GUISELINI, C. Spatial variability of soil physical-hydric attributes under bovine trampling in agreste of Pernambuco State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.39594>

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Spatial variability of soil attributes in no a no-tillage system with crop rotation in the Brazilian savannah. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 1-9, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000100001>

BRUNSDON, C.; COMBER, L. **An introduction to R for spatial analysis and mapping**. 2ed. London: SAGE publications, 2018.

CARGNELUTTI, F. A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SILVEIRA, T. R. D.; CASAROTTO, G. Sample size for estimating the Pearson correlation coefficient among corn characters. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1363-1371, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200005>

CARMO, R. F.; NAKAJIMA, N. Y.; SILVA, S. A.; MATTAR, E. A. Analysis of the initial development of *Khaya ivorensis* in irrigated planting. **Nativa**, v. 6, p. 159-164, 2018. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i2.5007>

CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; PAIXÃO, L. S.; LOURENÇO, F.; CARDOZO, E. G.; RODRIGUES, T. O.; SILVA, H. R.; MEDINA, J.; SOUSA, T. M. C.; ROCHA, A. E.; REIS, F. O. Carbon sequestration and nutrient cycling in agroforestry systems on degraded

soils of Eastern Amazon, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 203-220, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00496-4>

CLIMATE DATA. **Dados climáticos de Curionópolis**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org>. Acesso em: 16 fev. 2020.

COELHO, L.; NASCIMENTO, A. R. T.; SANTOS, J. C.; SILVA, V. F. Unveiling an important interaction in forestry: *Ectomyeloides muriscis* and *Khaya grandifoliola* cankers and tree growth. **Journal of Forestry Research**, v. 31, p. 789-796, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01153-3>

14

DEBASTIANI, A. B.; VASCONCELLOS, B. N. de; MARTINS, A. P.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Predições geoestatística e zonas de incerteza no inventário de povoamentos florestais. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 1, p. 283-287, 2018.

FLORIANO, E. P. **Manejo florestal: para sustentabilidade e excelência**. Rio Largo: Edição do autor, 2018.

FRANÇA, T. F. S. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; BARAÚNA, E. E. P. Anatomical characteristics and wood physical-mechanical properties of two african mahogany species. **Cerne**, v. 21, p. 633-640, 2015. <https://doi.org/10.1590/01047760201521041877>

HENGL, T. **An practical guide to geostatistical mapping**. Amsterdam: University of Amsterdam, 2009.

HERYATI, Y.; BELAWAN, D.; ABDU, A.; MAHAT, M. N.; ABDUL-HAMID, H.; MAJID, N. M.; HASSAN, A.; HERIANSYAH, I. Growth performance and biomass accumulation of a *Khaya ivorensis* plantation in three soil series of ultisols. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 33-44. 2011.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: [www.inmet.gov.br/portal/index/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index/bdmep). Acesso em: 01 ago. 2019.

KLEIN, D. R.; ANDRADE, M. M.; DERENGOSKI, J. A.; DUARTE, E.; KREFTA, S. M.; SILVEIRA, A. C.; BRUN, E. J. General and silvicultura aspects of *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Toona ciliata* and *Khaya* spp. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, p. 155-164, 2016. <https://doi.org/10.5965/223811711522016155>

KLEIN, D. R.; HESS, A. F.; KREFTA, S. M.; VIEIRA FILHO, M. D. H.; CIARNOSCKI, L. D.; COSTA, E. A. Relações morfométricas para *Araucaria angustifolia* (Bertol. Kuntze) em Santa Catarina. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 501-512, 2017. <https://doi.org/10.5380/rev.v47i4.49667>

KLINKE NETO, G.; OLIVEIRA, A. H.; PEREIRA, S. Y. Variabilidade especial de atributos físicos do solo em uma sub-bacia às margens do rio Mogi Guaçu (SP). **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 381-394, 2017.

LUSTOSA, D. C.; ARAÚJO, A. J. C.; CAMPOS, B. F.; VIEIRA, T. A. *Trichoderma* spp. and its effects on seeds physiological quality and seedlings development of African

mahogany. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, p. 1-7, 2020.  
<https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a5843>

MACHADO, S. do A.; DOUZA, R. F. de; APARECIDO, L. M. T.; RIBEIRO, A.; CZELUSNIAK, B. Evolução das variáveis dendrométricas da Bracatinga por classe de sítio. **Cerne**, v. 21, n. 2, 2015. <https://doi.org/10.1590/01047760201521021222>

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C. Spatial variability of soil chemical properties of Latosol (Oxisol) cultivated conventionally with *Glycine max* in the cerrado of the Piauí State. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, p. 17-26, 2015. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i1.2036>

MENDONÇA, G. C. de; CHICHORRO, J. F.; MENDONÇA, A. R. de; GUIMARÃES, L. A. de O. P. Avaliação silvicultural de espécies nativas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 277-290, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509826466>

MORAL, F. J.; REBOLLO, F. J.; SERRANO, J. M. Delineating site-specific management zones on pasture soil using a probabilistic and objective model and geostatistical techniques. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 620-636, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-019-09686-2>

NIERI, E. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; VENTURIN, R. P.; JUNIOR, J. A. P.; MELO, L. A. Silvicultural performance of forest species introduced in integrated livestock forest system in Lavras, MG, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, p. 1-8, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161106>

NUNES, Í. L.; LEITE, E. D. S.; LIMA, R. D. J.; MINETTE, L. J.; SCHETTINO, S.; SOUZA, A. P. Spatial variability of eucalyptus clones in the function of soil tillage and fertilization. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 12334-12349, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-192>

PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. Relationships among the crown dimensions and the height of dominant trees in stands of *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 97-106, 2010. <https://doi.org/10.5902/198050981764>

PAIVA, W. S.; CAMELO, G. C. C.; ARAÚJO, R. F.; GOULART, S. L.; ABRÃO, S. F.; EBLING, A. A. Payment for environmental service in secondary dense ombrophylous forest in the Southeast of the Pará state. **Biofix Scientific Journal**, v. 5, p. 114-120, 2020. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.68458>

REIS, C. A. F. *et al.* **Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. Usos, importância econômica e perspectivas de mercado.** Brasília: Embrapa, 2019.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. African Mahogany (*Khaya* spp.) Cultivation and the Increase of the Activity in Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.

RODRIGUES, P. G.; RUIVO, M. D. L. P.; PICCININ, J. L.; JARDIM, M. A. G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 59-68, 2016.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e tecnologia de espécies da Mata Atlântica**. Belo Horizonte: Editora Rona, 2018.

RONDON NETO, R. M.; KRUGER, R. P. P.; RODRIGUES, A. K. Q. Comportamento silvicultural e danos em mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvispastoril. **Biofix Scientific Journal**, v. 6, n. 2, p. 127-132, 2021. dx.doi.org/10.5380/biofix.v6i2.80587

SILVA, A. R.; SALES, A. Crescimento e produção de paricá em diferentes idades e sistemas de cultivo. **Advances in Forestry Science**, v. 5, p. 231-235, 2018.

SILVA, A. R.; SCHWARTZ, G. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies florestais em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no leste da Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, p. 45-63, 2019.

SILVA, C. B. R.; SANTOS, J. A. J.; ARAÚJO, A. J. C.; SALES, A.; SIVIEIRO, M. A.; ANDRADE, F. W. C.; CASTRO, J. P.; LATORRACA, J. V. F.; MELO, L. E. L. Properties of juvenile wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) under different cropping systems. **Agroforest Systems**, v. 94, p. 583-595, 2019.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. Influência de renques de mogno africano nos atributos físicos e teor de carbono orgânico de um Latossolo Amarelo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, p. 291-297, 2016.

SILVA, M. V.; ALMEIDA, G. L. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; PANDORFI, H.; BATISTA, P. H. D.; SILVA, R. A. B.; MACÊDO, G. A. P. A.; ROLIM, M. M.; SANTANA, T. C.; CAVALCANTI, S. L. D. Spatial variability of soil physical attributes and forage palm production in Pernambuco semiarid. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 7631-7643, 2020.

SOUZA, A. G.; SMIDERLE, O. J.; CHAGAS, E. A.; ALVES, M. S.; FAGUNDES, P. R. O. Growth, nutrition and efficiency in the transport, uptake and use of nutrients in african mahogany. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, p. 1-11, 2020.

TORRES, J. L. R.; COSTA, D. D. A.; SILVA NETO, O. F.; ARAÚJO, A. S.; SILVA, V. R.; VIEIRA, D. M. S. Avaliação da resistência à penetração e densidade do solo num Latossolo sob semeadura direta há doze anos. **Global Science and Technology**, v. 8, p. 131-140, 2015.

WILTON, M. J.; KARAGATZIDES, J. D.; TSUJI, L. J. Nutrient Concentrations of Bush Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivated in Subarctic Soils managed with intercropping and Willow (*Salix* spp.) Agroforestry. **Sustainability**, v. 9, p. 2294, 2017.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 215p.

YUSUF, B. L.; MUSTAPHA, A.; YUSUF, M. A.; AHMED, M. Soil salinity assessment using geostatistical models in some parts of Kano River Irrigation Project Phase I (KRPI). **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 6, p. 1-10, 2020.

ZHU, X.; LIU, W.; CHEN, J.; BRUIJNZEEL, L. A.; MAO, Z.; YANG, X.; NAIR, V. D. Reductions in water, soil and nutrient losses and pesticide pollution in agroforestry practices: a review of evidence and processes. **Plant and Soil**, v. 449, p. 1-42, 2019.