



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**TACIANO FRANCISCO MENEZES MACIEL**

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS BIOLÓGICAS DO SOLO ASSOCIADAS AO  
CRESCIMENTO DE MOGNO AFRICANO EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Prof. Dr. GUILHERME M. CHAER  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
JANEIRO, 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**TACIANO FRANCISCO MENEZES MACIEL**

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS BIOLÓGICAS DO SOLO ASSOCIADAS AO  
CRESCIMENTO DE MOGNO AFRICANO EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. GUILHERME M. CHAER  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
JANEIRO, 2018

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS BIOLÓGICAS DO SOLO ASSOCIADAS AO  
CRESCIMENTO DE MOGNO AFRICANO EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

**TACIANO FRANCISCO MENEZES MACIEL**

Monografia aprovada em 26 de janeiro de 2018.

Banca Examinadora:

---

Dr. Guilherme Montandon Chaer – Embrapa Agrobiologia  
Orientador

---

Dr. Luiz Fernando Duarte de Moraes – Embrapa Agrobiologia  
Membro

---

Msc. Felipe Martini Santos – UFRRJ  
Membro

## DEDICATÓRIA

Aos professores que me formaram, aos amigos que me apoiaram, aos companheiros de luta e a aqueles por qual lutamos.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela honra desse estudo, por ter me apoiado e feito do impossível algo presente. Agradecer aquele, que viu as boas sementes que plantei e que me honrou quando precisava. Agradecer ao Pai, pela honra de ser teu filho.

A toda minha família pela sua força e por sempre acreditar em mim.

Ao meu orientador Dr. Guilherme Montandon Chaer pela orientação que contribuiu tanto para a realização deste trabalho, quanto para meu crescimento profissional.

A EMBRAPA Agrobiologia por toda confiança e apoio nos aprendizados e nos trabalhos laboratoriais. Ao Laboratório de Leguminosas Arbóreas, famoso LabLeg, em especial aos técnicos Marcelo Fontes, Adriana Nascimento e Fernando Cunha. Ao doutorando Felipe Martini por todos seus ensinamentos e apoio.

A Fazenda Sucupira e a Sucupira Agroflorestas pelo seu grandioso trabalho e pela oportunidade de estudo. Em especial ao Gilberto Terra e a Luiza Avelar por abrir as portas de sua casa a nos acolher.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e aos amigos que aqui fiz por me acolher com a magnitude que constrói a tantos anos. Por fazer de mim algo melhor, mais humano, por fazer de mim por inteiro. Aos amigos do alojamento, do M3, do 331, do Levante, do Handebol, da Floresta, das Atléticas, só tenho a agradecer por tantos momentos inesquecíveis. Em especial ao Renam Gilberto da Silva Carvalho por ter sido o melhor anfitrião que alguém poderia desejar e por abrir as portas dessa casa que me forma, ao LMBH, ao LAPER, ao LPM e aos mestres com qual trabalhei.

A Universidade Federal de Viçosa por me ensinar que o impossível é questão de projeto e por me permitir crescer. Ao berço disso tudo, CEDAF, por abrir as portas do mundo aos meus sonhos. Ao CTA-ZM por permitir que aprendamos em sua casa junto ao Apêti, escola de família que me ensinou sobre o que hoje pesquiso. Aos amigos que ali fiz pelo apoio, companheirismo e irmandade. As famílias que construí em Viçosa e Florestal a minha eterna gratidão. Em especial ao Lucas Faria Machado por me mostrar o que precisava e hoje frutifica nesta pesquisa.

Aos amigos da vida o meu muito obrigado, vocês tornaram isto possível. Aos companheiros de república Felipe Augusto Cordeiro Gomes e Rafael Lopes Carneiro pela cumplicidade. A Casa do Caralho, a Carraspana, a Rivotril, ao Violeira, a Caipira por construírem o verdadeiro. Aos amigos dos cavalos por todas as montarias e por compartilhar tantos sonhos. A cada abraço sincero daqueles para qual trabalho.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas que já tem a forma do nosso corpo e esquecer nossos caminhos que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e se não ousamos fazê-la teremos ficado, para sempre à margem de nós mesmos.”

Fernando Pessoa

## RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a relação entre indicadores da qualidade biológica do solo e variações na taxa de crescimento de mogno-africano. Cinco variáveis biológicas do solo (carbono da biomassa microbiana - CBM, respiração basal e atividade das enzimas arilsulfatase,  $\beta$ -glicosidase e fosfatase) foram avaliados em amostras de solo coletadas em 37 sítios de manejo sob cultivo das espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya anthotheca*, com idades variando de 6 a 67 meses e manejadas em sistema agroflorestal. Também foram registradas variáveis dendrométricas (altura, diâmetro e volume) e qualitativas (vigor, qualidade do fuste) de árvores-amostra representativas de cada sítio, além de variáveis sítio-específicas como o posicionamento em borda de fragmento de floresta nativa, em terreno em declive e/ou sombreado. Apesar da similaridade dos tratos culturais aplicados nos sítios de manejo, as taxas de incremento volumétrico variaram de 17 a 35.000 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> evidenciando a grande variabilidade da produtividade nos sítios selecionados. A maioria dos indicadores biológicos também apresentou grande variação entre as áreas tendo o CBM variado de 7 a 240 mg.kg<sup>-1</sup>, a taxa de respiração basal de 1,2 a 11 mg C-CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, a atividade de fosfatase de 88 a 1470  $\mu$ g.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de *p*-nitrofenol e a de  $\beta$ -glicosidase de 6 a 99  $\mu$ g.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de *p*-nitrofenol. A atividade de arilsulfatase, entretanto, apresentou pequena variação entre os sítios, com valores de 946 a 1224  $\mu$ g.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de *p*-nitrofenol. Os dados foram analisados pelo método de árvores de classificação e regressão de modo a modelar o incremento volumétrico, o vigor e a qualidade de fuste das árvores em função da “espécie”, “idade” e variáveis sítio-específicas e biológicas. O modelo ajustado mostrou que árvores com menos de 43 meses de idade, independente da espécie de mogno, apresentaram maiores incrementos em áreas com maiores atividades de  $\beta$ -glicosidase e arilsulfatase. Quando consideradas apenas as variáveis sítio-específicas no modelo, árvores em áreas planas não-sombreadas apresentaram média de incremento volumétrico superior (9984 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>) ao de áreas planas sombreadas (3520 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>) e de áreas declivosas (3072 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>). A qualidade de fuste foi classificada como “bom” para 98% das árvores da espécie *K. ivorensis* e como “médio” para 61% das árvores de *K. anthotheca* localizadas em sítios com atividade de fosfatase menor que 494  $\mu$ g.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de *p*-nitrofenol. O maior vigor das plantas foi associado a áreas com maior atividade de arilsulfatase (>1036  $\mu$ g.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de *p*-nitrofenol) e o menor vigor a áreas com *K. ivorensis*. Esses resultados demonstram que a qualidade biológica do solo e fatores sítio-específicos, como declividade e sombreamento, afetam o crescimento das árvores de mogno-africano pelo menos até os 3,5 anos de idade, sendo esse efeito mais pronunciado na espécie *K. ivorensis* do que em *K. anthotheca*.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the relationship between indicators of soil biological quality and variations in the growth rate of African mahogany. Five soil biological variables (microbial biomass carbon - MBC, basal respiration and activity of the enzymes arylsulfatase,  $\beta$ -glycosidase and phosphatase) were evaluated in soil samples collected at 37 management sites under cultivation of the species *Khaya ivorensis* and *Khaya anthotheca*, ages varying from 6 to 67 months and managed in an agroforestry system. Dendrometric (height, diameter and volume) and qualitative variables (vigor, stem quality) of representative trees of each site were also recorded, as well as site-specific variables such as the positioning on the edge of a native forest fragment, slope and / or shading. In spite of the similarity of the cultural treatments applied in the management sites, the rates of volumetric increase varied from 17 to 35,000  $\text{cm}^3\cdot\text{year}^{-1}$ , evidencing the great variability of the productivity in the selected sites. Most of the biological indicators also showed a large variation between the areas with MBM ranging from 7 to 240  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , the basal respiration rate of 1.2 to 11  $\text{mg C-CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ , the activity of phosphatase from 88 to 1470  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  of p-nitrophenol and that of  $\beta$ -glycosidase from 6 to 99  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  of p-nitrophenol. The activity of arylsulfatase, however, showed small variation between sites, with values of 946 to 1224  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  of p-nitrophenol. The data were analyzed by the classification and regression trees method to model the volumetric increment, vigor and stem quality according to "species", "age" and site-specific and biological variables. The adjusted model showed that trees less than 43 months old, independent of the mahogany species, presented higher increases in areas with higher  $\beta$ -glucosidase and arylsulfatase activities. When considering only the site-specific variables in the model, trees in flat, non-shaded areas showed a higher volumetric increase (9984  $\text{cm}^3\cdot\text{year}^{-1}$ ) than shaded flat areas (3520  $\text{cm}^3\cdot\text{year}^{-1}$ ) and sloping areas 3072  $\text{cm}^3\cdot\text{year}^{-1}$ ). The stem quality was classified as "good" for 98% of *K. ivorensis* trees and as "medium" for 61% of *K. anthotheca* trees located at sites with phosphatase activity lower than 494  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  of p-nitrophenol. The higher vigor of the plants was associated to areas with higher arylsulfatase activity ( $> 1036 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  of p-nitrophenol) and the lower vigor to areas with *K. ivorensis*. These results demonstrate that the soil biological quality and site-specific factors, such as slope and shade, affect



## SUMÁRIO

Lista de tabelas .....	ix
Lista de figuras .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>2</b>
I. Objetivos específicos .....	2
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
I. Indicadores de Qualidade do Solo .....	2
II. Cultivo do mogno-africano .....	3
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
I. Área de Estudo .....	4
II. Coleta e preparo das amostras de solo .....	8
III. Variáveis dendrométricas e de sítio .....	8
IV. Carbono da biomassa microbiana .....	9
V. Respiração basal do solo .....	9
VI. Enzimas do solo .....	10
VII. Análise dos dados .....	10
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>11</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>19</b>

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Distribuição das 99 indivíduos amostrais (árvores de mogno-africano) nos 15 talhões e 36 sítios de manejo com indicação da espécie, idade e características do sítio de manejo.....	6
--	---

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Climograma de Valença, BA .....5
- Figura 2 – Posição das árvores selecionadas nos 34 sítios de manejo definidos nos 15 talhões de plantio da Fazenda Sucupira. Amostras de solo foram obtidas a partir da gradagem de 0 a 10 cm em 3 pontos a 1,5 m da árvore. Diâmetro a 30cm do solo .....6
- Figura 3 – Exemplos de árvores classificadas com vigor “baixo”, “médio” e “alto”, respectivamente da esquerda para a direita.....9
- Figura 4 – Box plot de indicadores microbiológicos e bioquímicos do solo avaliados a partir de amostras de solo (0 a 10 cm) em 34 sítios de plantio das espécies *K. ivorensis* e *K. anthotheca* em sistema agroflorestal. Critério RD 1000.....12
- Figura 5 – Box plot das taxas de incremento em altura ( $\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ;  $n = 99$ ), DAP ( $\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ;  $n = 74$ ) e volume ( $\text{cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ ;  $n = 99$ ) de árvores de *K. ivorensis* e *K. anthotheca* com idades variando de 6 a 67 meses em 36 sítios de plantio.....13
- Figura 6 - Gráfico do modelo de árvore de regressão explicando o incremento em volume ( $\text{cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ ) de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não); carbono da biomassa microbiana (cbm); respiração basal do solo; atividades de arilsulfatases (aril), betaglicosidasas (beta) e fosfatase (fosf).....14
- Figura 7 - Gráfico do modelo de árvore de regressão explicando o incremento em volume ( $\text{cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ ) de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não).....15
- Figura 8 - Gráfico do modelo de árvore de classificação explicando as classes de qualidade de fuste de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não); carbono da biomassa microbiana (cbm); respiração basal do solo; atividades de arilsulfatases (aril), betaglicosidasas (beta) e fosfatase (fosf).....16
- Figura 9 - Gráfico do modelo de árvore de classificação explicando as classes de vigor de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não); carbono da biomassa microbiana (cbm); respiração basal do solo; atividades de arilsulfatases (aril), betaglicosidasas (beta) e fosfatase ácida (fosf).....17

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural vivo e dinâmico que condiciona e sustenta a produção de alimentos e fibras e regula o balanço global do ecossistema (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007). Nesse sentido, modelos de produção que busquem proteger as funções ecológicas do solo concomitantemente com a produção de bens de interesse estão sendo continuamente testados e estudados. Apesar de vários modelos se diferenciarem na teoria e prática na busca deste propósito, os diversos tipos de impacto humano sobre os ecossistemas têm aumentado em muito a complexidade dos problemas relativos à qualidade do solo e a urgência em solucioná-los (SCHMITZ, 2003).

A agricultura mexe com grandes extensões territoriais, influenciando sobre complexos nichos ecológicos e na cadeia alimentar de diversas espécies, em razão da retirada da vegetação natural e consequente quebra do equilíbrio para estabelecimento, principalmente, de monoculturas (DE-POLLI & PIMENTEL, 2006).

O ecossistema do solo pode sofrer distúrbios em consequência de algumas práticas agrícolas, como o preparo, fertilização, controle de doenças e pragas, etc. (FRIGHETTO & VALARINI, 2000). O cultivo em bases orgânicas proporciona a manutenção da qualidade do solo em condições semelhantes e/ou melhores que a condição natural (vegetação nativa) (SILVA et al., 2015). A manutenção da produtividade dos ecossistemas florestais e agrícolas depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, conseqüentemente, da participação da biomassa microbiana do solo (NEVES et al, 2009).

A avaliação da qualidade do solo é uma ferramenta importante para monitorar a sua degradação, bem como para planejar a implantação de práticas sustentáveis de manejo (PÔRTO et al, 2009). O solo é, em última análise, um dreno de carbono, pois o CO<sub>2</sub> fixado via fotossíntese pode ser estocado no solo e em outros organismos ou em seus resíduos, podendo resistir mais fortemente à biodegradação (DE-POLLI & PIMENTEL, 2006). A quantidade de matéria orgânica do solo (MO) é considerada um dos fatores-chaves da qualidade, particularmente em solos agrícolas, onde a MO controla a erosão, atividade dos organismos presentes, exerce papel importante na complexação, transporte, disponibilidade de nutrientes, tendo grande impacto na estrutura física dos minerais do solo (MONTEIRO, 2005).

A biomassa microbiana constitui a fração viva e mais dinâmica da matéria orgânica do solo. A quantificação da biomassa microbiana e de sua atividade, medida pela atividade de respiração ou de várias enzimas hidrolíticas, podem ser utilizados como indicadores na avaliação da qualidade dos solos (MONTEIRO, 2005), uma vez que são importantes estimadores da ciclagem dos nutrientes, como também da capacidade do solo de prover o crescimento vegetal (ARAÚJO et al., 2012). Essas variáveis biológicas do solo podem também ser considerados indicadores sensíveis de processos que ocorrem no solo em resposta a perturbações antropogênicas, podendo constituir-se importantes variáveis para prever alterações na qualidade do solo, como alterações no conteúdo de C orgânico armazenado no solo (PÔRTO et al., 2009).

O presente estudo está situado em uma área de plantio de mogno africano com um mosaico da qualidade, de histórico de uso e de fitogeografia com grandes diferenças.

Áreas onde foram feitos plantios de mogno-africano que apresentam taxa de crescimento diferenciada. Espera-se assim que os indicadores biológicos do solo estejam associados aos incrementos em crescimento dos indivíduos de *K. ivorensis* e *K. anthothea*.

## 2. OBJETIVO

Identificar indicadores microbiológicos ou bioquímicos do solo que expliquem variações na taxa de crescimento de mogno-africano cultivado em áreas com diferentes fisionomias e históricos de uso do solo.

### I. Objetivos específicos

- Conhecer a variabilidade do conteúdo de C da biomassa microbiana e da atividade de enzimas hidrolíticas em Argisolos Amarelos distróficos sob cultivo de mogno-africano;
- Avaliar se a variação na biomassa e atividade microbiana do solo está associada à variação na taxa de crescimento de duas espécies de mogno-africano;
- Avaliar se características descritoras de sítio (declividade, sombreamento e proximidade a bordas de florestas) estão relacionadas às variações nas taxas crescimento do mogno-africano.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### I. Indicadores de Qualidade do Solo

A discussão sobre qualidade do solo (QS) intensificou-se no início dos anos 1990, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar nas publicações a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo nesse contexto (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). De acordo com Doran e Parkin (1994), qualidade do solo define-se pela capacidade de um solo de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade do meio ambiente e promover a saúde das plantas e dos animais.

Em linhas gerais, a qualidade do solo pode ser avaliada pela definição e quantificação do desempenho das principais funções que o solo deve desempenhar para determinado propósito. Por exemplo, Chaer (2001) propôs as seguintes funções do solo para quantificar o efeito de diferentes manejos sobre a qualidade do solo em povoamentos de eucalipto: a) promover o crescimento radicular, b) receber, conter e conduzir água, c) suportar as cadeias alimentares e a biodiversidade, d) reter, suprir e ciclar nutrientes, e e) manter a homeostase.

Para quantificar o desempenho das diversas funções do solo, devem ser selecionados um ou mais indicadores associados a cada função. Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007). A utilização de indicadores de

qualidade do solo, relacionados à sua funcionalidade, constitui uma maneira indireta de mensurar a qualidade dos solos, sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente (ARAÚJO et al. 2012).

Para nortear a escolha de indicadores de qualidade/degradação do solo, DORAN e PARKIN (1996) sugerem alguns critérios, quais sejam: a) correlacionar-se com os processos naturais do ecossistema (aspecto de funcionalidade); b) ser relativamente de fácil utilização em campo, de modo que tanto especialistas como produtores possam usá-los para avaliar a qualidade do solo (aspecto de praticidade e facilidade nos processos de difusão de tecnologia e extensão rural); c) ser suscetível às variações climáticas e de manejo (devem ter um caráter dinâmico); d) ser componente, quando possível, de uma base de dados.

Os indicadores podem ser físicos, químicos e biológicos. Os indicadores biológicos, como a biomassa microbiana do solo, o nitrogênio mineralizável, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são importantes estimadores da ciclagem dos nutrientes, como também da capacidade do solo de prover o crescimento vegetal (ARAÚJO et al., 2012). Essas variáveis biológicas do solo podem também ser considerados indicadores sensíveis de processos que ocorrem no solo em resposta a perturbações antropogênicas, podendo constituir-se importantes variáveis para prever alterações na qualidade do solo, como alterações no conteúdo de C orgânico armazenado no solo (PÔRTO et al., 2009).

A biomassa microbiana é um dos componentes que controlam funções chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007). A medida da respiração do solo é bastante variável e dependente, principalmente, da disponibilidade do substrato, umidade e temperatura (BROOKES, 1995).

Os microrganismos do solo apresentam papel fundamental na decomposição da matéria orgânica, formação e estabilização de agregados e ciclagem biogeoquímica de nutrientes no solo (PÔRTO, M. L. et al 2009). As enzimas do solo participam das reações metabólicas intercelulares, responsáveis pelo funcionamento e pela manutenção dos seres vivos, e também desempenham papel fundamental atuando como catalizadoras de várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (ligninases, celulases, proteases, glicosidases, galactosidases), ciclagem de nutrientes (fosfatases, amidases, ureases, sulfatases) e na formação da matéria orgânica e da estrutura do solo (MENDES & VIVALDI, 2001).

## II. Cultivo do mogno-africano

As espécies *Khaya ivorensis*, *Khaya grandifoliola*, *Khaya senegalensis* e *Khaya anthotheca*, conhecidas vulgarmente como mogno-africano, pertencem à família Meliaceae, tendo sido introduzidas no Brasil em meados da década de 1960 (FALESI E BAENA, 1999). A família Meliaceae está presente em todas as regiões tropicais da África, mais precisamente na Costa do Marfim, Gana, Togo, Benin, Nigéria e sul de Camarões (ALVARENGA, 2015). Nos locais de ocorrência natural, ocorre desde 0 a 450 metros de altitude, normalmente em vales úmidos, sendo uma espécie que suporta

bem condições de alta umidade devido a grandes períodos de chuva, porém é sensível quando ocorre o inverso, em períodos de estiagem, afetando assim seu desenvolvimento. Havendo irrigação adequada e suplementar, a espécie produz novas brotações mesmo nos meses mais frios do ano, sendo ela bem maleável quanto ao manejo (ACAJOU D'AFRIQUE, citado por SILVA, 2013).

O cultivo do mogno-africano para produção de madeira vem sendo visto como uma opção viável para substituir a do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) devido a sua alta resistência ao microlepidóptero *Hypsiphyla grandella*, conhecido vulgarmente como broca-do-ponteiro, o qual dificulta a produção de mudas e o estabelecimento de plantios em larga escala do mogno-brasileiro, nativo da Amazônia (FALESI e BAENA, 1999).

O mogno-africano é uma planta heliófila, de grande porte e de crescimento relativamente rápido (em comparação ao *Swietenia macrophylla*) atingindo entre 40 a 50 m de altura com DAP de até 200 cm, sendo tolerante à sombra durante a fase jovem do desenvolvimento (LAMPRECHT et al., 1990). A casca do tronco é espessa e rugosa, de coloração cinza e marrom-avermelhada. A folhagem da copa é bastante ampla com aspecto verde-escurecido. As folhas são paripenadas com três a seis pares de folíolos brilhantes, glabros, com ápices longos-acuminados de 0,5 a 1 cm de comprimento. O fruto é uma cápsula de cor acastanhada de cerca de 5 a 7 cm de diâmetro, abrigando sementes achatadas e aladas (LAMPRECHT et al., 1990).

O mogno-africano apresenta as melhores taxas de crescimento em solos bem estruturados e drenados. Heriaty et al. (2011) avaliaram o crescimento de estabelecido em três tipos de solos, diferentes (sítios), na Malásia. Em todas as áreas, a dosagem de fertilizantes foi semelhante. No momento do plantio houve aplicação de 200 g de fosfato de rocha/árvore. Posteriormente, foram aplicados 500 g de fertilizante orgânico/árvore, o qual foi adicionado a cada seis meses, durante os três primeiros anos de condução do plantio. O maior crescimento e acúmulo de biomassa do mogno-africano foram encontrados no sítio que apresentava solo de textura areno-argilosa e com boa drenagem.

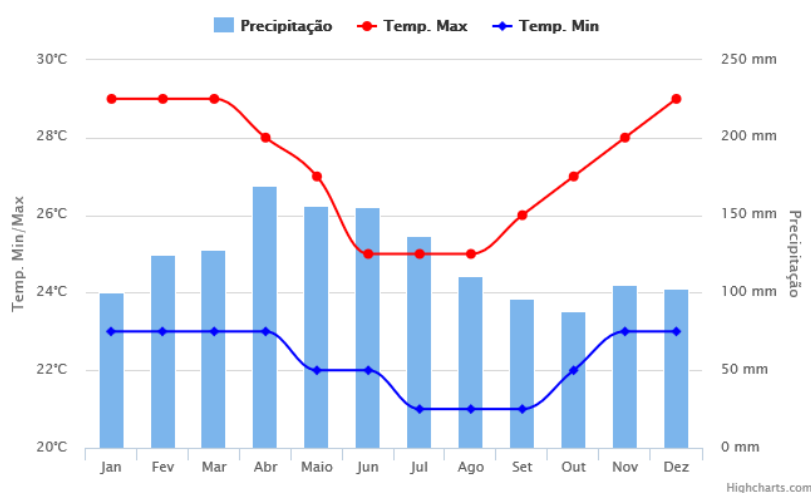
A partir dos 7 e 8 anos de idade, período que corresponde ao início da frutificação, a planta apresenta rápidos incrementos em diâmetro e abertura da copa. Aos 16 anos, as árvores já podem apresentar DAP de cerca de 60 cm. Estima-se, que entre 16 e 20 anos de idade as árvores de mogno-africano já apresentem boas dimensões para a obtenção de madeira serrada (FALESI e BAENA, 1999). No entanto, o cultivo de mogno-africano no Brasil carece de conhecimentos sobre prognósticos de crescimento, técnicas silviculturais e efeitos da qualidade do sítio e/ou da taxa de crescimento sobre a qualidade da madeira produzida (FALESI e BAENA, 1999; GASPAROTTO et al., 2001).

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

##### **I. Área de Estudo**

O experimento foi realizado na Fazenda Sucupira, localizada em Valença – BA, região do baixo-sul baiano (latitude -13.33194°, longitude -39.31137°, altitude 170 m). O clima da região é do tipo Af segundo a classificação de Köppen, com chuvas bem distribuídas durante o ano, apesar de ocorrer uma maior concentração de chuvas no inverno (Figura 1). A pluviosidade média anual é bastante elevada, apresentando média de 2100 mm. A temperatura média anual é 24,6 °C com máxima normalmente em janeiro (26,1 °C) e mínima normalmente em julho (22,6 °C).

A região está inserida na unidade geoambiental denominada tabuleiros costeiros, constituída de áreas com relevo aplainado cortadas por vales (FERREIRA et al., 2015). A vegetação local é característica do bioma Mata Atlântica do tipo floresta ombrófila densa. O solo das áreas experimentais foi previamente classificado como Argissolo Amarelo distrófico, com um horizonte superficial arenoso, formado pela eluviação de argila, e um horizonte B<sub>t</sub> em sub-superfície, caracterizado pela textura mais argilosa (iluviação).



**Figura 1** – Climograma de Valença, BA (Clima Tempo)

A Fazenda Sucupira possui cerca de 50 ha de plantios de mogno-africano com idades variando de 6 a 67 meses. As espécies cultivadas são a *Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC. dispostas, na maioria dos talhões, em linhas alternadas no espaçamento de 3 x 7 m. Todos os plantios de mogno foram realizados utilizando mudas produzidas a partir de sementes de mesma origem. A adubação de plantio e tratos culturais também foram similares em todas as áreas.

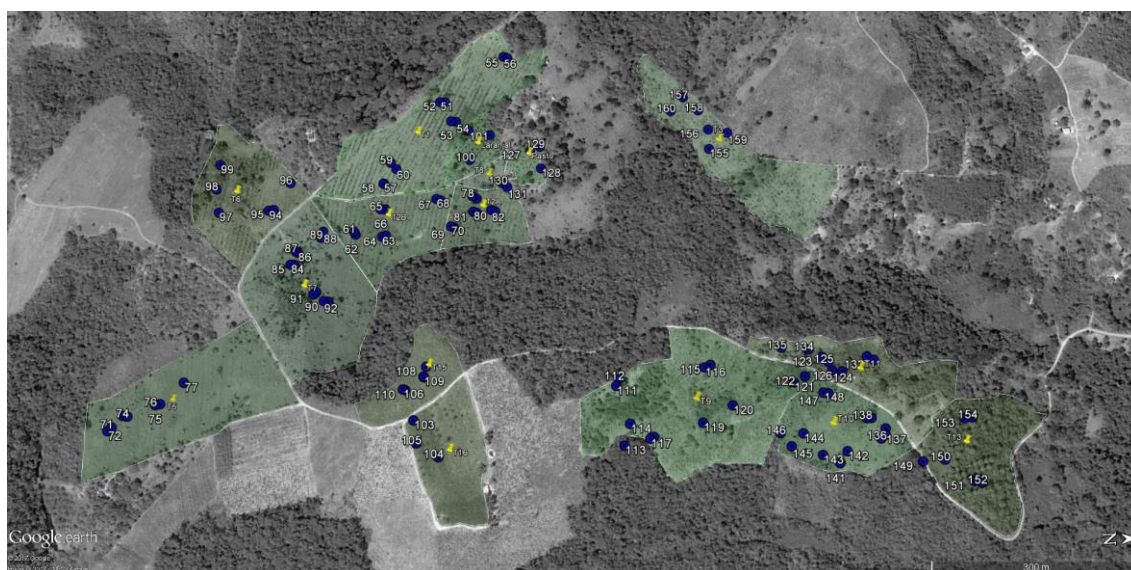
Nas entrelinhas do plantio do mogno são cultivadas diversas espécies agrícolas, sendo as principais o aipim, abacaxi, banana, cacau, cupuaçu, jabuticabas e as palmeiras juçara e açaí. Nas áreas plantadas a regeneração natural é conduzida através de roçagens seletivas, as quais priorizam o corte do capim (capins braquiária, quicuío e sapê) deixando plantas de porte arbustivo e arbóreo se desenvolverem desde que não causem competição por espaço ou luz com alguma espécie cultivada.

As áreas de plantio são constituídas por 15 talhões, definidos conforme a época de plantio. Para a finalidade desse estudo, os 15 talhões foram ainda subdivididos em 36 sítios de manejo, considerando variações observadas dentro de cada talhão. Os critérios



utilizados para a definição de um sítio de manejo foram, além da unidade “talhão”, o relevo, o nível de sombreamento, a intensidade da regeneração natural e a proximidade a bordas de fragmentos florestais.

Em cada sítio de manejo foram selecionadas árvores que representassem a condição média das demais árvores daquele sítio. Nos sítios contendo as espécies *K. ivorensis* e *K. anthotheca* em linhas alternadas, quando uma árvore de uma das duas espécies de mogno-africano era selecionada, era também selecionada a árvore da outra espécie no mesmo alinhamento da linha vizinha. No total foram selecionadas 99 árvores nos 36 sítios de manejo previamente definidos, com idades variando de 6 a 66 meses (Figura 2, Tabela 1).



**Figura 2** – Posição geográfica das árvores selecionadas nos 34 sítios de manejo.

**Tabela 1** – Distribuição das 99 indivíduos amostrais (árvores de mogno-africano) nos 15 talhões e 36 sítios de manejo com indicação da espécie, idade e características do sítio de manejo.

UA	Ponto GPS*	Talhão	Sítio	Espécie	Idade (meses)	Declive	Sombreamento	Borda de mata	Amostra de solo**
1	51	1	A	<i>K. anthotheca</i>	44	Não	Pleno sol	Não	1
2	52	1	A	<i>K. ivorensis</i>	44	Não	Pleno sol	Não	1'
3	53	1	A	<i>K. anthotheca</i>	44	Não	Pleno sol	Não	2'
4	54	1	A	<i>K. ivorensis</i>	44	Não	Pleno sol	Não	2
5	55	1	B	<i>K. ivorensis</i>	44	Não	Pleno sol	Não	3
6	56	1	B	<i>K. anthotheca</i>	44	Não	Pleno sol	Não	4
7	57	1	C	<i>K. anthotheca</i>	44	Não	Pleno sol	Não	5'
8	58	1	C	<i>K. ivorensis</i>	44	Não	Pleno sol	Não	5
9	59	1	C	<i>K. ivorensis</i>	44	Não	Pleno sol	Não	6'
10	60	1	C	<i>K. anthotheca</i>	44	Não	Pleno sol	Não	6
11	61	2A	D	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	7
12	62	2A	D	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	7'
13	63	2A	E	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	8
14	64	2A	E	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	9
15	65	2A	F	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	10
16	66	2A	F	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	11
17	67	2A	G	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	12
18	68	2A	G	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	13
19	71	5	II	<i>K. ivorensis</i>	28	Não	Pleno sol	Não	14
20	72	5	II	<i>K. anthotheca</i>	28	Não	Pleno sol	Não	14'

21	73	5	I2	<i>K. ivorensis</i>	28	Não	Pleno sol	Não	15
22	74	5	I2	<i>K. anthotheca</i>	28	Não	Pleno sol	Não	15'
23	75	5	I3	<i>K. ivorensis</i>	28	Não	Pleno sol	Não	16
24	76	5	I3	<i>K. anthotheca</i>	28	Não	Pleno sol	Não	17
25	77	5	I4	<i>K. anthotheca</i>	28	Não	Pleno sol	Não	18
26	-	5	I4	<i>K. ivorensis</i>	28	Não	Pleno sol	Não	19
27	78	2B	K	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	20
28	79	2B	K	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	20'
29	80	2B	K	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	21'
30	81	2B	K	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	21
31	82	2B	L	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	22'
32	83	2B	L	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	22
33	130	2B	L	<i>K. anthotheca</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	23
34	131	2B	L	<i>K. ivorensis</i>	42	Sim	Pleno sol	Não	23'
35	84	7	M	<i>K. ivorensis</i>	35	Não	Sombreado	Não	24'
36	85	7	M	<i>K. anthotheca</i>	35	Não	Sombreado	Não	24
37	86	7	M	<i>K. anthotheca</i>	35	Não	Sombreado	Não	25'
38	87	7	M	<i>K. ivorensis</i>	35	Não	Sombreado	Não	25
39	88	7	N	<i>K. ivorensis</i>	35	Sim	Pleno sol	Não	26
40	89	7	N	<i>K. anthotheca</i>	35	Sim	Pleno sol	Não	26
41	90	7	O	<i>K. ivorensis</i>	35	Sim	Pleno sol	Não	27
42	91	7	O	<i>K. anthotheca</i>	35	Sim	Pleno sol	Não	28
43	94	6	Q	<i>K. anthotheca</i>	29	Não	Pleno sol	Não	29
44	95	6	Q	<i>K. anthotheca</i>	29	Não	Pleno sol	Não	30
45	96	6	Q	<i>K. anthotheca</i>	29	Não	Pleno sol	Não	30'
46	-	6	R	<i>K. anthotheca</i>	29	Não	Pleno sol	Não	31
47	97	6	R	<i>K. anthotheca</i>	29	Não	Pleno sol	Não	32
48	98	6	S	<i>K. anthotheca</i>	29	Sim	Sombreado	Não	33
49	99	6	S	<i>K. anthotheca</i>	29	Sim	Sombreado	Não	34
50	100	laranja	O	<i>K. ivorensis</i>	67	Não	Pleno sol	Não	34''
51	101	laranja	O	<i>K. ivorensis</i>	67	Não	Pleno sol	Não	35
52	102	laranja	O	<i>K. ivorensis</i>	67	Não	Pleno sol	Não	36
53	103	16	P	<i>K. anthotheca</i>	18	Não	Sombreado	Não	37
54	104	16	Q	<i>K. anthotheca</i>	18	Não	Sombreado	Não	38
55	105	16	R	<i>K. anthotheca</i>	18	Não	Sombreado	Não	39
56	106	15	S	<i>K. anthotheca</i>	6	Não	Pleno sol	Não	40
57	107	15	S	<i>K. anthotheca</i>	6	Não	Pleno sol	Não	41''
58	108	15	S	<i>K. anthotheca</i>	6	Não	Pleno sol	Não	42
59	109	15	T	<i>K. anthotheca</i>	6	Sim	Pleno sol	Sim	43
60	110	15	T	<i>K. anthotheca</i>	6	Sim	Pleno sol	Sim	44
61	113	9	U	<i>K. anthotheca</i>	21	Sim	Pleno sol	Sim	45
62	114	9	U	<i>K. ivorensis</i>	21	Sim	Pleno sol	Sim	46
63	117	9	X	<i>K. anthotheca</i>	21	Sim	Pleno sol	Sim	47
64	118	9	X	<i>K. ivorensis</i>	21	Sim	Pleno sol	Sim	47'
65	119	9	Y	<i>K. ivorensis</i>	21	Não	Sombreado	Não	48
66	120	9	Y	<i>K. anthotheca</i>	21	Não	Sombreado	Não	49
67	124	11	Y	<i>K. anthotheca</i>	20	Não	Sombreado	Não	50
68	125	11	Y	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Sombreado	Não	50'
69	126	11	Y	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Sombreado	Não	50'
70	127	pasto	Z	<i>K. ivorensis</i>	66	Não	Pleno sol	Não	51
71	128	pasto	Z	<i>K. ivorensis</i>	66	Não	Pleno sol	Não	52
72	129	pasto	Z	<i>K. ivorensis</i>	66	Não	Pleno sol	Não	52''
73	132	11	AA	<i>K. anthotheca</i>	20	Não	Sombreado	Não	53
74	133	11	AA	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Sombreado	Não	53'
75	134	11	BB	<i>K. ivorensis</i>	20	Sim	Pleno sol	Sim	54
76	135	11	BB	<i>K. ivorensis</i>	20	Sim	Pleno sol	Sim	54''
77	-	11	BB	<i>K. anthotheca</i>	20	Sim	Pleno sol	Sim	55
78	136	10	CC	<i>K. anthotheca</i>	20	Não	Pleno sol	Não	56'
79	137	10	CC	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Pleno sol	Não	56
80	138	10	CC	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Pleno sol	Não	57'
81	139	10	CC	<i>K. anthotheca</i>	20	Não	Pleno sol	Não	57
82	141	10	DD	<i>K. anthotheca</i>	20	Não	Pleno sol	Não	58
83	142	10	DD	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Pleno sol	Não	58''
84	143	10	DD	<i>K. anthotheca</i>	20	Não	Pleno sol	Não	59
85	144	10	EE	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Pleno sol	Não	60
86	145	10	EE	<i>K. ivorensis</i>	20	Não	Pleno sol	Não	60''
87	146	10	EE	<i>K. anthotheca</i>	20	Não	Pleno sol	Não	61
88	149	13	GG	<i>K. ivorensis</i>	6	Não	Pleno sol	Não	62
89	150	13	GG	<i>K. anthotheca</i>	6	Não	Pleno sol	Não	63
90	151	13	HH	<i>K. anthotheca</i>	6	Sim	Pleno sol	Não	64
91	152	13	HH	<i>K. ivorensis</i>	6	Sim	Pleno sol	Não	65

92	153	13	II	<i>K. anthotheca</i>	6	Sim	Pleno sol	Não	66'
93	154	13	II	<i>K. ivorensis</i>	6	Sim	Pleno sol	Não	66
94	160	3	II	<i>K. ivorensis</i>	34	Sim	Pleno sol	Não	67
95	155	3	II	<i>K. ivorensis</i>	34	Sim	Pleno sol	Não	68
96	156	3	JJ	<i>K. ivorensis</i>	34	Sim	Pleno sol	Não	69
97	157	3	JJ	<i>K. ivorensis</i>	34	Sim	Pleno sol	Não	70
98	158	3	HH	<i>K. ivorensis</i>	34	Sim	Pleno sol	Não	70"
99	159	3	HH	<i>K. ivorensis</i>	34	Sim	Pleno sol	Não	71

\*Ponto georreferenciado identificado na figura 2. Valores “-” referem-se a UA não georreferenciadas.

\*\*O apóstrofo seguido do número identificador da amostra de solo indica que a amostra foi coletada na linha vizinha, identificada com o mesmo número.

## II. Coleta e preparo das amostras de solo

As amostras de solo foram coletadas entre os dias 24 e 27 de março de 2017. Foram coletadas de uma a três amostras por sítio de manejo, totalizando 71 amostras de solo (Tabela 1). Cada amostra de solo foi composta por 3 amostras simples coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, sendo uma na linha de plantio a 1,5 m da árvore amostral e outras duas a 1,5 m da árvore amostral na direção de cada entrelinha. As amostras foram peneiradas a 2 mm e acondicionadas em sacos plásticos em geladeira.

## III. Variáveis dendrométricas e de sítio

Foram medidos em campo a altura total das árvores e a cubagem das mesmas. A altura total foi obtida com o auxílio de vara graduada para medições até 3 m. A partir dessa altura utilizou-se o dendrômetro digital Criterion RD 1000 (Laser Technology, Colorado, EUA) para obtenção da altura total. Esse mesmo equipamento foi usado para a cubagem das árvores em pé (método não-destrutivo). Para árvores com altura de fuste menor que a altura referência do DAP (1,3 m), foram medidos o diâmetro do coleto e a 0,3 e 0,7 m de altura do solo. Os dados de cubagem foram calculados pelo método de Smalian com seções de 1 m.

Avaliou-se algumas características de cada sítio de manejo como o posicionamento em borda de fragmento de mata nativa, em terreno em declive e/ou sombreado. A qualidade do fuste de cada árvore amostral foi classificada em três categorias, sendo a categoria “bom” atribuído a fustes retílineos, “médio” para fustes com a presença de poucos entortamentos e “ruim” para fustes muito tortuosos. Por fim classificou-se as árvores quanto ao vigor, utilizando a categoria “alto” para plantas viçosas (bem enfolhadas e com verde intenso), “médio” para plantas com poucos sinais de deficiência nutricional (folhas com verde mais claro e medianamente enfolhadas) e “baixo” para plantas com poucas folhas e com sinais sistêmicos de deficiência nutricional (folhas amareladas) (Figura 3).



**Figura 3** – Exemplos de árvores classificadas com vigor “baixo”, “médio” e “alto”, respectivamente da esquerda para a direita.

#### IV. Carbono da biomassa microbiana

Para a análise do carbono da biomassa microbiana (Vance et al 1987) foram pesados em duplicata 20 g de solo para as análises do fumigado e não-fumigado em frascos de vidro de 100 ml e ajustando a umidade das amostras para 50% da capacidade de campo (CC).

Para a análise do não-fumigado foi feita a extração do C solúvel pela adição de 50 ml de sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) 0,5M seguido de agitação em mesa agitadora por 2 horas em rotação de 70 rpm. Posteriormente, as amostras foram deixadas por 1 hora em repouso. Para a filtragem foram utilizados filtros de papel com poros de 28  $\mu m$ , após a filtragem, o material foi congelado a  $-20^\circ C$ .

Para a análise do fumigado, as amostras foram colocadas em dessecador de vidro, contendo 25 ml de clorofórmio P. A. ( $CHCl_3$ ). Aplicou-se vácuo no dessecador de modo que o clorofórmio fique em estado de ebulição por 1 mim. Após 48 horas de fumigação as amostras passam pelo processo de extração de forma idêntica ao explicado anteriormente com as amostras não-fumigadas.

Feito as extrações das amostras fumigadas e não-fumigadas o material foi analisado pelo equipamento Cubo Vario TOC (Elementar Analysensysteme, Alemanha) para obtenção do carbono total. Este equipamento queima o carbono das amostras através de gás sintético ou oxigênio puro para leitura por infravermelho da concentração de carbono na amostra. A obtenção da calibração ideal do equipamento para a análise foi feita de forma prévia a leitura, sendo que em todas as baterias haviam padrões conhecidos de carbono caso houvesse algum problema.

#### V. Respiração basal do solo



Para a análise da respiração basal do solo foi utilizada a metodologia proposta por Jenkinson & Powlson (1976) e adaptada por EMBRAPA, 2007. Foram pesados em duplicata 50 g de solo em frascos de vidro de 500 ml e ajustado a umidade para 50% da capacidade de campo. As amostras foram pré-incubadas por 7 dias em frascos fechados hermeticamente. Passado este período, foram colocados 10 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 M em frasco armadilha e incubadas por 18 dias no escuro a 25 °C. Para quantificação do CO<sub>2</sub> o NaOH residual foi titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,25 M.

## VI. Enzimas do solo

A análise das enzimas fosfatase,  $\beta$ -glicosidase e arilsulfatase foram baseadas em determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol liberado pela atividade enzimática conforme metodologias descritas em Tabatabai et al. (1994), com algumas modificações conforme detalhadas a seguir. Amostras de 0,5 g de solo foram pesadas em triplicata (A, B e C) em tubos de ensaio de 10 ml (tubos A e B para detecção da atividade enzimática e o tubo C como controle). Nos tubos A e B foram adicionados ao solo 2,0 ml de solução tampão e 0,5 ml de solução de substrato, sendo imediatamente homogeneizados em Vortex e incubados a 37 °C por 1 h em banho-maria. Após o banho-maria adicionou-se 0,5 ml de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) 0,5 M e 2,0 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 M nas análises de fosfatases e arilsulfatases e 2,0 ml de THAM pH12 para a análise de  $\beta$ -glicosidasas. Os tubos foram então centrifugados a 3500 rpm por 10 min e a intensidade de cor do sobrenadante medida em espectrofotômetro ajustado para 410 nm.

Os substratos são específicos para cada análise a partir dos derivados do *p*-nitrofenil. Para a análise da fosfatase o substrato usado foi o *p*-nitrofenil-fosfato e como solução tampão usou-se água destilada. Já para análise da arilsulfatases usou-se o *p*-nitrofenil-sulfato como substrato e como solução tampão o acetato de sódio 0,5 M pH 5,8. Na análise da  $\beta$ -glicosidasas o substrato foi o *p*-nitrofenil- $\beta$ -D-glicopiranosídeo e a solução tampão foi MUB pH 6,0.

## VII. Análise dos dados

As variáveis dendrométricas (altura, DAP e volume) foram transformadas em taxas de incremento pela divisão de cada valor pela idade da respectiva árvore. As taxas de incremento foram expressas em cm.ano<sup>-1</sup> (altura e DAP) e cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> (volume). Utilizou-se boxplots para avaliar a distribuição dos dados (parâmetros descritivos como a média, mediana, quartis e valores extremos) de indicadores biológicos e as taxas de crescimento.

Os dados foram analisados pelo método de árvores de classificação e regressão (CART). Esta técnica consiste em um algoritmo de classificação e regressão, para uso em modelagens de previsão de atributos discretos e contínuos. Assim, a variável resposta é particionada recursivamente em subconjuntos com base em suas relações com as variáveis explanatórias (Breiman et al., 1984). A partição resultante é representada graficamente por uma árvore de decisão. As árvores são designadas de

"classificação" quando a variável dependente é categórica. Por outro lado, as árvores de "regressão" são assim chamadas quando a variável dependente é contínua.

Neste estudo, considerou-se o seguinte modelo estatístico:

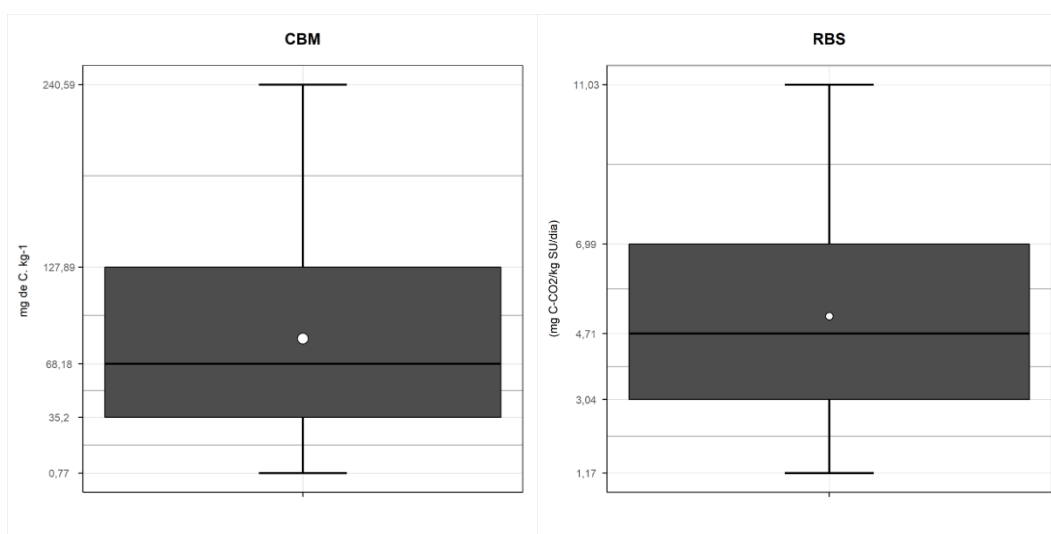
$$Y_i \sim X_{1i} + X_{2i} + \dots + X_{ni} + \varepsilon_i$$

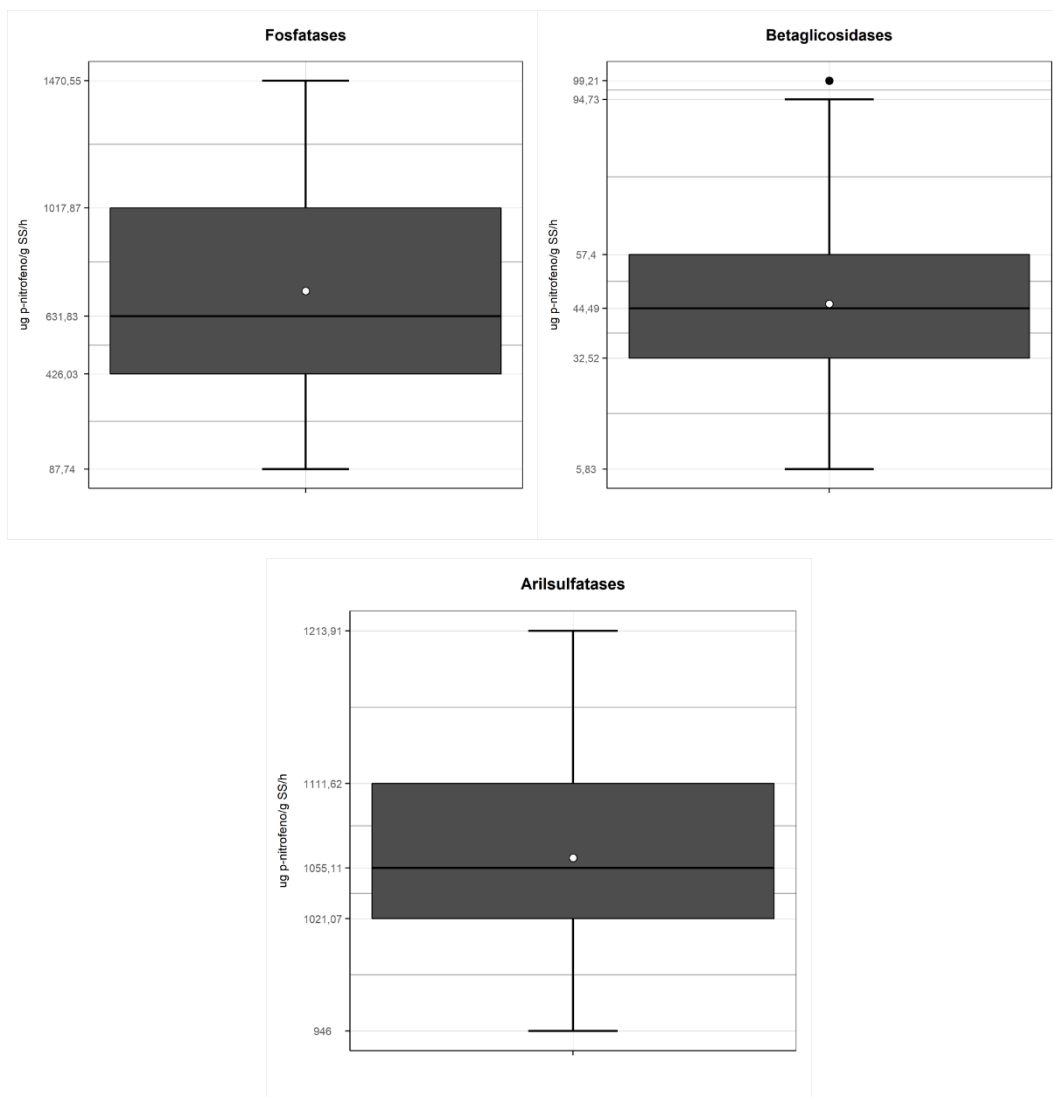
onde,  $Y_i$  representa o incremento em volume ( $\text{cm}^3 \text{ano}^{-1}$ ), qualidade do fuste ou vigor da planta. Além da espécie, os indicadores de qualidade do solo foram utilizados como variáveis explanatórias ( $X_i$ ), tais como: carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, fosfatases, arilsulfatases e  $\beta$ -glicosidades. . Adicionalmente, foi avaliado o modelo utilizando apenas as variáveis sítio-específicas dos sítios de manejo onde as árvores foram amostradas.

Para atestar a qualidade do ajuste dos modelos testados foram utilizados o coeficiente de determinação ajustado e coeficiente de variação. O software R (Development Core Team, 2014) foi utilizado no processamento destas análises, com auxílio do pacote *rpart* (Therneau & Atkinson, 2018), disponível no ambiente R.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

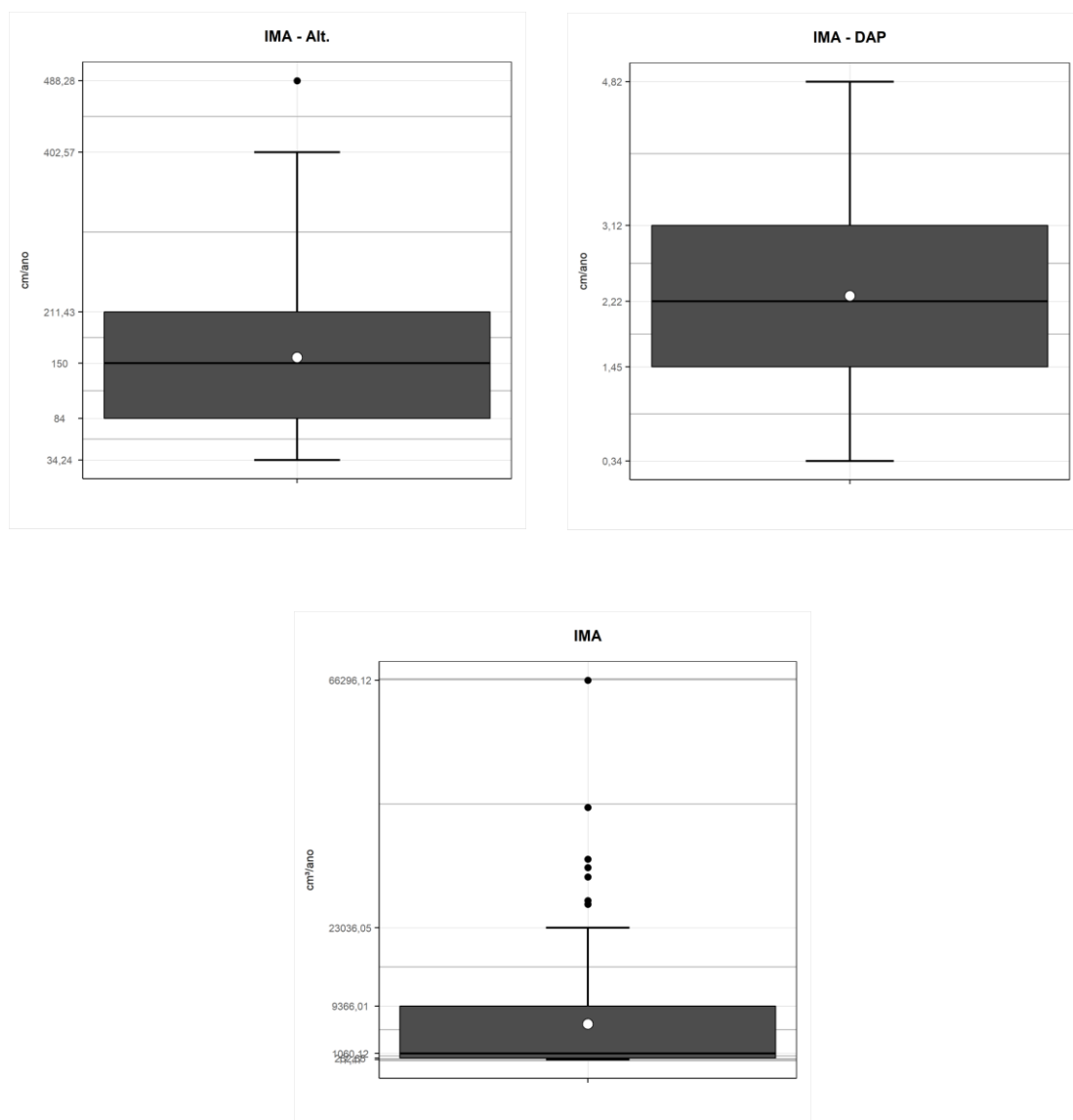
Os box plots para os indicadores biológicos são apresentados na figura 4. Em geral, foi observado uma grande variação dos valores de todos os indicadores, exceto da atividade de arilsulfatase. Os dados de carbono da biomassa microbiana apresentaram média de  $83,7 \text{ mg.kg}^{-1}$  com amplitude de 7 a  $240 \text{ mg.kg}^{-1}$  ( $\text{CV} = 60\%$ ). A respiração basal do solo apresentou média de  $5,1 \text{ mg C-CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  variando de 1,2 a  $11 \text{ mg C-CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  ( $\text{CV} = 38,5\%$ ). Já a atividade de fosfatase variou de 88 a  $1470 \mu\text{g.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol ( $\text{CV} = 44,5\%$ ) e a de  $\beta$ -glicosidase de 6 a  $99 \mu\text{g.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol ( $\text{CV} = 32\%$ ). A atividade de arilsulfatase, entretanto, apresentou pequena variação entre os sítios, com valores de 946 a  $1224 \mu\text{g.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol ( $\text{CV} = 4,3\%$ ).





**Figura 4** – Box plots de indicadores microbiológicos e bioquímicos do solo avaliados a partir de amostras de solo (0 a 10 cm) em 34 sítios de plantio das espécies *K. ivorensis* e *K. anthotheca* em sistema agroflorestal (Valença, BA).

Os box plots para as variáveis dendrométricas encontram-se na figura 5. O incremento médio anual do DAP apresentou média de 2,26 cm.ano<sup>-1</sup> com variação de 0,34 a 4,8 cm.ano<sup>-1</sup> (CV = 43,6%, n = 75). O incremento em altura apresentou média de 156,93 cm.ano<sup>-1</sup> com variação de 34 a 488 cm.ano<sup>-1</sup> (CV = 42,9%, n = 99) e o incremento médio anual em volume apresentou média de 6207,36 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>, variando de 17 a 66.300 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> (CV = 114%; n = 99) o que ressalta a grande variação em produtividade das unidades amostrais.

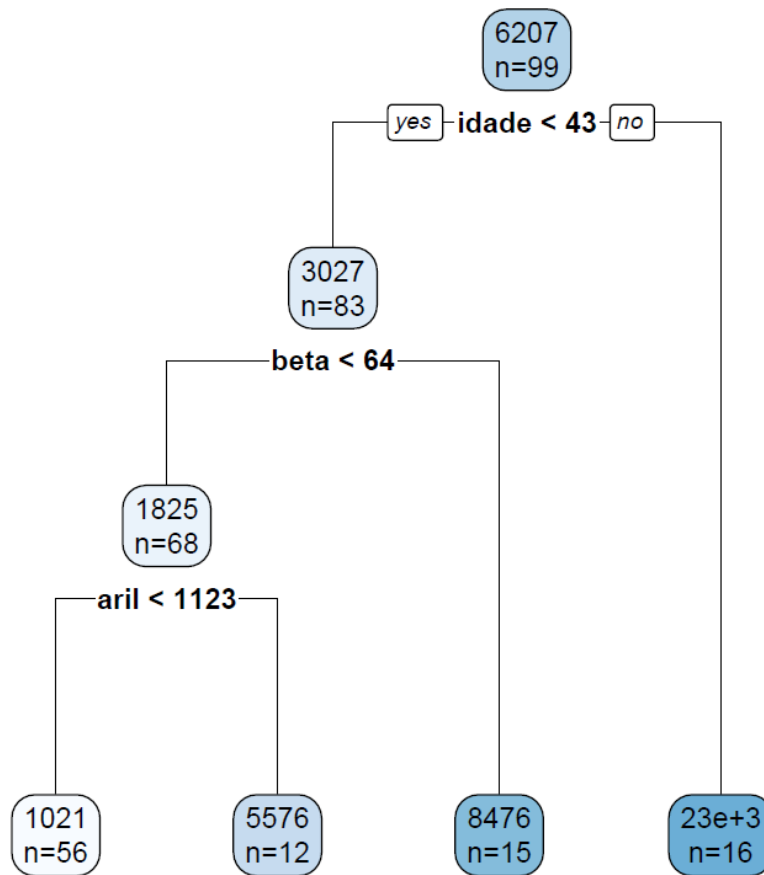


**Figura 5** – Box plot das taxas de incremento em altura ( $\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ;  $n = 99$ ), DAP ( $\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ;  $n = 74$ ) e volume ( $\text{cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ ;  $n = 99$ ) de árvores de *K. ivorensis* e *K. anthothea* com idades variando de 6 a 67 meses em 36 sítios de plantio.

A análise dos dados pelo método de árvore de regressão mostrou a relação do incremento volumétrico em função da “espécie”, “idade”, variáveis sítio-específicas e variáveis biológicas (Figura 6). O incremento médio anual em volume ( $\text{cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ ) em indivíduos com idade menor que 43 meses, foi maior em áreas com maiores atividades de  $\beta$ -glicosidase e arilsulfatase. Desse modo, indivíduos mais novos (<43 meses) apresentam maior IMA (média de  $8\,476\ \text{cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ ) quando a atividade da  $\beta$ -glicosidases foi maior que  $64\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol. Em condições com  $\beta$ -glicosidase inferiores a  $64\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol o desempenho do crescimento passaram a ser associados à atividade da arilsulfatases (Figura 6). Assim, sítios com atividade de arilsulfatase baixa (< $1123\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol) apresentaram o menor incremento volumétrico, com média de  $1021\ \text{cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ . Já os sítios



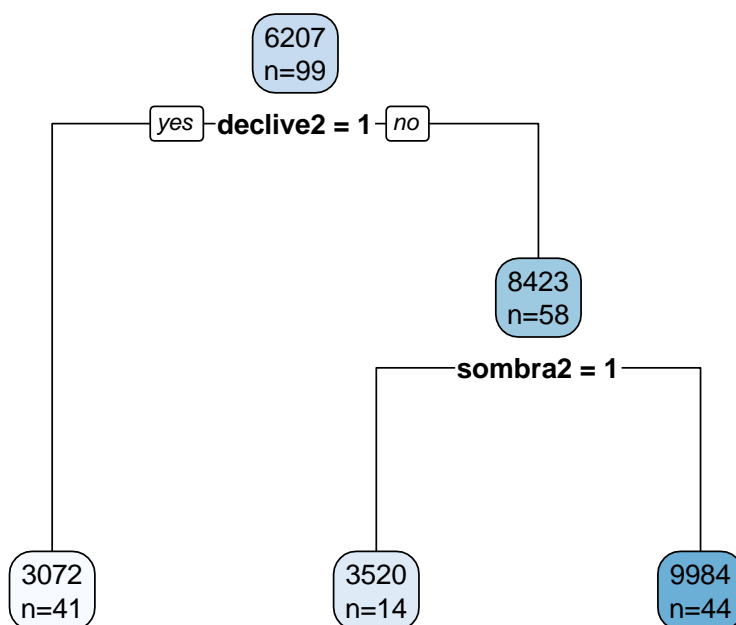
com arilsulfatase superior a  $1123 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol as árvores de mogno-africano obtiveram incremento médio bem intermediário ( $5\,576 \text{ cm}^3\cdot\text{ano}^{-1}$ ) (Figura 6).



**Figura 6** - Gráfico do modelo de árvore de regressão explicando o incremento em volume ( $\text{cm}^3/\text{ano}$ ) de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não); carbono da biomassa microbiana (cbm); respiração basal do solo; atividades de arilsulfatases (aril), betaglicosidasas (beta) e fosfatase (fosf).

Segundo Encinas et al. (2005) o crescimento de espécies arbóreas, em forma gráfica, assemelha-se a uma curva sigmoideal em que a primeira fase corresponde a idade juvenil, a segunda a idade madura e a terceira a idade senil (velha). Visto que os indivíduos analisados possuem idade inferior a 67 meses (5,6 anos) e que de acordo com Falesi & Baena (1999) as plantas de mogno-africano frutificam com 7 a 8 anos, os plantios estudados ainda estão em fase juvenil. Caracterizando que até os 43 meses (3,6 anos) os cultivos de mogno possuem alta dependência da atividade microbológica e bioquímica nas camadas de 0 – 10 cm do solo, podendo assim ter uma boa capacidade resposta a adubações de cobertura. Visto que as amostras foram coletadas no final do período de seca da região e que conseqüentemente a taxa de lixiviação dos nutrientes cai, reafirma a ideia da alta interação dos indivíduos na camada de 0 – 10 cm até os 3,6 anos.

Quando observamos essa mesma modelagem considerando apenas variáveis sítio específicas, indivíduos com maiores incrementos em volume ocorreram em áreas sem declividade e sob pleno sol (média de incremento de 9984 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>). Ao contrário, os menores incrementos foram associados a sítios declivosos (média de incremento de 3072 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>). A presença de sombreamento, entretanto, reduziu o incremento em sítios não-declivosos os quais apresentaram incremento médio de 3520 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>.



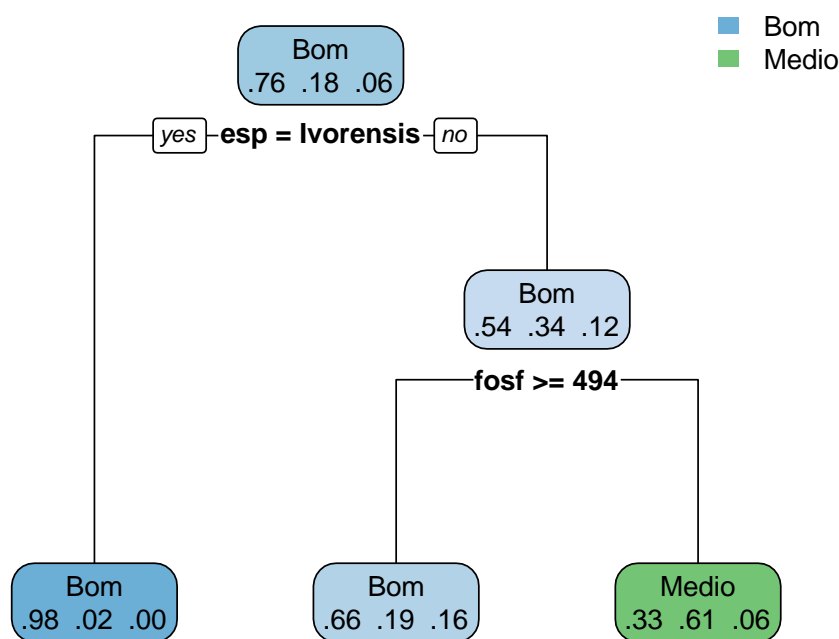
**Figura 7** - Gráfico do modelo de árvore de regressão explicando o incremento em volume (cm<sup>3</sup>/ano) de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não).

De acordo com esses resultados é possível afirmar que tanto a declividade quanto o grau de sombreamento do sítio possuem grande influência sobre o incremento volumétrico de ambas as espécies de mogno-africano avaliadas. Uma hipótese que pode ser levantada é o maior poder erosivo sob condições de declividade assim como pelo efeito competidor negativo que a sombra exerce sobre o crescimento dos indivíduos. Dentre os constituintes do solo, a matéria orgânica é o primeiro a ser removido, por concentrar na camada superior do solo e pela sua baixa densidade (Schwarz, 1997). Com médias de 3 520 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> a sombra e 9 984 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> a pleno sol, a limitação por luminosidade da espécie geram perdas maiores que 5 000 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>, apesar das espécies apresentarem boa tolerância ao sombreamento (Lamprecht, 1990).

Quando pensamos em objetivo madeireiro, a qualidade do fuste da planta se faz de muita importância visto o longo tempo de investimento. Ao se avaliar a qualidade do fuste como variável dependente no modelo, esta foi classificada como “bom” para as árvores da espécie *K. ivorensis* (grau de pureza = 98%) e como “médio” para árvores de *K. anthotheca* localizadas em sítios com atividade de fosfatase menor que 494 µg.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de *p*-nitrofenol (grau de pureza = 61%; Figura 8). Esses resultados indicam que a

qualidade de sítio não exerce influência sobre a qualidade de fuste de *K. ivorensis*, ao contrário de *K. anthotheca*.

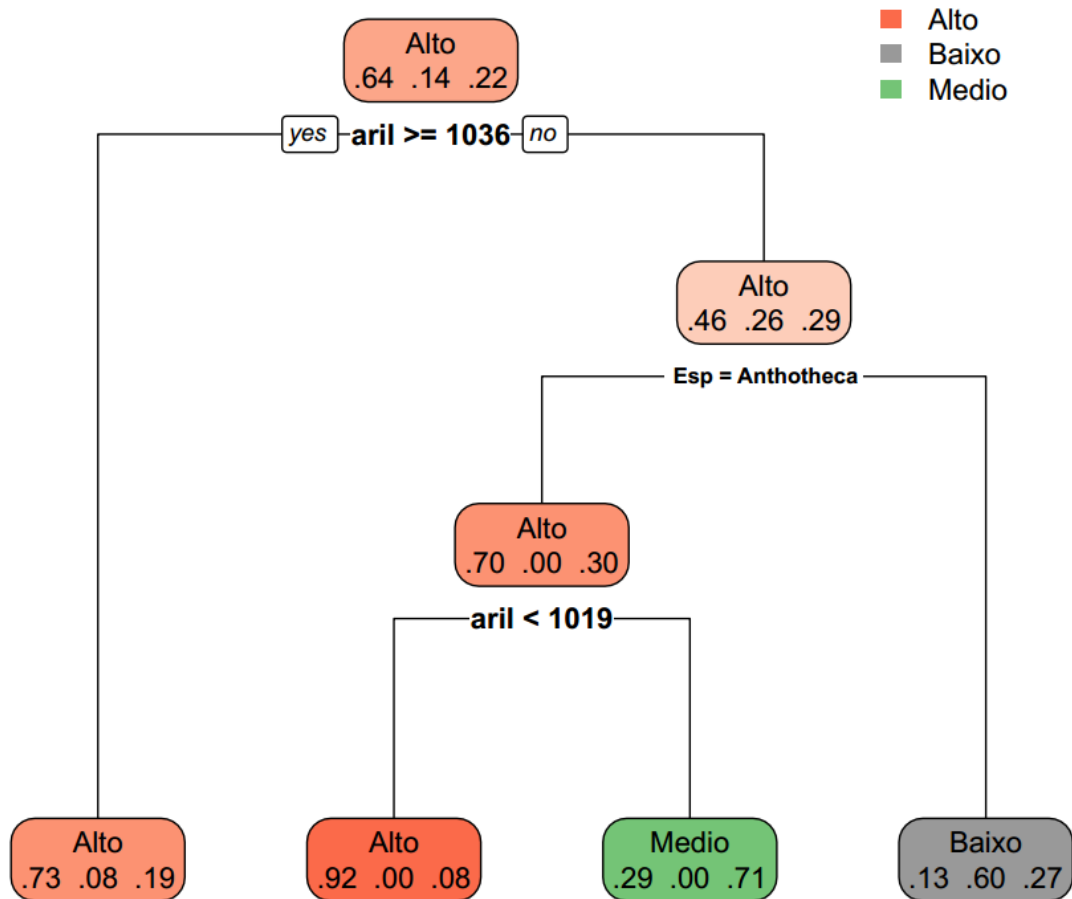
Observações de campo do local de estudo demonstram que o entortamento de árvores de *K. anthotheca* ocorrem em sítios de maior taxa de crescimento em virtude de fortes pulsos de crescimento que resultam em entrenós longos e sem a devida lignificação do lenho. Essa observação pode ser comprovada pelos dados de qualidade de fuste e taxa de incremento volumétrico. Árvores de *K. anthotheca* que receberam a classificação de qualidade de fuste “bom” apresentaram média de incremento volumétrico de 3868 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>, enquanto que árvores com classificação “médio” e “ruim” apresentaram média de incremento volumétrico de 7829 e 6851 cm<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Como consequência, pode-se inferir que áreas com menor atividade de fosfatase possuem maior potencial produtivo. Uma hipótese para explicar esse padrão seria que áreas com maior atividade de fosfatase possuem menor disponibilidade de fósforo sendo conseqüentemente menos produtivas. Esse fato poderá ser investigado pela avaliação da fertilidade dos solos coletados.



**Figura 8** - Gráfico do modelo de árvore de classificação explicando as classes de qualidade de fuste de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não); carbono da biomassa microbiana (cbm); respiração basal do solo; atividades de arilsulfatases (aril), betaglicosidases (beta) e fosfatase (fosf).

Quando o vigor foi modelado como variável dependente observamos que os níveis foram explicados pela espécie e pela atividade da arilsulfatases. Quando a atividade de arilsulfatase foi superior a 1036 µg.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> de *p*-nitrofenol o vigor foi classificado como “alto” (grau de pureza = 73%) e quando menor que esse valor, para a espécie *K. ivorensis*, o vigor foi classificado como “baixo” (grau de pureza = 60%) (Figura 10). *K.*

*anthotheca* apresentou um padrão distinto, tendo o vigor “médio” no intervalo de arilsulfatase entre 1019 e 1036  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol (grau de pureza = 71%) e “alto” quando a arilsulfatase foi menor que 1019  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de *p*-nitrofenol (grau de pureza = 92%).



**Figura 9** - Gráfico do modelo de árvore de classificação explicando as classes de vigor de árvores das espécies *K. anthotheca* e *K. ivorensis*. Variáveis explanatórias consideradas: espécie; sombreamento (sim/não); terreno em declive (sim/não); área em borda de mata (sim/não); carbono da biomassa microbiana (cbm); respiração basal do solo; atividades de arilsulfatases (aril), betaglicosidasases (beta) e fosfatase ácida (fosf).

## 6. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos e as condições em que a presente pesquisa foi desenvolvida, pode-se concluir que:

- Árvores de *K. ivorensis* e *K. anthotheca* são mais produtivas em sítios com alta a atividade biológica do solo, pelo menos até os 43 meses de idade;
- Os indicadores biológicos que melhor explicaram a variação na taxa de incremento volumétrico do mogno-africano foram a atividade de  $\beta$ -glicosidase e de arilsulfatase;
- Árvores cultivadas em sítios declivosos ou sombreados apresentam menores incrementos volumétricos que aquelas cultivadas em áreas planas não-sombreadas;
- Árvores de *Khaya ivorensis* apresentam em geral melhor qualidade de fuste e menor vigor de crescimento que árvores de *Khaya anthotheca*, as quais estão sujeitas a entortamentos em áreas de maior fertilidade devido a fortes pulsos de crescimento monopodial;

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO** Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./Sept. 2007.

ARAÚJO, Edson Alves de et al. **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava, v. 5, n. 1, p.187-206, 30 abr. 2012. Editora Unicentro. <http://dx.doi.org/10.5777/paet.v5.n1.12>.

BALBINO, Luiz Carlos et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 46, n. 10, p.1-12, out. 2011. FapUNIFESP (SciELO).

BROOKES, D. C. **The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals**. Biology and Fertility of Soils, Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. 2001 89f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. . **Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso), v. 31, p. 1381-1396, 2007.

DONAGEMMA, G.K.; CHAER, G.M.; BALIEIRO, F.C.; PRADO, R.B.; ANDRADE, A.G.; FERNANDES, M.F.; COUTINHO, H.L.C.; CORREIA, M.E.F. & BARRIOS, E. **Indicadores de qualidade do solo: descrição, uso e integração para fins de estudo em agroecossistemas**. In: FERREIRA, J. M. L. et al, ed. Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola. Belo Horizonte, EPAMIG, 2010. p.143-201.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. **Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set**. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.). Methods for assessing soil quality, Wisconsin, USA: Soil Science Society American, 1996. p.25-37. (Special Publication, 49).

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. [S.l.]: [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/112/sistemas-agroflorestais-safs>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J.R.R. **IDADE E CRESCIMENTO DAS ÁRVORES**. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43p. Il.- (Comunicações técnicas florestais; ISSN 1517-1922; v.7, n.1).

FERREIRA, O. R.; COSTA, O. D. V.; SOUZA, L. da S.; JACOMINE, P. K. T. **ÁREAS DE LAGOAS INTERMITENTES EM TABULEIROS COSTEIROS DO RECONCAVO DA BAHIA: Gênese, caracterização e classificação dos solos**. R. Bras. Ci. Solo, 39:1513-1523, 2015.

FRIGHETTO, R. T.S.; VALARINI, P.J., Coords. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).

MENDES, I. C; VIVALDI, L. **Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do DF**. In: RIBEIRO, J. F; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.i. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF: Embrapa, 2001.p.664-687.

MENDES, I. de C.; HUNGRIA, M.. REIS JR., F. B.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; MERCANTE, F. M.; ZILLI, J. E. **BIOINDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SOLOS TROPICAIS: UTOPIA OU REALIDADE?** Embrapa Cerrados. Documentos 246, p. 1-31. Planaltina, DF. Março/2009.

MONTEIRO, R.T. **INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO** Agrociencia. (2005) Vol. IX N° 1 y N° 2 pág. 255 – 257.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M, L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. de S.; D'ANDREÁ, A. F. **INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA AGROSSILVOPASTORIL NO NOROESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS** Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 33, n. 1, p. 105-112, jan./fev., 2009.

PEZARICO, Carmen Regina et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [s.l.], v. 56, n. 1, p.40-47, 2013. Editora Cubo Multimídia.

PÔRTO, M. L.; ALVES J. DO C.; DINIZ, A. A.;SOUZA, A. P. de; SANTOS, D.; **INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO NO BREJO PARAIBANO** Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 33, n. 4, p. 1011-1017, jul./ago. 2009.

RIGHI, C. A., BERNARDES, M. S. **Cardeno da Disciplina Sistemas Agroflorestais** [recurso eletrônico]/ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, v. 1, 79p, 2015. Disponível em: [http://www4.esalq.usp.br/biblioteca/sites/www4.esalq.usp.br/biblioteca/files/Cadernos\\_Disciplina\\_SAFs\\_2013\\_Montagem.pdf](http://www4.esalq.usp.br/biblioteca/sites/www4.esalq.usp.br/biblioteca/files/Cadernos_Disciplina_SAFs_2013_Montagem.pdf) Acesso em 29 out. 2017.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F. de; SANTOS, V. B. dos; **A VALIAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO SOB SISTEMAS DE CULTIVO CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE FRUTAS** Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 32, n. 2, p. 353-359, mar./abr., 2008.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C.; **INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO**, Congresso Brasileiro de Ciência do Solo XXVII, 1999. p-314.

SARTORELLI, R. A. P.; CAMPOS FILHO, M. E.; Guia de plantas da regeneração natural do Cerrado e da Mata Atlântica. **Agroicone, INPUT**. São Paulo, 2017.

SCHMITZ, J. A. K.; **INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO.** Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p 1-176, març./2003.

SILVA, G. F. da; SANTOS, D.; SILVA, A. P. da; SOUZA, J. M. de. **INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA MESORREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25–35, jul.–set., 2015.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. **Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações** Revista Ciência Florestal, v. 16, n. 3, 2006.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A REGENERAÇÃO NATURAL SOB PLANTAÇÕES FLORESTAIS: DESERTOS VERDES OU REDUTOS DE BIODIVERSIDADE? Revista Ciência Florestal, vol. 20, núm. 3, 2010, pp. 533-552.



## ANEXOS

### Anexo I – Resultados das análises dos indicadores biológicos do solo.

UA	CBM	RBS	Fosfatases	$\beta$ -glicosidases	Arilsulfatases
1	159,1	9,4	506,0	52,0	1113,5
6	63,6	2,2	548,4	47,6	1027,2
8	46,6	2,3	789,2	31,8	1074,7
10	64,5	8,0	736,2	50,9	1055,1
13	239,3	4,8	1022,7	53,2	1213,9
15	12,1	3,8	922,7	39,4	1116,3
16	116,0	5,4	1367,2	70,2	1054,9
18	127,9	3,1	1017,9	38,0	1132,5
19	118,7	7,0	1069,1	39,9	1018,7
21	63,7	7,9	952,7	65,0	1060,7
23	119,6	8,5	661,4	47,0	1039,1
24	49,1	4,5	580,4	27,3	1125,4
25	109,4	9,0	577,2	44,5	1125,3
26	70,5	5,7	570,8	43,5	1130,4
30	139,6	6,9	1376,1	55,2	1052,8
33	9,3	2,7	803,1	41,9	1032,3
36	37,3	4,4	439,9	79,7	1138,7
38	122,6	5,3	478,2	68,2	1040,9
39	39,5	5,9	649,0	57,4	1034,6
41	115,9	8,4	821,8	62,4	1029,5
44	72,3	4,9	309,4	40,9	1043,2
47	116,9	7,9	481,2	66,6	954,9
48	240,6	5,5	699,4	85,7	1137,1
52	127,9	5,3	366,7	65,2	962,5
54	128,3	2,5	216,0	38,2	1003,5
55	60,0	4,0	299,6	54,9	1015,2
58	12,0	8,5	615,6	19,4	966,5
59	0,8	3,4	577,2	18,3	1101,1
60	22,0	2,4	591,6	18,5	949,5
61	14,7	3,3	362,7	11,2	990,2
63	17,9	2,4	380,8	49,2	1040,6
65	106,3	2,2	232,7	27,3	1145,2
66	20,6	2,9	214,1	22,4	1083,9
67	14,3	3,6	189,9	17,9	1185,3
71	65,8	3,7	675,7	64,0	1087,3
73	143,2	3,0	421,7	28,0	1121,5
75	39,6	2,1	400,2	19,7	1001,1
77	14,5	3,0	87,7	5,8	1003,7
79	29,5	3,0	527,7	22,0	1026,8
81	6,9	2,4	391,3	30,7	1067,4
84	36,0	2,6	653,8	34,0	1012,5
85	118,7	6,8	669,4	41,0	1135,4
87	103,0	7,4	873,6	36,0	1082,3
88	26,4	5,8	1202,2	60,1	1061,0
89	147,0	3,9	1239,4	42,0	1019,8
90	62,0	6,6	789,4	43,7	1111,6
93	102,9	4,9	1337,7	34,9	1062,3
94	122,0	7,5	1286,0	54,9	1088,1
95	230,9	5,5	1403,4	51,5	1009,6
98	169,3	5,4	1284,2	56,3	1078,6
99	80,4	2,8	967,9	32,5	1025,7

\* UA – Unidade amostral, CBM – carbono da biomassa microbiana, RBS – respiração basal do solo.

**Anexo II – Resultado do levantamento dendrométrico das Unidades Amostrais (UA)**

UA	DAP (cm)*	Altura (m)	Volume (cm³)
1	9,5	7,5	35402,7
2	9,9	6,5	31430,7
3	10,2	10,7	44075,3
4	12,8	9,7	66362,6
5	12,3	7,3	43988,7
6	15,7	10,7	123034,8
7	10,2	8,3	37738,1
8	12,4	7,5	55114,2
9	13,4	8,8	70417,9
10	14,7	11,5	99545,1
11	11,8	6,3	42672,9
12	9,3	7,8	37085,6
13	9,5	7,5	32781,0
14	9,1	6,0	23388,5
15	7,3	4,8	13821,2
16	7,8	7,3	19950,7
17	3,9	2,7	3725,3
18	9,6	8,2	31525,2
19	3,0	1,9	2129,7
20	6,7	4,8	11796,8
21	7,1	4,0	13258,1
22	8,5	5,8	22633,9
23	1,9	1,6	972,3
24	8,7	6,2	23639,0
25	6,1	4,2	9703,4
26	4,7	3,0	4771,9
27	7,1	6,0	14686,8
28	9,1	5,4	19753,7
29	7,2	5,0	14247,6
30	6,1	6,3	12468,2
31	2,4	1,9	1379,9
32	2,4	2,1	1589,2
33		1,5	1032,2
34		1,5	565,3
35	6,0	5,0	9058,5
36	8,5	6,0	23183,2
37	11,4	9,0	47347,9
38	7,7	8,3	28360,0
39	1,6	1,8	1122,8
40	1,6	1,9	993,4
41	1,0	1,6	518,0
42		1,3	204,5
43	3,8	2,5	2883,5
44		1,2	695,2
45	3,7	2,5	3317,2
46	10,7	7,3	42982,7
47	10,0	7,5	32164,7
48	9,2	7,6	31333,5
49	11,7	11,8	67121,7
50	20,2	12,6	195409,3
51	22,1	13,8	245993,1
52	26,9	15,0	370153,3
53	3,8	2,7	2753,6

54	2,6	2,2	1028,4
55	4,4	2,7	3601,7
56		1,2	228,0
57		1,2	126,3
58		0,7	8,7
59		0,7	12,7
60		0,8	21,8
61	1,3	1,6	441,1
62	1,3	1,9	578,2
63	3,9	3,7	3287,4
64	2,6	2,2	1394,8
65	2,7	2,6	1408,3
66	4,0	4,0	3982,0
67	2,9	2,6	1559,9
68	2,8	1,9	1285,0
69	2,0	2,4	923,1
70	18,5	13,0	175521,7
71	13,4	9,2	69358,3
72	11,1	8,5	43018,8
73	3,0	2,6	1766,9
74	2,8	2,2	1563,7
75		0,9	170,8
76		1,0	165,6
77		1,0	119,4
78	1,1	1,6	429,7
79		0,6	46,7
80		0,7	47,9
81		1,1	157,3
82		0,8	140,8
83	1,2	1,4	251,3
84	2,5	2,5	1329,8
85	1,5	1,7	508,6
86	2,0	2,0	920,0
87	2,1	2,7	1136,8
88		0,7	44,7
89		0,7	82,8
90		1,0	71,2
91		0,6	27,7
92		0,6	18,0
93		0,6	25,6
94		1,2	303,5
95		1,4	581,5
96	4,3	2,6	4183,2
97	2,0	1,8	1836,2
98	2,1	1,9	1488,4
99		1,0	202,6

\*Valores de DAP em branco correspondem a árvores de pequeno porte em que não foi possível realizar a medição.

### Anexo III – Parâmetros de validação das árvores de regressão geradas

	Parâmetro de Complexidade *	Número de partição	Erro relative	Erro de validação cruzada	Desvio padrão da validação cruzada
1	0.467606	0	1.00000	1.04203	0.37679
2	0.048935	1	0.53239	0.61888	0.22434
3	0.018460	2	0.48346	0.60316	0.22566
4	0.010000	3	0.46500	0.60029	0.22562

\* Figura 6

	Parâmetro de Complexidade *	Número de partição	Erro relative	Erro de validação cruzada	Desvio padrão da validação cruzada
1	0.10417	0	1.00000	1.0000	0.17767
2	0.01000	1	0.79167	0.875	0.16948

\* Figura 8