

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**TESE**

**CRESCIMENTO E PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Copaifera***  
***langsdorffii* Desf. SOB REGIME DE MANEJO FLORESTAL**

**JAIR FIGUEIREDO DO CARMO**

**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**CRESCIMENTO E PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Copaifera  
langsdorffii* Desf. SOB REGIME DE MANEJO FLORESTAL**

**JAIR FIGUEIREDO DO CARMO**

Sob a Orientação do Professor  
**João Vicente de Figueiredo Latorraca**

e Co-orientação da Professora  
**Helena Margarida Nunes Pereira**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de título de Doutor, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2016

634.97

C287c

T

Carmo, Jair Figueiredo do, 1964-

Crescimento e propriedades da madeira de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob regime de manejo florestal / Jair Figueiredo do Carmo. - 2016.

ix, 54 f.: il.

Orientador: João Vicente de Figueiredo Latorraca.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, 2016.

Inclui bibliografia.

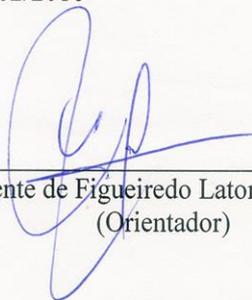
1. Copaíba - Crescimento - Teses. 2. Copaíba - Anatomia - Teses. 3. Anéis de crescimento (Botânica) - Teses. 4. Florestas - Amazônia - Administração - Teses. 5. Madeira - Exploração - Amazônia - Teses. I. Latorraca, João Vicente de Figueiredo, 1962- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

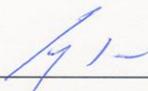
**JAIR FIGUEIREDO DO CARMO**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências,  
no curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração  
em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

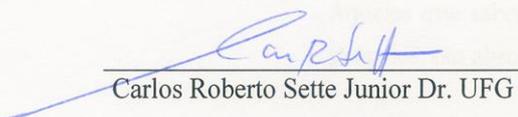
TESE APROVADA EM 25/02/2016



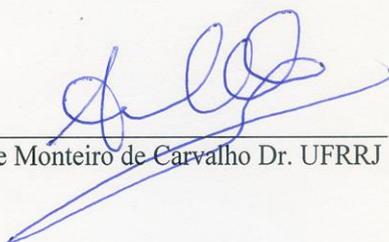
João Vicente de Figueiredo Latorraca Dr. UFRRJ  
(Orientador)



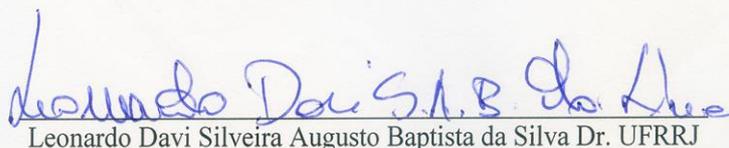
EdyEime Pereira Baraúna Dr. UFMG



Carlos Roberto Sette Junior Dr. UFG



Alexandre Monteiro de Carvalho Dr. UFRRJ



Leonardo Davi Silveira Augusto Baptista da Silva Dr. UFRRJ

Aqueles que sabem tudo, mas desconhecem a si próprios, são absolutamente carentes.

Jesus Cristo

## **DEDICATÓRIA**

A minha esposa Terezinha e aos meus filhos (Fábio, Jáder e Gabriela), pelo apoio nos momentos em que mais precisei e por incentivar a não desistir e sempre seguir em frente e, principalmente, por suportar os momentos em que estive ausente do convívio familiar.

## AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, pela oportunidade.

Ao Instituto de Florestas como um todo, em especial ao Departamento de Produtos Florestais - DPF, Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira e ao Núcleo de Pesquisa e Qualidade da Madeira – NPQM.

Ao professor Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca, pelo apoio, ensino, orientação e paciência na realização deste trabalho.

Aos professores Dr. José Luís Penetra Cerveira Lousada do Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro - Vila Real, e professora Dr<sup>a</sup> Helena Margarida Nunes Pereira do Centro de Estudos Florestais do Instituto Superior de Agronomia - ISA, reportando agradecimentos aos demais professores e técnicos dessas instituições, que de forma direta e indireta, colaboraram com o meu Doutorado Sanduíche em Portugal.

Aos técnicos e colaboradores do INMETRO - Rio de Janeiro, pela ajuda nas análises da química da madeira em seus laboratórios.

Ao professor Fidel, pelo ensino do uso das ferramentas, programas e *software* utilizados em dendrocronologia e todos os demais professores e funcionários do PPGCAF/UFRRJ.

Aos colegas da UFMT e parceiros de coleta de material para tese, Dirceu, Juliano, e demais alunos que estiveram envolvidos.

Um agradecimento especial ao professor Dr. Ednaldo Antônio de Andrade, pelo apoio nas análises estatísticas.

Ao Sr. Michelangelo Dal Pai Sandri, proprietário da Fazenda Aremisa III, por ter disponibilizado a área para este estudo.

Ao Engenheiro Florestal Levy Leite da Cunha, pela logística na definição da área de estudo.

Aos amigos: Daniel, Willberg, Leo, Letícia, Tiago, Juliana, Leif, José (Zé Rural), entre vários outros, pelos momentos de descontração.

À CAPES, pela bolsa concedida durante o Doutorado Sanduíche realizado em Portugal.

## RESUMO GERAL

Carmo, Jair Figueiredo do. **Crescimento e propriedades da madeira de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob regime de manejo florestal.** 2016, 68 p. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

O objetivo deste trabalho foi estudar o crescimento e propriedades da madeira em árvores de *Copaifera langsdorffii* de uma floresta ombrófila aberta, sob regime de manejo florestal, no estado de Mato Grosso. Para tanto, foram coletadas amostras de 20 árvores, e o desenvolvimento do trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira, foi realizado um estudo dendrocronológico para a espécie e, na segunda, um estudo do efeito do manejo florestal nas propriedades anatômicas, químicas e física da madeira de *C. langsdorffii*. A área, onde foram coletadas as árvores, tem como principal característica o fato de ter ocorrido a primeira exploração florestal no ano de 1987 e atingindo seu segundo ciclo de corte no ano de 2013. No estudo dendrocronológico, foi construída uma série cronológica mestre da espécie e análises da sensibilidade cambial às variações climáticas (temperatura e precipitação). Além disso, verificou-se os efeitos climáticos do evento *El Niño* no crescimento das árvores. O estudo do efeito do manejo florestal nas propriedades da madeira foi realizado através da caracterização anatômica, física e química dos lenhos formados 10 anos antes e 10 anos depois do primeiro ciclo de corte ocorrido em 1987. Foi também analisado o efeito da distância das árvores estudadas em relação à clareira (toco remanescente) aberta no ano da primeira exploração de 1987. Os resultados obtidos indicaram que a *C. langsdorffii* apresenta potencial para estudos dendrocronológicos, apresentando uma correlação significativa da largura dos anéis dentro e entre árvores. O manejo florestal propiciou incrementos diametrais superiores aos observados antes da primeira exploração. Observou-se que os maiores incrementos diametrais das árvores ocorreram nos períodos do ano em que o índice de precipitação é maior. O estudo indicou alterações significativas na estrutura anatômica da madeira, através do aumento da frequência de vasos e redução largura dos raios na madeira formada após a exploração florestal de 1987. Esses resultados também foram encontrados na análise de distância da árvore estudada em relação ao toco remanescente. As alterações na estrutura anatômica denotaram uma diminuição da densidade aparente da madeira formada pós 1987. Através da análise química foram encontrados 10 elementos químicos, sendo 4 macros e 6 micronutrientes. Não houve diferença significativa na assimilação de minerais na madeira decorrentes do manejo florestal. Assim, não houve efeito negativo na disponibilidade de nutrientes para a *C. langsdorffii*. De modo geral, os resultados encontrados demonstraram que o manejo florestal foi benéfico para a *C. langsdorffii*, pois possibilitou ganhos consideráveis de incremento após a intervenção florestal, sem acarretar prejuízos relevantes na estrutura anatômica, física e química no lenho da espécie.

Palavras-chave: Anéis de Crescimento, Copafba, Variações Climáticas.

## GENERAL ABSTRACT

Carmo, Jair Figueiredo do. **Growth and wood properties of *Copaifera langsdorffii* Desf. under forest management regime**. 2016, 68 p. Doctoral Thesis in Environmental Science and Forest. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

The objective of this research was to study the growth and wood properties of *Copaifera langsdorffii* trees in an open rain forest, under a forest management system in the state of Mato Grosso, Brazil. Therefore, samples from 20 trees were collected, and the development of the research was divided into two stages. In the first one, a dendrochronological study for the species was carried out and in the second one, a study of the effect of forest management on the anatomical, chemical and physical properties of *C. langsdorffii* wood. The area where the trees were collected, has as main characteristic the fact that had occurred the first lumbering in 1987 and reaching his second cutting cycle in 2013. During the dendrochronological study, a master chronological series of the tree species and also an analysis of the cambium sensitivity to climatic variations (temperature and precipitation) were done. Furthermore, weather effects of *El Niño* event were found in the growth of those trees. The study of the effect of forest management on the properties of wood, was carried through the anatomical, physics and chemistry characterization of woods that were formed 10 years before and 10 years after the first cutting cycle that had occurred in 1987. It was also analyzed the effect of the distance of the trees studied in relation to the glade (remaining stub) opened in the year of the first lumbering, in 1987. The results indicated that *C. langsdorffii* has potential to the dendrochronological studies, presenting a significant correlation between the width of the rings within and among those trees. The forest management led to diametrical higher increases than those observed before the first lumbering. It was observed that the higher diametrical growth of trees occurred during periods of the year in which the precipitation rate is higher. The study indicated a significant change in anatomical structure of the wood, by the increased frequency of vessels and decreasing width of rays formed on wood after lumbering in 1987. Those results were also observed for the trees distances in relation to the glade. The changes into anatomical structure showed a decrease in the density of the wood formed after 1987. By chemical analysis, 10 chemical elements were found, 4 macro and 6 micronutrients. There was no significant difference in the assimilation of minerals into the wood as a result of forest management. Thus, there was no negative effect on the availability of nutrients to the *C. langsdorffii*. Overall the results showed that forest management was beneficial to the *C. langsdorffii*, growth because that action led to possible and considerable gains in growth after forest intervention, without incurring significant losses in the anatomical, physical and chemical structure in the wood species.

Keywords: Tree Growth Rings, Copaiba Tree, Climate Variability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura1 - Local da área de estudo.....	6
Figura2 - Diagrama ombrotérmico para o norte de Mato Grosso(Kalnay, 1996). ....	14
Figura3 - Seção transversal do lenho de <i>Copaifera langsdorffii</i> evidenciando a demarcação dos anéis de crescimento pela camada de parênquima marginal (A) e presença de falsos anéis (B). ....	15
Figura4 - Série cronológica do índice de largura dos anéis de crescimento do lenho de <i>Copaifera langsdorffii</i> e profundidade de série para o conjunto de árvores, .....	16
Figura5 - Correlação entre a série cronológica dos anéis de crescimento e precipitação média mensal. Correlações maiores que 0.4 são consideradas significativas.....	18
Figura6 - Correlação entre a série cronológica dos anéis de crescimento e temperatura média mensal. Correlações maiores que 0.4 são consideradas significativas.....	19
Figura7 - Correlação do crescimento das árvores de <i>C. langsdorffi</i> e índices de precipitação, com ênfase nos anos de ocorrência de El Niño. ....	20
Figura 8- Incremento em diâmetro acumulado (IDA) do tronco das árvores de <i>Copaifera langsdorffii</i> . ....	21
Figure 9–Incremento corrente anual (ICA) pré 1987 (1978-1987) e pós 1987 (1988-1997) a exploração florestal. ....	21
Figura 10 - Esquema de retirada das amostras representativas aos períodos anterior e posterior a exploração florestal .....	33
Figura 11–Obtenção e preparo de amostras para análise microdensitométrica.....	35
Figura 12 - Características anatômicas da madeira de <i>Copaifera langsdorffii</i> .....	38
Figura13- Comportamento para diâmetro dos vasos no sentido medula casca para as árvores de <i>C. langsdorffii</i> . ....	40
Figura14 - Comportamento do comprimento de fibra no sentido medula - casca para a <i>C. langsdorffii</i> .....	41
Figura15 - Comportamento da espessura da parede das fibras no sentido medula-casca para <i>C. langsdorffii</i> .....	41
Figura 16 - Comportamento da espessura total da parede das fibras no sentido medula-casca para <i>C. langsdorffii</i> .....	42
Figure 17 - Perfil radial da densidade aparente do lenho de <i>C. langsdorffii</i> .....	42

Figure 18 – Diferenças de macro e micronutrientes entre os lenhos formados antes e após a exploração florestal. ....	45
Figure 19- Percentuais de acréscimo entre os ambientes pré e pós 1987 para os macro e micronutrientes em <i>C. langsdorffii</i> .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Qualidade da sincronização das séries de largura dos anéis por árvore.....	17
Tabela 2 - Incremento corrente anual médio de 12 árvores considerando todas as idades nos 10 anos pré 1987 e pós 1987.....	22
Tabela 3 - Distâncias das árvores em relação aos tocos.....	36
Tabela 4 –Estatística descritiva para os elementos anatômicos de <i>C. langsdorffii</i> .....	39
Tabela 5– Estatística descritiva das variáveis anatômicas e densidade para as posições radiais Pré e Pós 1987.....	44
Tabela 6 - Demosntrativo das concentrações média (mg/kg) e percentual da relação entre os ambientes pré e pós 1987. ....	46
Tabela 7 - Valores mensurados para variação dos elementos anatômicos de <i>C. langsdorffii</i> para Toco AT 30 e AC 30.....	47

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	VIII
GENERAL ABSTRACT.....	IX
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2 OBJETIVO GERAL.....	2
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	2
3.1 Manejo Florestal na Amazônia Brasileira .....	2
3.2 Descrição da Espécie .....	4
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
4.1. Área do Estudo .....	5
4.2. Coleta do Material .....	6
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	6
CAPÍTULO I Dendrocronologia de árvores de <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. de área de manejo florestal sustentado na Amazônia. ....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS .....	13
2.1 Objetivo Geral .....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1 Caracterização Anatômica do Anéis de Crescimento.....	14
4.2 Dendrocronologia .....	15
4.3 Correlações Climáticas .....	16
4.4 Incremento Radial do Tronco das Árvores de <i>C. langsdorffii</i> .....	20
4.5 Efeito do Manejo no Crescimento das Árvores .....	21
5 CONCLUSÕES .....	23
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
CAPÍTULO II Efeito do manejo florestal nas propriedades anatômicas, químicas e física do lenho de <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. ....	28
RESUMO.....	29
ABSTRACT .....	30
1. INTRODUÇÃO.....	30
2 OBJETIVOS .....	32
2.1 Objetivo Geral .....	32

2.2 Objetivos Específicos .....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1 Amostragem e Coleta do Material .....	32
3.2 Mensurações Anatômicas, .....	33
3.3 Mensurações densitométricas .....	34
3.4 Mensurações de macro e micronutrientes na parede celular .....	35
3.5 Efeito da exploração florestal .....	36
3.6 Análises Estatísticas .....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1. Anatomia Descritiva .....	36
4.3. Efeito da Exploração Florestal .....	43
4.3.1 Efeito do fator posição radial pré e pós exploração.....	43
4.3.1.1 Propriedades anatômica e física .....	43
4.3.1.2 Química macro e micronutrientes.....	44
4.3.2 Efeito do fator distância do toco remanescente .....	47
4.3.2.1 Propriedades anatômica e física .....	47
5. CONCLUSÕES .....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Detentora de uma riqueza de flora e fauna, a Amazônia é uma área que engloba nove estados brasileiros pertencentes à bacia hidrográfica amazônica e, conseqüentemente, possuem em seus territórios trechos de florestas ombrófila aberta (MARTHA JÚNIOR *et al.*, 2011). Os autores citam que, com base em análises estruturais e conjunturais, o governo brasileiro, reunindo regiões de idênticos problemas econômicos, políticos e sociais, com o intuito de melhor planejar o desenvolvimento social e econômico da região amazônica, instituiu o conceito de Amazônia Legal.

A atual área de abrangência da Amazônia Legal corresponde à totalidade dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parte do estado do Maranhão (a oeste do meridiano de 44° de longitude oeste), perfazendo uma superfície de aproximadamente 5.217.423 km<sup>2</sup> correspondente a aproximadamente 61% do território brasileiro. Esta região brasileira apresenta algumas peculiaridades em relação às possibilidades de uso econômico de suas áreas, quando comparado com outros biomas brasileiros, sendo possível atualmente a conversão de 20% do total da área de floresta para uso com fins diversos, sendo que os demais 80% têm como única possibilidade o aproveitamento dos recursos florestais madeireiros e não madeireiros.

Para esse fim, os órgãos ambientais estaduais e federal promovem o plano de manejo florestal sustentável e exigem alguns critérios essenciais para aprovação dos projetos. O termo manejo florestal se refere a dirigir ou guiar um povoamento durante a vida da floresta, até alcançar a produção de madeira e o sucesso econômico da empresa. Isso passa pela obrigatoriedade em atender à crescente demanda por produtos de origem madeireira, sem afetar esse fornecimento para as gerações futuras.

Os planos de manejo preconizam, em seu planejamento, ações que visam à manutenção ou mesmo a ampliação no rendimento de produtos de origem florestal em ciclos de corte futuros, propondo para isso, tratos silviculturais que acarretarão em ganho nas colheitas futuras. Contudo, efetivamente, pouco se sabe sobre o que efetivamente ocorre com as diferentes espécies florestais quando submetidos a esses tratos silviculturais, especialmente acerca da correlação entre os incrementos diamétricos em áreas sob o regime de manejo e aquelas intactas.

A dendrocronologia é a ciência que estuda os anéis de crescimento das árvores, analisando sua estrutura e investigando a informação registrada nos mesmos para aplicações em questões ambientais e históricas (TOMAZELLO *et al.*, 2001). Especialmente em zonas temperadas, a história da vida de uma árvore está gravada na estrutura de seu lenho e, se o seu crescimento é sazonal, é possível constatar claramente a presença de anéis de crescimento bem visíveis e demarcados. Possivelmente por esse motivo, é que ainda poucos estudos foram realizados com árvores de regiões tropicais.

A dendrocronologia é uma importante ferramenta para se determinar o padrão de crescimento das árvores, bem como identificar eventos bióticos e abióticos que afetam esse crescimento. Essa é uma informação primordial para o manejo florestal sustentado, mas ainda é isenta de qualquer referência sobre o efeito desses eventos na qualidade da madeira produzida. Desta maneira, esta tese se propôs a diagnosticar, a partir de estudos dendrocronológicos, o efeito do manejo florestal no incremento radial e nas propriedades anatômicas, químicas e físicas da madeira de árvores nativas de *Copaifera langsdorffii* da Amazônia mato-grossense.

## 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi diagnosticar o efeito do manejo florestal no incremento radial e nas propriedades tecnológicas da madeira de árvores de *Copaifera langsdorffii* Desf. oriunda da Amazônia mato-grossense.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Manejo Florestal na Amazônia Brasileira

A regulamentação da atividade de exploração florestal no Brasil, introduzida de forma contundente por intermédio do advento do Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965), surgiu em razão da necessidade de disciplinar a exploração desenfreada e irracional, empreendida, até então, nas florestas da Mata Atlântica e para o atendimento das especificidades das Florestas Amazônicas, outrora ainda com exploração incipiente.

A lei previa a utilização de planos técnicos de condução e manejo florestal, sob regulamentação de Ato do Poder Público, como única forma de exploração racional de recursos florestais.

Poucos anos depois, setores do próprio Governo Federal desrespeitaram a própria lei, estimulando uma ocupação desprovida de qualquer planejamento para a adequada utilização dos recursos florestais disponíveis na região amazônica. Isso mediante o intenso fluxo migratório promovido sob a égide da Política de Colonização e Reforma Agrária.

Segundo Couto (2008), o traço característico das políticas públicas foi o estímulo à expansão da fronteira agrícola com agressão, entre outros elementos, à cobertura florestal. Segundo o mesmo autor, especialmente no ciclo autoritário pós 1964, faltaram incentivos financeiros e não financeiros para atividades florestais, poucas vezes se desenhando e operacionalizando efetivas políticas de manejo.

Em abril de 1980, o IBDF expede a Instrução Normativa nº 001/80, que regulamentou a política florestal para a Amazônia legal. Já em 1986, compelido pela surpreendente dinâmica que se arvorou sobre o instituto em busca da autorização de desmate e da guia florestal, como únicos instrumentos de controle de origem e transporte de produtos florestais, o IBDF suspendeu temporariamente a expedição desses documentos. Isto forçou o setor à utilização dos planos de manejo florestais com rendimento sustentado.

Em 1989, o Governo Federal, preocupado com a excessiva pressão sobre as florestas e com a impotência e inoperância do IBDF e outros órgãos afins, resolve extingui-los, criando em seus lugares o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, com a finalidade de executar a Política Nacional do Meio Ambiente e as diretrizes governamentais na área.

Somente em 19 de outubro de 1994, portanto quase vinte anos depois, o Governo Federal veio regulamentar os art. 15 a 21 do Código Florestal que tratam da exploração florestal na Amazônia, privilegiando a condução técnica das florestas, preferencialmente via manejo florestal, além da implantação de florestas plantadas. Destaque para o art. 44 do mesmo Código que foi alterado, agora pela Medida Provisória nº 1511/97 e posteriormente pela Medida Provisória nº 1956/00, limitando ainda mais o percentual destinado à conversão de mata para a agricultura e para a pecuária nas propriedades da Amazônia. Na mesma linha, foi editada a

Portaria Ministerial nº 48/95, em 10 de julho de 1995, disciplinando a exploração das florestas primitivas na Bacia Amazônica, via manejo florestal.

De acordo com Schneider (2000), o termo “Manejo Florestal Sustentável” foi formulado pelo alemão Hans Carl Von Carlowitz em 1713, que apregoava que a floresta deveria gerar produtos madeireiros e não madeireiros às gerações atuais e às futuras em quantidade e qualidade iguais às então presentes. Este conceito foi o sugerido pelas Nações Unidas para compor as normativas discutidas durante o evento Rio 92 (Conferência para o Meio Ambiente e Desenvolvimento).

Segundo o mesmo autor, tal possibilidade pressuporia o corte da madeira em quantidade igual ao crescimento das árvores da floresta, de forma a preservar o estoque de madeira e a biodiversidade. Isto, como é óbvio, requer consciência de longo prazo e manutenção do equilíbrio do ecossistema.

Para se conseguir atender a essa premissa de sustentabilidade, faz-se necessário um conhecimento profundo da dinâmica de crescimento das espécies florestais, e o número de espécies florestais presentes no bioma Amazônico é extremamente elevado e com poucos estudos realizados.

Schneider (2000) cita que a quantidade de madeira passível de corte corresponde ao somatório do crescimento de cada árvore da floresta em certo período de tempo e derivaria, principalmente, do corte de árvores maduras, velhas e/ou doentes. Uma ação desse tipo propiciaria condições mais adequadas de crescimento para as árvores remanescentes, do que decorreria maior equilíbrio para as espécies remanescentes na área.

Couto (2008) cita ser patente que a produção de madeira em longo prazo requereria, crucialmente, a manutenção de condições ecológicas ótimas para as diversas espécies, assim como retorno econômico.

O manejo florestal apresenta a sua importância econômica, social e ambiental para a Amazônia à medida que permite renda ao produtor, gera emprego, e mantém a floresta em pé, com suas funções reguladoras do clima, biodiversidade, proteção do solo, do ar e da água, contribuindo com as futuras gerações (ROSETTI, 2013).

De acordo com Smeraldi e Veríssimo (1999), ao final da década de 90 do século passado, a Amazônia produzia cerca de 28 milhões de metros cúbicos de madeira em tora por ano, o que equivalia na época a 85% da produção do país. A Amazônia brasileira é uma das principais regiões produtoras de madeira tropical no mundo, atrás apenas da Malásia e Indonésia (OIMT, 2006). A exploração e o processamento industrial de madeira estão entre suas principais atividades econômicas – ao lado da mineração e da agropecuária (Veríssimo *et al.*, 2006). Esses números demonstram a grande importância que o setor de base florestal teve e tem para o país.

Economicamente o setor é bastante competitivo, porém as questões ambientais sempre foram o fraco dessa atividade no país. Numa extração típica de madeira, os danos ecológicos à estrutura da floresta são grandes: para cada árvore derrubada cerca de 28 outras, com DAP maior que 10 cm, são danificadas (JOHNS *et al.*, 1997, VIDAL *et al.*, 1997). Além disso, o dossel da floresta pode ser reduzido à metade, criando grandes aberturas que deixam a floresta remanescente susceptível ao vento e ao fogo (VERÍSSIMO *et al.*, 1992; JOHNS *et al.*, 1997).

Nas últimas décadas, inúmeras ações vêm sendo encadeadas pelas Nações Unidas visando cuidar do meio ambiente. Neste sentido, o manejo de florestas nativas ganhou uma importância fundamental na manutenção das florestas, e a concepção filosófica do manejo florestal sustentável foi reconhecida pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, como a mais importante contribuição que o setor florestal pode injetar positivamente em qualquer iniciativa de desenvolvimento sustentável de qualquer país (NUNNO, 2010).

### 3.2 Descrição da Espécie

De acordo com Carvalho (2005), a ocorrência da *C. langsdorffii*, em território brasileiro, abrange latitudes de 2° 32' S (Maranhão) a 24° 50' S (Paraná), sendo, portanto, uma espécie de ampla distribuição no Brasil. Com relação as altitudes de ocorrência da espécie, Brandão & Gavilanes (1990) indicam que estas ocorrem de 15m no Rio Grande do Norte a 1740m de altitude na Serra da Piedade - Minas Gerais.

A distribuição geográfica da espécie abrange países como a Argentina (MARTINEZ CROVETTO, 1963), sul da Bolívia (KILLEAN *et al.*, 1993), e norte do Paraguai (LOPES *et al.*, 1987). Carvalho (2005), relata que, no Brasil, a *C. langsdorffii* ocorre nos estados da Bahia, Ceara, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rondônia, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal. No Estado de Mato Grosso, a *C. langsdorffii* ocorre no Bioma Cerrado (MARIMON & LIMA, 2001) e Floresta (FELFILI *et al.*, 1998).

Quanto ao clima, de acordo com Carvalho (2005), a espécie ocorre em Biomas com precipitação média anual variando de 600 mm (Pernambuco) a 2400 mm (Maranhão), e temperatura média anual variando de 17,6 °C a 30,2 °C. Souza *et al.* (2013) cita que, no estado de Mato Grosso, existem duas estações climáticas bem definidas: chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro). As precipitações totais anuais variam de aproximadamente 1200 a 2000 mm para as estações avaliadas, com maiores níveis nas regiões Norte e Médio Norte do estado; já com relação à temperatura, tem-se máximas variando de 32° a 38° em praticamente todos os meses do ano, e mínimas variando de 16° a 22°, com menores temperaturas ocorrendo nos meses de junho e julho.

Carvalho (2005) cita que a *C. langsdorffii* é considerada uma espécie plástica quanto às condições edáficas, ocorrendo tanto em áreas de solo fértil e bem drenado como em áreas de solo muito pobre, ácido e álico dos cerrados. Ocorre ainda em terrenos úmidos, sendo comum em matas ciliares, tendo ocorrência esporádica em Gleissolo (Glei pouco húmico). Os solos caracterizados como latossolo vermelho amarelo são os de maior ocorrência no estado de Mato Grosso e se estendem por cerca de 262.000 km<sup>2</sup> (SANTOS, *et al.*, 2006).

A *C. langsdorffii* tem uma grande importância, principalmente na região Amazônica, devido à sua madeira ser de boa qualidade e, principalmente, pela produção de óleo-resina, este utilizado pelas populações tradicionais e indústrias farmacêuticas devido às suas propriedades terapêuticas. O óleo-resina da copaíba pode ser usado puro (in natura, ou destilado), ou como componente na preparação de uma variedade de produtos terapêuticos e cosméticos, como xaropes, pomadas, cápsulas, cremes, sabonetes, xampus, detergentes e loções; possui ainda potencial para uso industrial em tintas, vernizes e como fixador de fragrância de perfumes (SAMPAIO, 2000). Venturim (1996) apresenta que esta espécie tem utilização para a construção naval, carroçaria, torno e marcenaria.

A madeira de *C. langsdorffii* é altamente resistente à degradação natural e é utilizada em carpintaria (RUDD, 1991). A madeira é usada na construção de casas (por exemplo, para vigas, pisos, portas e janelas) e para a fabricação de móveis (ALMEIDA *et al.*, 2006). É também usada para uma variedade de outras finalidades, incluindo para as alças de madeira, ferramentas e vassouras (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Guerra *et al.* (2006) apresenta que as árvores de *Copaifera langsdorffii* também são cultivadas para fins de arborização no Brasil, pois proporcionam boa sombra. O mesmo autor cita que a mesma tem sido empregada em arborização rural e urbana. Veiga Júnior & Pinto (2006) relatam que ela pode viver até 400 anos e está classificada como uma espécie tardia para clímax (em relação à sucessão ecológica) em seu *habitat* natural nas florestas tropicais da

América tropical. Plantas que crescem em plantações na América do Sul atingem a maturidade reprodutiva após cinco anos de crescimento.

Em certas condições climáticas, *C. langsdorffii* pode ser parcialmente decídua, com a maior queda de folhas que ocorre no final da estação seca no sudeste do Brasil (PEDRONI *et al.*, 2002). Na América do Sul tropical, o florescimento ocorre geralmente entre junho e outubro e frutificação entre julho e outubro, com variação dependendo da região exata e clima (PEDRONI *et al.* 2002; VEIGA JUNIOR & PINTO, 2002). As flores são polinizadas por insetos durante o dia, principalmente no período entre 08:00 e 04:00 (VEIGA JUNIOR & PINTO, 2002). As abelhas sem ferrão (*Trigona spp.*) e as abelhas europeias (*Apis mellifera L.*) foram encontrados como sendo polinizadoras proeminentes da espécie em seu ambiente nativo (ICRAF 2001; VEIGA JUNIOR & PINTO, 2002).

A germinação das sementes começa a aproximadamente cinco dias após a sementeira (GUERRA *et al.* 2006). Os cotilédones carnosos contêm grandes reservas de energia que permitem a germinação e crescimento inicial em ambientes densamente sombreada. As primeiras folhas verdadeiras são compostas com 2-3 pares de relativamente pequenos folhetos cerca de 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura (GUERRA *et al.*, 2006).

Como a maioria das espécies da família de plantas Caesalpiniaceae, *C. langsdorffii* não produz nódulos radiculares para fixação de nitrogênio (BARBERI *et al.*, 1998).

Pedroni *et al.* (2002) trabalhou com *C. langsdorffii* de ocorrência na região sudeste do Brasil, sendo esta caracterizada por indivíduos que atingem mais de 20m de altura, de ocorrência principalmente nas áreas de florestas semidecídua e borda da mata. As folhas são alternas, compostas paripinadas, com 3 a 5 jugos, folíolos opostos ou alternos, glabros e as folhas novas são avermelhadas. As flores são brancas, pequenas, hermafroditas, reunidas em panículas terminais. Os frutos são do tipo folículo com uma semente preta envolvida por um arilo de cor laranja. Segundo o autor, este conjunto de características morfológicas do fruto indicam uma planta dispersa por animais, principalmente aves.

Em suas análises com a espécie, o autor aponta que *C. langsdorffii* apresenta marcada sazonalidade na queda de folhas, perdendo grande proporção destas, mas em nenhum momento ficando completamente desfolhadas. O autor lembra que este evento ocorreu no final da estação seca (julho – agosto), que corresponde a época de maior estresse hídrico e apresentou correlação significativa e negativamente com a precipitação mensal total.

O brotamento ocorreu logo após o final da estação seca e início da chuvosa (setembro – outubro), porém este não foi significativamente correlacionado com os dados climáticos considerados. A floração ocorreu em meados da estação chuvosa (dezembro – fevereiro), o desenvolvimento dos frutos ocorreu durante a estação seca (abril – setembro) e a dispersão ao final desta estação (agosto – setembro).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área do Estudo

O local do estudo está localizado no município de Itaúba, estado de Mato Grosso, distante cerca de 600 km da capital Cuiabá, nas coordenadas geográficas E: 55°11'57'' - N: 11°15'10'', a uma altitude de 283 metros (Figura 1). A área pertence a Fazenda Aremisa III, com 1.413 ha de floresta nativa, sendo que destes, 947 ha são destinadas ao manejo florestal.

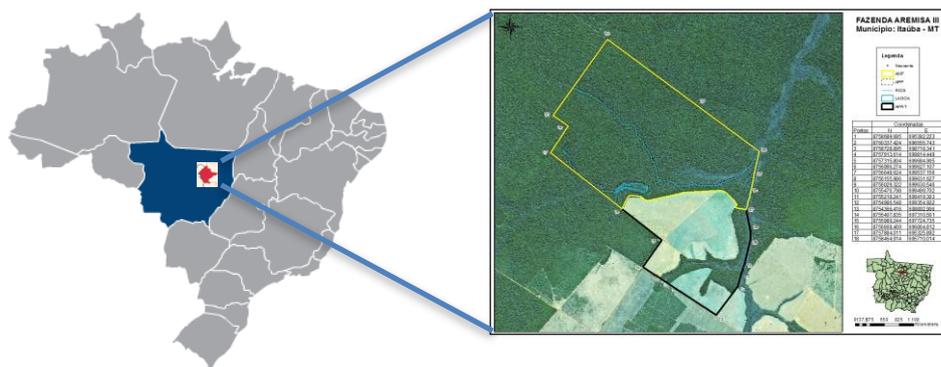


Figura1 - Local da área de estudo

## 4.2 Coleta do Material

Foram selecionadas e coletadas 20 árvores de *Copaifera langsdorffii*, sendo estas georeferenciadas juntamente com os tocos oriundos da primeira exploração florestal, ocorrida no ano de 1987. O Georeferenciamento das árvores amostradas e dos tocos foi realizado para se determinar distância exata entre estes.

A coleta do material de estudo foi composta por dois grupos de amostras. O primeiro por discos retirados próximos a base da árvore, totalizando 8 árvores, e o segundo utilizando-se sonda Pressler, totalizando 12 árvores. Os discos, com espessura aproximada de 10 cm, foram coletados no momento da colheita das árvores no segundo ciclo de corte realizado no ano de 2013.

As amostras em discos foram utilizadas para os estudos anatômicos, químicos, físico, e dendrocronológicos. O preparo das amostras para os diferentes estudos está detalhado nos capítulos.

Os espécimes de *C. langsdorffii* foram catalogadas no Herbário CNMT da UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, sob o número de Tombo 7603 (material botânico) e na xiloteca do Departamento de Produtos Florestais da UFRRJ, sob os números de Tombo 7593, 7594, 7595 e 7596.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. I. M.; LEITE, G. L. D.; ROCHA, S. L.; MACHADO, M. M. L.; MALDONADO, W. C. H. **Fenologia e artrópodes de *Copaifera langsdorffii* Desf. no cerrado.** Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.8, n.2, p.64-70, 2006.

BARBERI, A.; CARNEIRO, M. A. C.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Nodulação em leguminosas florestais em viveiro no sul de Minas Gerais.** Cerne, Lavras, v. 4, p 145-153, 1998.

BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. L. **Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra da Piedade) - II** Daphne Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p 26-43, 1990.

- CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R. **Caracterização do Setor Florestal: Uma abordagem comparativa com outros setores da economia.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. da; NOGUEIRA, P. E. **Levantamento da vegetação arbórea na Região de Nova Xavantina, MT.** Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer, Brasília, DF, v. 3, p. 63-81, 1998.
- FREITAS, C. V.; OLIVEIRA, P. E. **Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae).** Rev. bras. Bot., Sept. 2002, vol.25, no.3, p.311-321.
- GOUVEIA, G. P. & FELFILI, J.M. 1998. **Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil Central.** Revista Árvore 22:443-450.
- GUERRA, M. E. C.; Filho; and GALLÃO, M. I. **Seed, Seedlings and Germination Morphology of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae).** Cerne, Lavras 12: 322–328, 2006.
- JOHNS, J.; BARRETO, P.; UHL, C. **Logging damage in planned and unplanned logging operations and its implications for sustainable timber production in the Eastern Amazon.** Forest ecology and management, v.89, p.59-77, 1997.
- KILLEAN, T. J.; GARCIA, E.; BECK, S. G. (Ed.). **Guia de arboles de Bolivia.** La Paz: Herbário Nacional de Bolivia: St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1993. 958p.
- LOPES, J. A.; LITTLE, E. L.; RITZ, G. F.; ROMBOLD, J. S.; HAHN, W. J. **Arboles communes del Paraguay.** Washington: Cuerpo de Paz, 1987. 425 p.
- MARIMON, B. S.; LIMA, E. de S. **Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no Pantanal rio das Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil.** Acta Botânica Brasilica, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 213-229, 2001.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CONTINI, E.; NVARRO, Z. **Caracterização da Amazônia Legal e macrotendências do ambiente externo.** (Documentos / Embrapa Estudos e Capacitação, ISSN 2237-7298; n.01), 2011, p. 50.
- MARTINEZ-CROVETTO, R. **Esquema fitogeografico de la provincial de Misiones (Republica Argentina).** Bonplandia, v. 1, n. 3, p. 171-223, 1963.
- OIMT. 2006. **Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas.** 2006. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Yokohama, Japón. OIMT. 210 p.
- ROSETTI, C. F., **O manejo florestal na Amazônia brasileira: a percepção do empresariado do polo madeireiro de Sinop/MT.** Tese de doutorado em ciências florestais: UnB/Faculdade de Tecnologia, 2013, Brasília, 106 p.
- RUDD, V. E. Caesalpinioideae. In: Flora of Ceylon, Volume 7 (eds. M.D Dassanayake and FR Fosberg). Smithsonian Institution and National Science Foundation, Washington DC, USA, 1991.

SMERALDI, R.; VERÍSSIMO, A. **Acertando o alvo: consumo de madeira no mercado interno brasileiro e promoção da certificação florestal**. Belém: Amigos da Terra / Imazon / Imaflora, 1999. 42p.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. **Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso**. Nativa, Sinop, v. 01, n. 01, p. 34-43, 2013.

VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; UHL, C. **Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazon Frontier: the case of Paragominas**. Forest ecology and management, v.55, p.169-199, 1992.

VERÍSSIMO, A.; SOUZA Jr.; C., CELENTANO, D.; SALOMÃO, R.; PEREIRA, D. & BALIEIRO, C. 2006. **Áreas para produção florestal manejada: Detalhamento do Macrozoneamento Ecológico Econômico do Estado do Pará**. Relatório para o Governo do Estado do Pará.

VIDAL, E.; BARRETO, P.; JOHNS, J.; GERWING, J.; UHL, C. **Vine management for reduced-impacts logging in Eastern Amazon**. Forest ecology and management, v.98, p.105-114, 1997.

**CAPÍTULO I Dendrocronologia de árvores de *Copaifera langsdorffii* Desf. em área de manejo florestal sustentado na Amazônia.**

## RESUMO

O objetivo deste capítulo é apresentar o estudo sobre a dinâmica de crescimento de árvores de *Copaifera langsdorffii*, antes e após a primeira exploração florestal, decorrente do plano de manejo desenvolvido na área, bem como analisar a sensibilidade cambial dessas árvores às variações climáticas (Temperatura e Precipitação). Para tanto, foram coletadas amostras do lenho de 20 árvores, sendo oito na forma de discos, retirados próximos à base das árvores, e doze em forma de baguetas obtidas através de um trado de incremento (sonda Pressler). Duas seções radiais, por árvore, foram selecionadas para demarcação e mensuração dos anéis de crescimento. Para analisar a sincronização da largura dos anéis de crescimento, dentro e entre árvores e gerar uma série mestra da cronologia da espécie, foi utilizado o programa estatístico COFECHA. A sensibilidade cambial às variações climáticas foi determinada através do programa ARSTAN. As árvores apresentaram uma correlação significativa da largura dos anéis, sendo que a precipitação foi o fator limitante ao crescimento, uma vez que os maiores incrementos em diâmetro ocorreram principalmente no período chuvoso. A redução da densidade de indivíduos (árvore/ha), ocasionada pela exploração realizada no início do primeiro ciclo de corte (1987), propiciou um incremento radial significativo nos anos subsequentes à colheita. Assim, para a espécie *C. langsdorffii*, a atividade de exploração acelerou o ritmo de crescimento diamétrico das árvores, independentemente do diâmetro da árvore. Desta forma, as alterações bióticas e abióticas, decorrentes da atividade do manejo florestal, puderam ser detectadas pela dendrocronologia através da observação do aumento das taxas de crescimento nos anos subsequentes ao período de corte. Foi possível, ainda, observar o efeito do evento *El Niño* na formação dos anéis de crescimento das árvores nos anos de sua ocorrência.

Palavras-chave: Anéis de Crescimento; Dinâmica de Crescimento; Variações Climáticas, Ciclo de Corte

## ABSTRACT

The aim of this chapter is show the results of the research on the growth dynamics of *Copaifera langsdorffii* trees before and after the first lumbering, due to the forest management plan developed in the area, as well as analyze of the cambium sensitivity to climatic variations (temperature and precipitation). For that purpose, 20 trees wood samples were collected, eight of them in the form of discs, collected near the base of trees, and twelve in the form of a core of wood, obtained through an increment borer (Pressler probe). Two radial sections from each tree, were selected for demarcation and measurement of growth rings. To analyze the synchronization of the width of the growth rings within and among trees and generate a master chronological series of the species, we used the statistical program COFECHA. The cambium sensitivity to climate variations was determined by ARSTAN program. The trees showed a significant correlation between the width of the rings, and the precipitation was the limiting factor for the growth, since the greater increases in diameter occurred mainly during the rainy season. The reduction in density of the trees (trees/ha) caused by the first lumbering (1987), led to a significant increase in radial the following years after harvesting. Thus, for the *C. langsdorffii* specie, the exploration activity has accelerated the pace of diameter growth of trees, regardless of the diameter of the tree. Therefore, the abiotic and biotic changes resulting from the activity of forest management were able to be detected by dendrochronology by observing the increase in growth rates in the years following the cutting period. It was also possible to observe the effect of the El Niño event in the formation of growth rings of trees in the years when it took place.

Keywords: Tree Growth Rings; Growth Dynamics; Climate Variability, Cutting Cycle of Trees

## 1 INTRODUÇÃO

A representatividade do setor de base florestal para a economia brasileira é muito grande, e já chegou a representar 5% do PIB Nacional e 8% das exportações do país (CARVALHO *et al.*, 2005). Almeida *et al.*, (2009) relataram que o setor de madeira sólida exerce um papel importante no setor florestal brasileiro, e, em conjunto com o setor de móveis, é responsável por 44% do PIB Florestal. Relataram, também, que o setor de papel e celulose contribuiu com 35% e o de madeira para energia com 20%. São valores bastante expressivos, principalmente se levar em conta que o setor não conta com políticas públicas de incentivos aos investimentos, sendo ainda tratado de forma inadequada e injusta (CARVALHO *et al.*, 2005).

O Brasil apresenta inúmeras vantagens competitivas quando comparado aos países que dominam o mercado internacional de madeira, caso específico do Canadá, Finlândia, Austrália e USA. Dentre essas, é possível citar: a disponibilidade de grandes áreas para expansão do setor; a disponibilidade de florestas nativas com alta biodiversidade; as florestas plantadas com uma elevada produtividade. Contudo, o uso das florestas nativas ainda necessita de estudos aprofundados que comprovem a sua viabilidade técnica e econômica. Existem áreas, especialmente da região amazônica, que ainda não há estudos sobre o comportamento silvicultural de espécies florestais comerciais submetidas ao regime de manejo sustentado.

Neste sentido, a dendrocronologia é uma técnica que pode contribuir significativamente para responder as várias questões decorrentes da exploração florestal racional. Porém, como toda e qualquer área do conhecimento, a eficácia dessa ferramenta, para análise de crescimento de espécies tropicais, necessita ainda o desenvolvimento de estudos específicos para, principalmente, aquelas espécies mais visadas no mercado madeireiro. A maior barreira do uso da dendrocronologia, para estudos dendrocronológicos com espécies tropicais, reside principalmente no fato de que a formação dos anéis de crescimento das árvores não apresenta uma sazonalidade, além de serem pouco demarcados visivelmente.

No entanto, na última década, vários estudos têm apresentado resultados promissores dos estudos dendrocronológicos com espécies tropicais, sinal de que é possível a sua utilização para esse fim. Os melhores resultados foram obtidos para espécies que têm sua ocorrência em áreas que são, anualmente, temporariamente alagadas.

O manejo florestal tem como premissa dirigir ou guiar um povoamento florestal, de modo alcançar a produção sustentável de madeira aliada ao sucesso econômico empresarial. As demandas presentes não podem comprometer a produção futura. Assim, o sucesso do plano de manejo depende do equilíbrio entre a demanda e a capacidade de recuperação da floresta. Informações sobre a dinâmica de crescimento das espécies arbóreas compõem, pois, conhecimento mínimo necessário para o planejamento do manejo sustentável.

O incremento diametral é o principal reflexo da interação árvore *versus* ambiente e essa informação ainda é muito incipiente para regiões tropicais, uma vez que depende de séries históricas que, tradicionalmente, são obtidas pelo monitoramento das árvores em parcelas permanentes. A construção dessas séries por esse método demanda muito tempo e é dispendiosa. Desta forma, a comprovação da viabilidade técnica de dendrocronologia aplicada às espécies tropicais certamente contribuirá para aquisição de dados num menor espaço de tempo a custos reduzidos, pois as séries são construídas com base em dados passados registrados nos anéis de crescimento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

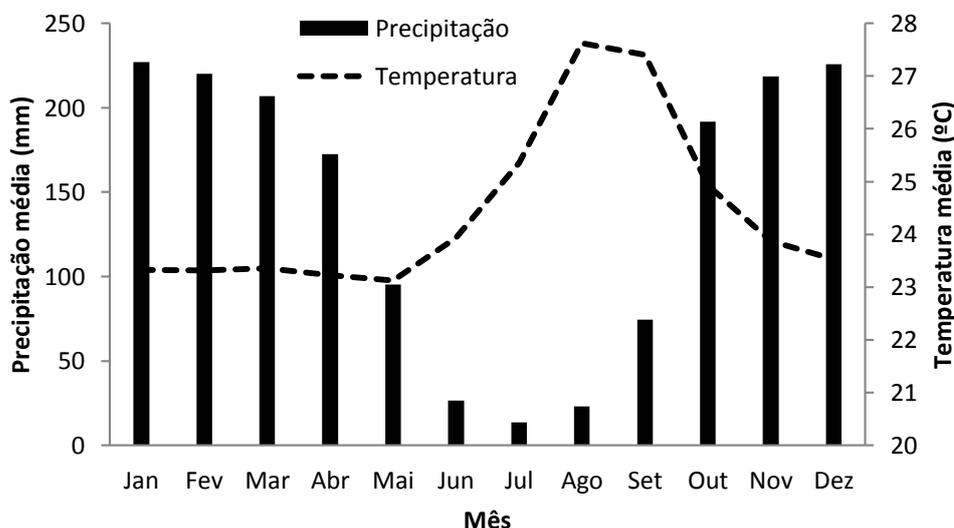
O objetivo no desenvolvimento deste capítulo foi estudar a dinâmica de crescimento de árvores de *Copaifera langsdorffii* sob a ação do manejo florestal, bem como analisar a sensibilidade cambial às variações climáticas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as camadas de crescimento da espécie estudada;
- Analisar o ritmo de crescimento radial e a formação dos anéis de crescimento formados no lenho da *C. langsdorffii* e relacioná-lo com a sazonalidade climática na região norte do estado de Mato Grosso;
- Verificar o efeito da abertura de clareira pela exploração florestal no ritmo de crescimento;
- Verificar o potencial dendrocronológico da *C. langsdorffii* comparando os resultados obtidos com a ocorrência de efeitos climáticos globais como *El Niño*.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo foi uma área de floresta no norte do estado de Mato Grosso, caracterizada como Floresta Semidecidual (RADAMBRASIL, 1979). A região norte de Mato Grosso é caracterizada por temperaturas máximas variando de 32° a 38° em praticamente todos os meses do ano, e mínimas variando de 16° a 22°, com menores temperaturas ocorrendo nos meses de junho e julho. A precipitação apresenta variações características durante o ano, com maiores valores ocorrendo entre os meses de outubro a abril, variando de 140 mm a 290 mm e quantidades de chuva reduzidas nos meses de maio a setembro, variando de 3mm a 75 mm (Figura 2).



**Figura2** - Diagrama ombrotérmico com médias para o norte de Mato Grosso (KALNAY, 1996).

Segundo Souza *et al.* (2013), em Mato Grosso existem duas estações climáticas bem definidas: chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro). As precipitações totais anuais variam de aproximadamente 1200 a 2000 mm para as estações avaliadas, com maiores níveis nas regiões norte e médio norte do estado e nas regiões com altitudes próximas a 800m. Os mesmos autores relatam deficiências hídricas acumuladas em 284,16 mm, distribuídas entre maio e setembro, e excedente hídrico anual de 931,34 mm concentrado entre novembro e abril.

Foram selecionadas 20 árvores de *C. langsdorffii*, considerando-se aspectos de fitossanidade dos exemplares. Os indivíduos estudados estão localizados dentro de uma área de manejo florestal de 947 ha. Essa área foi escolhida por apresentar uma característica de interesse peculiar, por estar em seu segundo ciclo de exploração florestal, após um período de 25 anos.

Foram coletados discos de 8 árvores retirados da base, e baguetas de 12 árvores retiradas do DAP, sendo estas últimas coletadas com auxílio de um trado de incremento. Foram retiradas duas seções radiais de cada árvore. As amostras foram secas ao ar livre e polidas numa sequência de lixas (80-600grãos/cm<sup>2</sup>), com a finalidade de destacar os anéis de crescimento no plano transversal do lenho. Para mensuração da largura dos anéis, foram utilizadas imagens digitalizadas (1200 dpi) das amostras radiais polidas.

A descrição macroscópica da anatomia dos anéis de crescimento foi realizada com auxílio de um microscópio estereoscópico, seguindo as orientações do IAWA COMITTE (1999).

Os dados de largura dos anéis das 40 seções radiais foram processados no programa estatístico COFECHA para o controle e verificação da sincronização das séries entre e dentro árvores. Para a construção da cronologia, foi utilizado o programa ARSTAN (MRWE Application Framework Copyright © 1997-2004), (HOLMES *et al.*, 1986).

A cronologia obtida foi correlacionada com os valores mensais de temperatura e precipitação, através de um programa estatístico (STATISTICA 8.0). Para a correlação da formação de anéis com o clima, foram compilados dados históricos de temperatura do ar e precipitação totais mensais de um período de 64 anos (1948-2012) (KALNAY, 1996).

Através da sincronização da largura dos anéis de crescimento de *C. langsdorffii*, dentro e entre árvores, foi possível determinar o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) para verificação do desenvolvimento das árvores na região e estágio de senescência.

Para análise do impacto do Manejo no crescimento (ICA e IMA), os dados de incremento foram obtidos a partir das amostras agrupadas em períodos que compreendiam 10 anos antes da exploração florestal (1978 a 1987) e 10 anos após a exploração florestal (1988 a 1997).

A influência do evento macroclimático *El Niño* no crescimento das árvores foi verificada através da correlação gráfica entre a série cronológica mestre e os índices de precipitação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização Anatômica dos Anéis de Crescimento

Os anéis de crescimento do lenho de *C. langsdorffii* se caracterizam anatomicamente pela presença de parênquima axial em faixas marginais, distribuídas em intervalos regulares e também se distanciando em intervalos menores. Foram observados falsos anéis entremeados com os anéis verdadeiros, caracterizados por um número menor de fileiras radiais de células parenquimáticas e pela ausência ou baixa frequência de canais secretores no interior do parênquima axial. Observou-se também que os falsos anéis apresentavam, em alguns casos, descontinuidade (Figura 3).

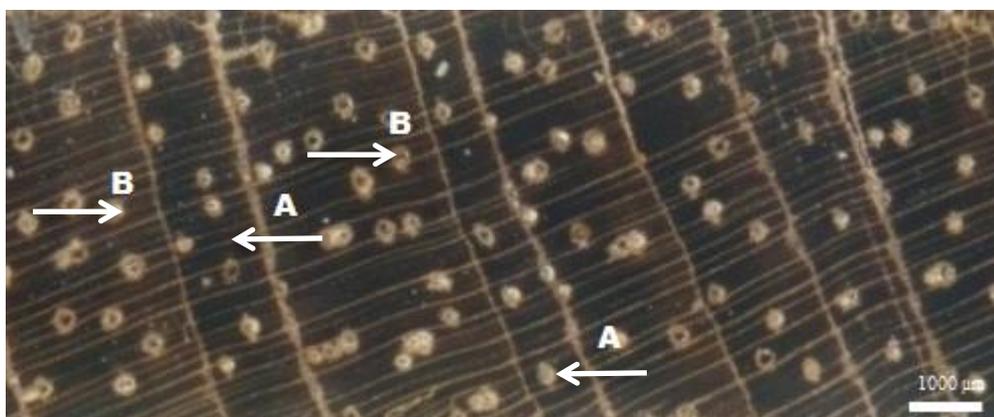


Figura3 - Seção transversal do lenho de *Copaifera langsdorffii* evidenciando o limite dos anéis de crescimento pela camada de parênquima marginal (A) e presença de falsos anéis (B).

Marcati *et al.* (2006) e Melo Júnior *et al.* (2011) observaram a mesma diferenciação dos anéis de crescimento para a espécie na região do cerrado do estado de São Paulo e no estado do Paraná, respectivamente. Segundo Maria (2002), as espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduas que apresentaram camadas de crescimento bem definidas foram as caducifólias e secundárias tardias, em que a *Copaifera langsdorffii* se enquadra.

Marcati *et al.* (2001) descrevem a ocorrência de falsos anéis caracterizados por faixas de parênquima marginal desprovidas de canais axiais secretores. A ocorrência de falsos anéis para a espécie *C. langsdorffii* também foi relatado por Melo Júnior *et al.* (2011). Estes autores indicaram a ocorrência de 1-7 faixas descontínuas de parênquima axial localizadas nos espaços existentes entre as faixas parenquimáticas que demarcam os anéis verdadeiros. Para a espécie *C. langsdorffii*, a presença de falsos anéis pode estar associada à boa sensibilidade desta a prováveis sinais climáticos fora de época. Silveira (2004) indica alguns condicionantes para o aparecimento dos falsos anéis, tais como: perda da folhagem causada por geadas tardias; ataque de fungos ou insetos; estímulo de crescimento fora de época, motivado por condições favoráveis (primavera seca seguida de outono chuvoso; disponibilidade súbita de nutrientes; eliminação de concorrentes; etc.).

## 4.2 Dendrocronologia

O período estudado foi de 1911 a 2012, o número de anéis variou de 38 a 102, sendo analisadas no total 23 amostras (séries radiais), dos 20 indivíduos selecionados. A espécie apresentou um valor médio de intercorrelação de 0,455 (Tabela 1). Esse resultado da intercorrelação está acima da correlação crítica de 0,3281, para 99% de confiança. Isso indica a existência de um sinal comum que determina um padrão de crescimento semelhante entre os indivíduos considerados.

As árvores de *C. langsdorffii* apresentam grande heterogeneidade de idade. Por se tratar de uma espécie secundária tardia a clímax, podendo ser encontrada em vários estágios de

sucessão, justifica a ocorrência de poucas árvores de maior idade no início da construção da cronologia. Gradativamente as árvores mais novas foram incluídas na série máster (Figura 4).

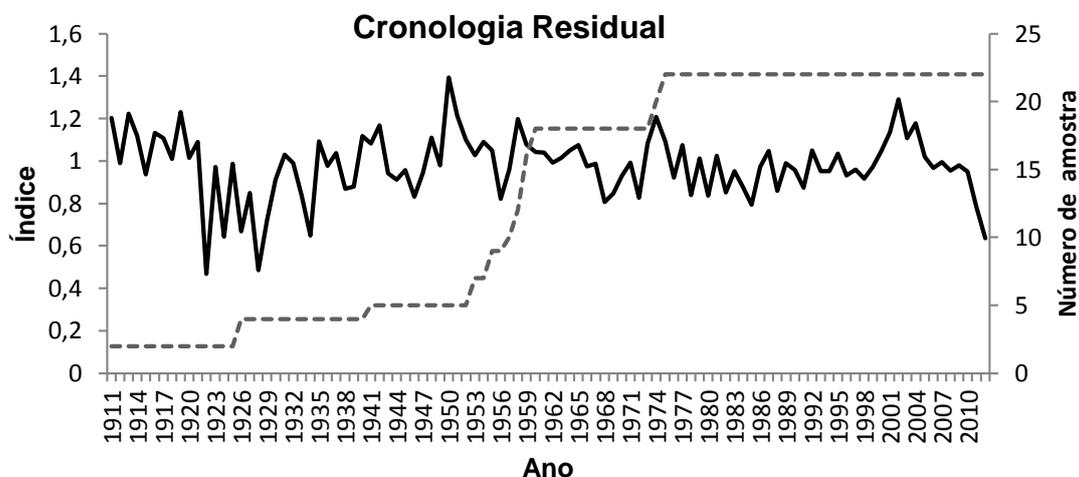


Figura4 - Série cronológica do índice de largura dos anéis de crescimento do lenho de *Copaifera langsdorffii* e profundidade de série para o conjunto de árvores,

Os anos de 1918-1919 e 1925-1926 foram caracterizados por fortes ocorrências de efeito climático *El Niño*, e nota-se na figura 4 que estes períodos foram marcados por uma diminuição no índice de incremento dos anéis de crescimento da espécie com consequente queda em relação ao crescimento. Os anos de ocorrência estão de acordo com dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais CPTEC/INPE (2013). Porém, entre 1997-1998, que também foi marcado pela ocorrência de *El Niño* forte, ao contrário de outros anos, a espécie apresentou uma resposta positiva com relação aos índices de incremento. Vale ressaltar que em 1987 a área passou por processo exploratório que pode ter influenciado a resposta positiva de incremento, mesmo sob forte efeito de *El Niño*.

### 4.3 Correlações Climáticas

O coeficiente de sensibilidade médio encontrado para a espécie foi de 0,401 (Tabela 1), acima do valor de 0,40 que, segundo Fritz (1976), é o valor mínimo para que a espécie seja considerada sensível em detectar sinais ambientais. Segundo o mesmo autor, a variação da largura dos anéis de crescimento é consequência da presença de um fator ambiental limitante. Assim, o resultado encontrado para *Copaifera langsdorffii*, atesta a sua potencialidade para estudos em dendrocronologia, dada a sua sensibilidade em detectar e registrar sinais de eventos climáticos na anatomia da madeira.

Com relação à intercorrelação, a média para as 12 árvores estudadas ficou em 0,455. Este valor é superior ao valor 0,32 indicado como ponto críticos para a janela de 25 x 50 utilizada neste estudo, em que todas as árvores apresentaram valores superiores a este. As idades das árvores variaram de 38 a 102 anos, apresentando 3 árvores de maiores faixas etária (72, 87 e 102) com grande maioria para árvores com idade variando de 53 a 60 anos de idade.

Tabela 1- Qualidade da sincronização das séries de largura dos anéis por árvore.

<i>C. langsdorffii</i>	Nº Séries	Extensão Cronológica	Intercorrelação	Sensibilidade
Árvore 1	3	1926 - 2012	0,519	0,368
Árvore 2	4	1911 - 2012	0,343	0,371
Árvore 3	2	1953 - 2012	0,684	0,410
Árvore 4	2	1955 - 2012	0,594	0,475
Árvore 5	2	1958 - 2012	0,369	0,379
Árvore 6	3	1941 - 2012	0,337	0,416
Árvore 7	2	1959 - 2012	0,585	0,411
Árvore 8	1	1975 - 2012	0,329	0,417
Árvore 9	1	1974 - 2012	0,352	0,363
Árvore 10	2	1959 - 2012	0,747	0,428
Árvore 11	2	1960 - 2012	0,467	0,348
Árvore 12	2	1957 - 2012	0,403	0,408
<b>MÉDIA</b>			<b>0,455</b>	<b>0,401</b>

A influência das variáveis climáticas no crescimento em diâmetro das árvores de *C. langsdorffii*, possivelmente está vinculada à precipitação, uma vez que esta apresentou correlações positivas significativas entre a cronologia e a precipitação média anual para os meses de janeiro ( $r = 0,407$ ;  $p < 0,05$ ) e fevereiro ( $r = 0,411$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 5). Este resultado revela que a precipitação tem uma forte influência no incremento diametral das árvores, sendo desta forma, um fator limitante ao crescimento da espécie para o local, visto que o maior crescimento das árvores ocorre nos meses de maior precipitação. A série climática neste estudo utilizou dados pluviométricos de 64 anos (1948 - 2012).

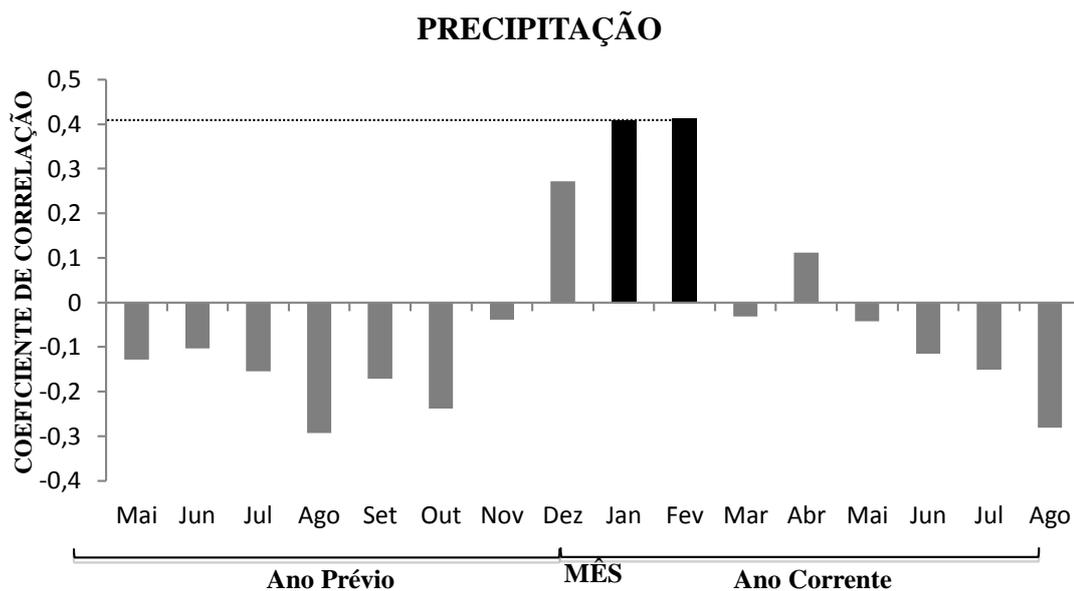


Figura5 - Correlação entre a série cronológica dos anéis de crescimento e precipitação média mensal. Correlações maiores que 0.4 são consideradas significativas.

Brienem e Zuidema (2005), estudando a influência das chuvas no crescimento de uma floresta tropical na Bolívia, não encontraram correlação entre cronologia e precipitação anual, mas relataram uma correlação positiva entre crescimento das árvores e precipitação durante determinados períodos do ano; das espécies estudadas pelos pesquisadores, três apresentaram correlações com a precipitação no início da estação chuvosa. Worbes (1999) encontrou, para espécies florestais da Venezuela, correlação entre crescimento e estação chuvosa para quatro espécies estudadas. Alguns autores citam a precipitação como o principal fator que influencia na largura dos anéis de crescimento das espécies, apresentando maiores larguras de anéis nos anos mais chuvosos e menor largura nos anos mais secos (STOKES e SMILEY, 1996 e ENQUIST e LEFFER, 2001, ANHOLETTO JÚNIOR, 2013; MELO JÚNIOR *et al.*, 2011; NOGUEIRA JÚNIOR, 2011; BRIENEN *et al.*, 2006; THERRELL *et al.*, 2006; DÜNISCH *et al.*, 2003; WORBES, 1999; FRITTS, 1976).

A espécie não apresentou correlação com a temperatura (Figura 6). Esse resultado pode ser considerado normal, uma vez que a região apresenta temperaturas pouco variáveis ao longo do ano. Para algumas espécies e pequena flutuação na temperatura, é motivo da formação de camadas de crescimento pouco distintas, especialmente nos trópicos (WHITMORE, 1990).

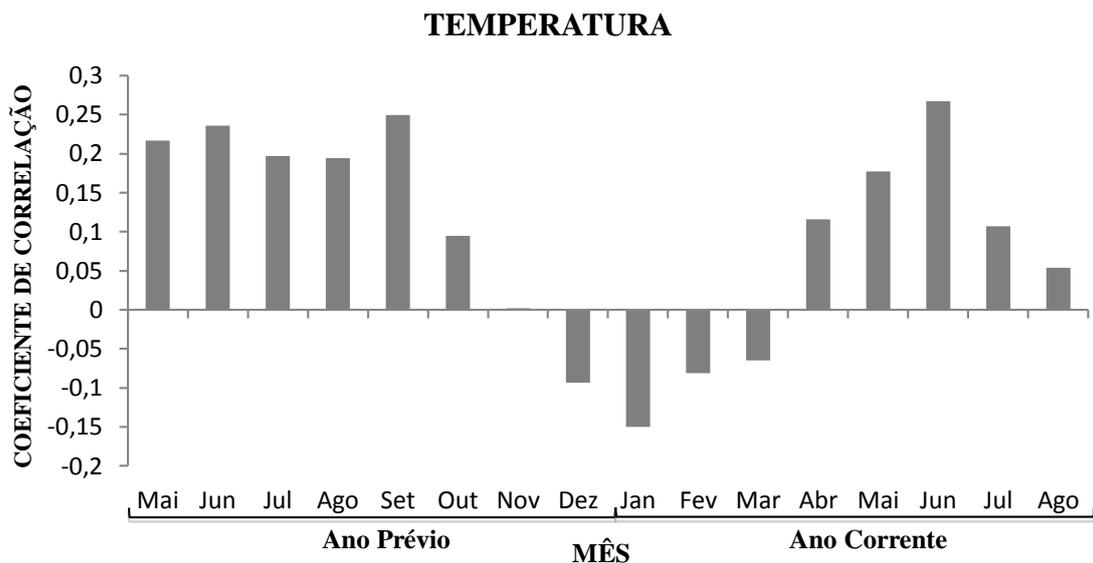


Figura6 - Correlação entre a série cronológica dos anéis de crescimento e temperatura média mensal. Correlações maiores que 0.4 são consideradas significativas.

A análise da série cronológica da largura dos anéis mostra que os períodos de menor crescimento ocorreram em intervalos de alterações climáticas importantes, como o fenômeno *El Niño*. Através da figura 7, é possível observar que nos períodos de forte ocorrência desse fenômeno no Brasil, compreendendo os anos de 1957-1959, de 1972-1973 e de 1987 - 1988, ocorreu uma queda acentuada no crescimento das árvores de *C. langsdorffii*. Por outro lado, o efeito do manejo ficou bastante destacado no período de ocorrência do *El Niño* que compreendeu os anos de 1990-1993, 1997-1998, com manutenção de forte crescimento mesmo sob efeito do *El Niño*. Estes anos de forte ocorrência do efeito *El Niño* foram relatados por Lobão (2011).

As árvores registram as sazonalidades do ambiente, representadas, por exemplo, pelos períodos de secas prolongados e chuvas em excesso, e conseqüentemente podem responder a eventos em maior escala, que possam provocar alterações e/ou ampliações nos períodos de secas registrados a cada ano, caso específico do *El Niño* (THERRELL *et al.*, 2006 e GEBREKIRSTOS *et al.* 2008).

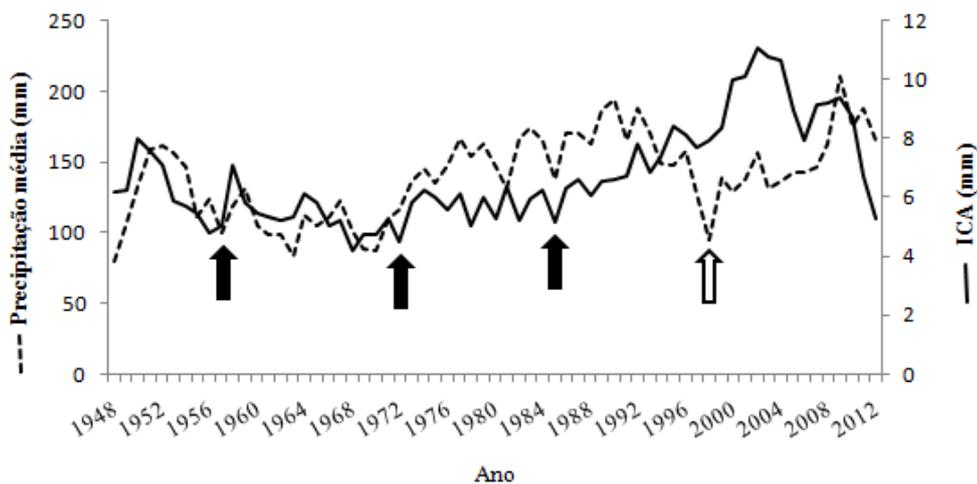


Figura 7 - Correlação do crescimento das árvores de *C. langsdorffii* e índices de precipitação, com ênfase nos anos de ocorrência de *El Niño*.

#### 4.4 Incremento Radial do Tronco das Árvores de *C. langsdorffii*

Analisando a Figura 7, pode-se observar que todas as árvores estudadas de *C. langsdorffii* apresentaram um acréscimo diamétrico lento nos primeiros 5 a 10 anos, passando a um crescimento contínuo. Foi possível distinguir quatro grupos de idade diferentes, o primeiro representado por um único indivíduo, que teve o início de seu crescimento em 1911, apresentando crescimento lento nos dez primeiros anos (1921), com ligeiro aumento de crescimento até o ano de 1966. O segundo grupo, com maior número de árvores estudadas, está representado por indivíduos que iniciaram seu crescimento entre 1929 e 1941. Neste grupo de árvores, houve a presença de indivíduos com acréscimo diamétrico lento nos 10 primeiros anos, bem como árvores com incremento lento apenas nos primeiros 5 anos. Para ambos os grupos de árvores, após esse período de crescimento lento, houve uma retomada gradativa de maior crescimento. No entanto, para o terceiro grupo representado por árvores que iniciaram seu crescimento entre 1954 e 1960, todos os indivíduos apresentaram comportamento semelhantes entre si, com crescimento lento nos primeiros 5 anos e retomada gradativa de crescimento a partir de então. O último grupo foi representado por uma única árvore, que teve seu início de crescimento no ano 1971 e que encontra-se em ritmo de maior incremento.

O crescimento inicial para esta espécie é lento nos primeiros 5 a 10 anos de vida, atingindo a partir de então um padrão mais elevado de crescimento. Nota-se pela figura 8 que nenhuma das árvores estudadas demonstrou ter atingido o período de senescência, caracterizado pelo início de estabilização do crescimento com posterior queda.

O crescimento médio em diâmetro apresentado por *C. langsdorffii*, neste estudo, foi de 6,88 mm/ano para as 12 árvores estudadas. Este valor pode ser considerado baixo quando comparado com os valores obtidos por outros autores. Lisi *et al.* (2008) estudaram 24 espécies florestais de ocorrência no sudeste do Brasil, e encontraram um incremento radial médio anual para *C. langsdorffii* de 10 mm, enquanto que Vidal *et al.* (2002) estudaram o crescimento de floresta tropical, três anos após a colheita de madeira em Paragominas, PA, e encontraram para a espécie *Copaifera duckei* Dwyer um IPA do DAP (cm/ano) de 0,24, ou 9,6mm. Moraes *et al.* (2005) avaliaram o comportamento de espécies nativas para restauração ecológica de áreas degradadas, tendo encontrado para *Copaifera langsdorffii* incremento em diâmetro média a altura do solo (DAS) para os quatro primeiros anos de plantio, média de 1,07 cm, enquanto que Venturoli (2008), que estudou o efeito dos tratamentos silviculturais em uma floresta estacional secundária em Pirenópolis - Goiás, encontrou para as espécies avaliadas, inclusive a *C. langsdorffii*, incrementos diamétricos entre 1,16 cm a 1,44 cm entre os tratamentos.

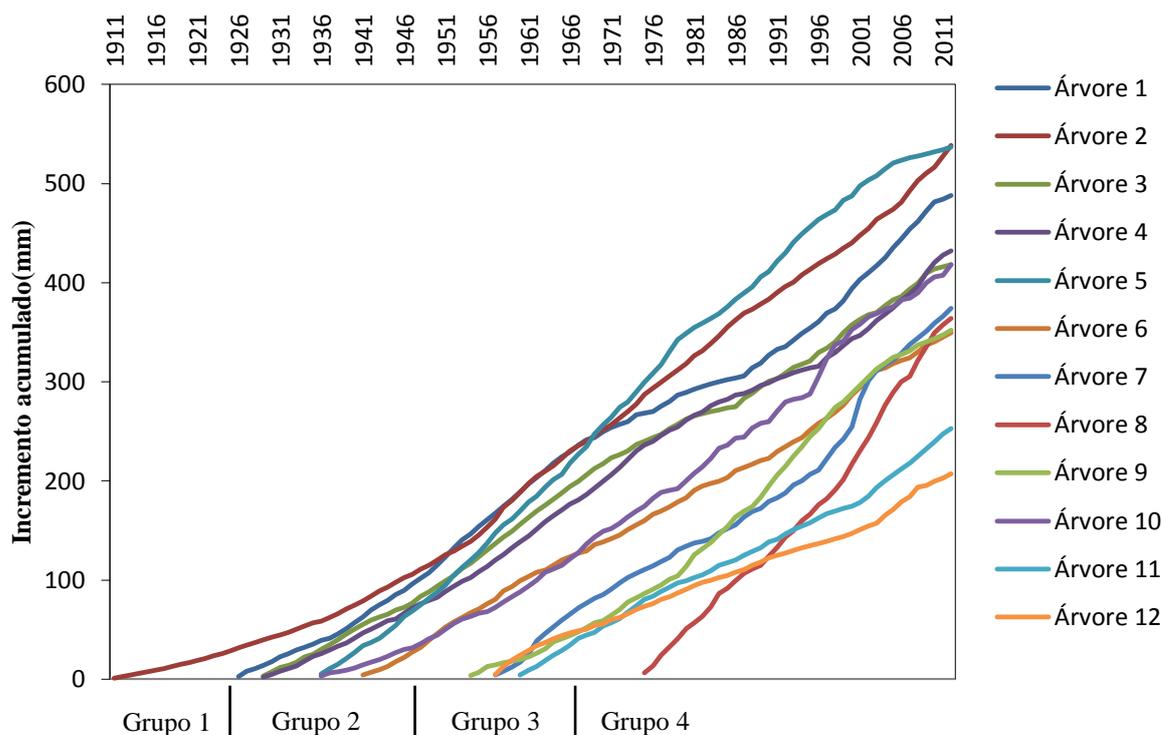


Figura 8- Incremento em diâmetro acumulado (IDA) do tronco das árvores de *Copaifera langsdorffii*.

#### 4.5 Efeito do Manejo no Crescimento das Árvores

Foram avaliados os incrementos diamétricos médios nos 10 anos pré e pós a exploração florestal em 1987. Os valores encontrados demonstram um ganho de incremento diamétrico pronunciado; das 12 árvores consideradas, somente duas (árvores 11 e 12) não apresentaram aumento no crescimento após a exploração de 1987 (Figura 9).

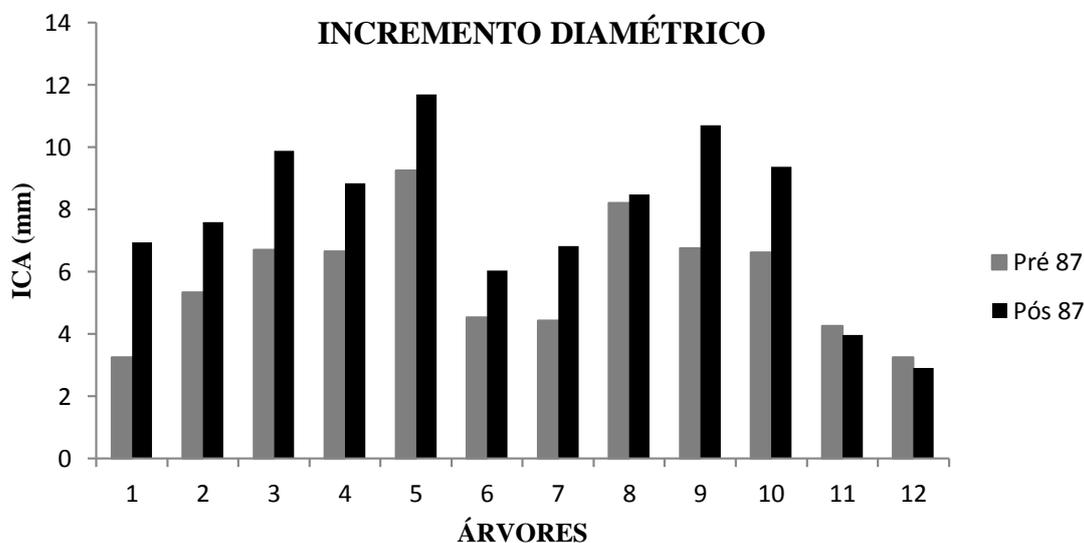


Figure 9–Incremento corrente anual (ICA) pré 1987 (1978-1987) e pós 1987 (1988-1997) a exploração florestal.

Os valores médios de incremento diamétrico para as 12 árvores estudadas foi de 6,88 mm. Considerando as 12 árvores, a média do incremento para os dez anos pré 1987 foi de 5,8 mm, enquanto que para os 10 anos pós 1987 foi de 7,8mm. Diferenças estatísticas significativas entre as médias de incremento por árvore, nas posições pré e pós 1987, foram observadas apenas para as árvores 1, 3, 9, 10 e 12 (Tabela 2). Destas árvores, apenas a árvore 12 não apresentou ganhos de incremento na posição pós 1987.

Tabela 2 - Incremento corrente anual médio de 12 árvores considerando todas as idades nos 10 anos pré 1987 e pós 1987.

ÁRVORE			POSIÇÃO RADIAL			
			Pré 1987		Pós 1987	
Número	Diâmetro	ICA	Média (mm)	Desvpad	Média (mm)	Desvpad
1	49	5,6	3,24 <sup>b</sup>	1,67	6,95 <sup>a</sup>	2,30
2	56	5,5	5,34 <sup>a</sup>	1,47	7,60 <sup>a</sup>	2,94
3	44	7,3	6,71 <sup>b</sup>	0,86	9,88 <sup>a</sup>	2,68
4	51	8,8	6,65 <sup>a</sup>	0,91	8,85 <sup>a</sup>	3,13
5	52	9,4	9,26 <sup>a</sup>	2,18	11,70 <sup>a</sup>	3,32
6	35	4,9	4,54 <sup>a</sup>	1,50	6,03 <sup>a</sup>	2,24
7	36	6,6	4,44 <sup>a</sup>	1,56	6,82 <sup>a</sup>	2,96
8	36	9,6	8,21 <sup>a</sup>	2,21	8,48 <sup>a</sup>	3,10
9	34	8,6	6,75 <sup>b</sup>	2,52	10,71 <sup>a</sup>	2,12
10	42	7,8	6,62 <sup>b</sup>	1,39	9,38 <sup>a</sup>	3,39
11	25	4,8	4,27 <sup>a</sup>	1,44	3,97 <sup>a</sup>	1,18
12	21	3,7	3,25 <sup>a</sup>	0,66	2,91 <sup>b</sup>	0,72
Média	40,1	6,88	<b>5,77</b>	---	<b>7,77</b>	---

\* Letras diferentes denotam diferenças estatísticas ao nível de 95% entre médias na mesma linha. ICA = Incremento corrente anual médio

Esses resultados sugerem maiores taxas de crescimento quando ambientes são alterados, como o caso da exploração no ano de 1987, em reposta à eliminação de concorrentes e alteração no microclima. A média de crescimento que precedeu a exploração foi de 5,7 mm/ano, resultado muito semelhante aos encontrados por Gerwing (2001) (5,2mm/ano) e Silva *et al.* (2002) (6,4 mm/ano). Venturoli (2008) também encontrou ganhos de incremento pós intervenção para diversas espécies em uma floresta estacional secundária. Segundo esse autor, a taxa de crescimento em DAP varia significativamente entre e dentro das populações, bem como em relação à estação do ano e condições microclimáticas.

Neste estudo, notou-se que alguns indivíduos de maior diâmetro apresentaram incremento superiores aos indivíduos de menor diâmetro (Tabela 2), aspecto que também foi observado por Felfili (1995b) e Da Silva *et al.* (2002). Este aspecto pode estar atrelado ao fato de que nenhuma das árvores estudadas ainda atingiram o período de senescência.

Na análise do incremento diamétrico das 12 árvores no período pós 1987 em relação à média geral de incremento, observou-se que sete árvores apresentaram valores de incrementos diamétricos superiores à média geral de 6,88 mm/ano obtida para a espécie considerando a idade total de cada árvore. Os valores encontrados corroboram com resultados encontrados por Parrota *et al.* (2002). Esses autores analisaram taxas de desenvolvimento de área basal após 11 anos em diferentes intensidades de intervenções, em uma floresta de terra firme na Amazônia. Eles encontraram que, de modo geral, o incremento da área basal aumentou com a intensidade

de desbaste. D'Oliveira & Braz (2006) também encontraram incremento em diâmetro quando as copas foram expostas à luz solar. Wadsworth & Zweede (2006) também relataram que o desbaste de competidoras aumentou o incremento em diâmetro de 20% a 25% em uma área na Amazônia sob regime de manejo, após 5,7 anos. Outros autores também encontraram resultados semelhantes em florestas na Argentina e Brasil, associados aos tratamentos silviculturais (RIVERO *et al.*, 2008 na Argentina, ROZZA, 2003 e MARTINS *et al.* 2003, no Brasil).

Na figura 10, é apresentado o comportamento do incremento diamétrico para as 12 árvores de *C. langsdorffii*. Nesta é possível observar que a inferência na população florestal, promovida pela abertura de clareira no ano de 1987, fez com que as árvores desta espécie aumentassem de forma considerável o seu ICA. No entanto, é possível observar que esta inferência poderia ter ocorrido no ano de 1970, pois as árvores da espécie permaneceram por cerca de 17 anos (1970 - 1987) com incrementos baixos e estabilizados, denotando um comportamento característico de floresta em equilíbrio.

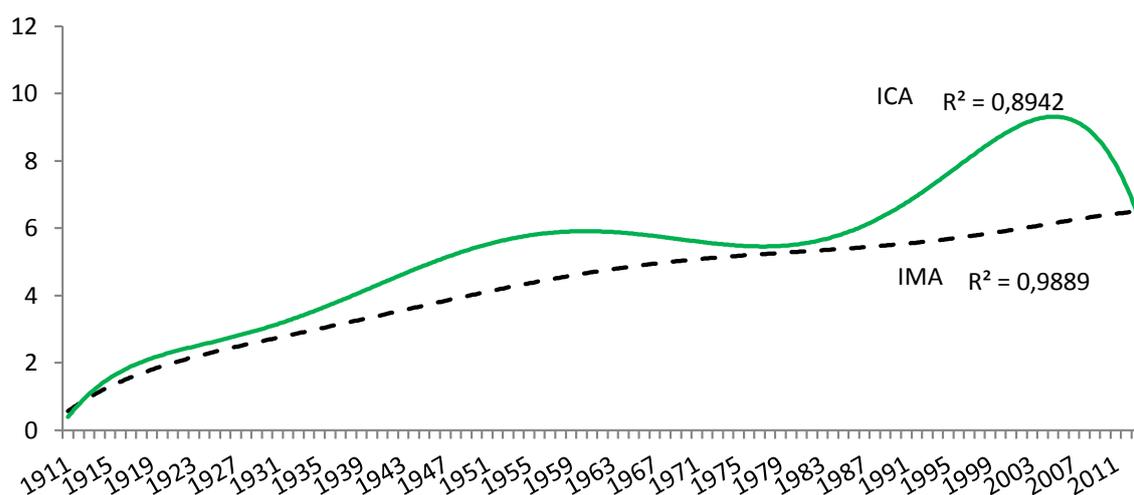


Figure 10 – Incremento corrente anual (ICA) e Incremento Médio Anual (IMA), para a *C. langsdorffii*.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo permitem concluir que:

- (i) as árvores de *Copaifera langsdorffii* apresentaram sensibilidade a um fator climático comum no crescimento;
- (ii) a variável climática precipitação é determinante no crescimento das árvores *C. langsdorffii*, e períodos de maiores índices pluviométricos causam um aumento da atividade cambial das árvores;
- (iii) a temperatura não é um fator limitante ao crescimento de *C. langsdorffii*, dada à baixa amplitude térmica na região;
- (iv) a largura dos anéis de crescimento no lenho das árvores de *C. langsdorffii* mostrou relação com o evento climático *El Niño*, definida por picos de menor crescimento nos anos de ocorrência do evento;
- (v) as árvores de *C. langsdorffii* apresentaram taxa de crescimento reduzida nos primeiros 5 a 10 anos, com um gradativo aumento nos anos posteriores, caracterizando um comportamento de espécies secundárias;
- (vi) a abertura de clareira proporcionada pela ação do manejo florestal alterou consideravelmente o ICA no período pós 1987;

- (vii) a abertura de clareiras, decorrentes do plano de manejo, favorece ganhos de incremento diametral para a *C. langsdorffii*, independentemente da idade da árvore;
- (viii) o crescimento diametral das árvores de *C. langsdorffii*, decorrente de abertura de clareiras, ocorre mesmo em anos de fortes alterações macroclimáticas (*El Niño*).

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. N. de; ÂNGELO, H.; SILVA, J. C. G. L. da; NUÑEZ, B. E. C. **Análise econométrica do mercado de madeira em tora para o processamento mecânico no Estado do Paraná.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 377-386, dez. 2009.

ANHOLETTO JÚNIOR, C. R. **Dendrocronologia e composição isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela odorata*, Meliaceae, na Caatinga e na Mata Atlântica do Estado de Sergipe, Brasil.** 90f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB.21 **Tapajós; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1979. (Levantamento de recursos naturais, v. 07).

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis.** Ecology, v. 146, n. 1, p. 1-12, 2005.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. **The use of tree rings in tropical forest management: projecting timber yields of four bolivian tree species.** Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 226, p. 256-26, 2006.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R. **Caracterização do Setor Florestal: Uma abordagem comparativa com outros setores da economia.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.

D'OLIVEIRA, M. V. N. & BRAZ, E. M, 2006. **Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Peixoto na Amazônia Ocidental.** Acta Amazônica, 36(2): 177-182.

DA SILVA, R. P., SANTOS, J. TRIBUZY, E. S., CHAMBERS, J. Q., NAKAMURA, S. & HIGUCHI, N. 2002. **Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil.** Forest Ecology and Management, 166: 295-301.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. **Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon.** Trees, v. 17, p. 244-250, 2003.

ENQUIST, B.J.; LEFFLER, A.J. **Long-term treering chronologies from sympatric tropical dryforest trees: individualistic responses to climatic variation.** Journal of Tropical Ecology, v.17, n.1, p.41-60, 2001.

FELFILI, J. M. 1995b. **Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil.** Vegetatio, 117: 1-15.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate.** New York: Academic Press, 1976, 567p.

GEBREKIRSTOS, A.; MITLO HNER R.; TEKETAY D.; WORBES M. **Climate growth relationships of the dominant tree species from semi-arid savanna woodland in Ethiopia.** Trees-Struct Funct, v. 22, p. 631-641, 2008.

GERWING, J. J. 2001. **Testing liana cutting and controlled burning as silvicultural treatments for a logged forest in the eastern Amazon.** The Journal of Applied Ecology, 38(6):1264-1276.

HOLMES, R.L.; ADAMS, R.K.; FRITTS, H.C. **Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA.** In: Tree-ring chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson: Arizona University, 1986. P. 15-35.

KALNAY, E. and Coauthors, 1996: **The NCEP/NCAR Reanalysis 40 year Project.** Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471.

LATORRACA, J. V. F.; SOUZA, M. T.; SILVA, L. D. S. A. B.; RAMOS, L. M. A. **Dendrocronologia de árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake de ocorrência na Reserva Tinguá-RJ.** Revista Árvore, Viçosa, v. 39, n. 2, p.385-394, 2015.

LISI, C. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FEDELE, L.F.; VOIGT, A. R. A. **Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil.** IAWA Journal, Vol. 29 (2), 2008: 189-207.

LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L, *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* Var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2011, 215p.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. **Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado.** Revista Brasileira de Botânica, v.24, n.3, p. 311-320, 2001.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduas.** Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002, 126p.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; LUCHIARI, C.; PEREIRA, T. S. **Plantio de espécies arbóreas nativas para restauração ecológica na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil.** Rodriguésia 57 (3): 477-489, 2005.

MELO JÚNIOR, J. C. F.; CECCANTINI, G.; BONA, C. **Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro.** Iheringia, Porto Alegre, v. 66, n.2, p. 189-200, 2011.

NOGUEIRA JÚNIOR, F. C. **Estrutura e composição de uma floresta ripária, relações dendrocronológicas e climáticas na Serra dos Macacos em Tobias Barreto, Sergipe-Brasil.** 173f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2011.

PARROTA, J. A., FRANCIS, J. K. & KNOWLES, O. H. 2002. **Harvesting intensity affects forest structure and composition in an upland Amazonian forest.** *Forest Ecology and Management*, 169: 243-255.

ROZZA, A. F. 2003. **Manejo e regeneração de trecho degradado de floresta estacional semidecidual: Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP.** Tese de Doutorado. UNICAMP. Campinas, SP.

RIVERO, L., DONAGH, P. M., GARIBALDI, J. & CUBBAGE, F. 2008. **Impacts of conventional and reduced logging on growth and stand composition four years after harvest in aneotropical forest in Misiones, Argentina.** *Scintia Forestalis*, 36(77): 21-31.

SILVA, J. N. M., de CARVALHO, J. O. P., LOPES, J. do C. A., de ALMEIDA, B. F., COSTA, D. H. M. de OLIVEIRA, L. C., VANCLAY, J. K. & SKOVSGAARD, J. P. 1995. **Growth and yield of a tropical rainforest in the Brazilian Amazon 13 years after logging.** *Forest Ecology and Management*, 71: 267-274.

SILVEIRA, F. A. O. **Anatomia Vegetal.** Curvelo: Faculdade de Ciências de Curvelo. Departamento de Ciências Biológicas de Anatomia Vegetal; 2004.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. **Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso.** *Nativa*, Sinop, v. 01, n. 01, p. 34-43, 2013.

STOKES, M.A.; SMILEY, T.L. **An introduction to tree-ring dating**, 2nd ed. Arizona: The University of Arizona Press, 1996.

THERRELL, M.D.; STAHL D.W.; RIES L.P.; SHUGART H.H. **Tree-ring reconstructed rainfall variability in Zimbabwe.** *Climate Dynamics*, v. 26, p. 677-685. 2006.

VENTUROLI, F. **Manejo de Floresta Estacional Semidecídua Secundária em Pirenópolis, Goiás.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008, 186p.

VIDAL, E.; VIANA, V. M.; BATISTA, J. L. F. **Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental.** *SCIENTIA FORESTALIS* n. 61, p. 133-143, jun. 2002.

WADSWORTH, F. H. & ZWEEDE, J. C. 2006. **Liberation: Acceptable production of tropical forest timber.** *Forest Ecology and Management*, 233: 45-51.

WHITMORE, T. C. 1990. **An introduction to Tropical Rain Forests.** Oxford University Press, New York.

WORBES, M. **Growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela.** *Journal of Ecology*, v.87, p.391-403, 1999.



**CAPÍTULO II Efeito do manejo florestal nas propriedades anatômicas, químicas e física do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf.**

## RESUMO

O presente estudo compara a estrutura anatômica, física e química do lenho de uma espécie arbórea (*Copaifera langsdorffii* Desf.) de ocorrência na floresta Amazônica de Mato Grosso. O estudo foi desenvolvido em dois momentos distintos dentro do mesmo ambiente: o primeiro caracteriza-se pela análise, dez anos antes do primeiro ciclo de corte, ocorrido em 1987, e dez anos depois deste ano; e o segundo, pela análise do efeito da distância das árvores estudadas (2013) em relação à clareira (toco remanescente) aberta no ano da primeira exploração de 1987. Objetivou-se verificar se, por ocasião das ações antrópicas provocadas pelo manejo florestal, a espécie promoveu alterações perceptíveis em sua estrutura anatômica, física e química, por ocasião de alterações microclimáticas provocadas pela abertura de clareira, para os dois momentos avaliados. Os resultados indicaram para anatomia diferenças significativas para frequência de vasos e largura de raio, apresentando aumento destes após exploração. Esses resultados também foram confirmados quando realizada a análise de distanciamento do toco, havendo diferença significativa para frequência de vasos, comprimento de vasos e comprimento de fibras, apresentando menores valores para o ambiente acima de trinta metros. A análise para densidade aparente apenas demonstrou diferença significativa para os ambientes pré e pós 1987, apresentando média de densidade superior antes da exploração de 1987. A redução da densidade, no ambiente pós exploratório, acompanha os resultados anatômicos observados; em função disso, o aumento, especialmente da frequência dos vasos, promove redução de densidade pela redução da área de xilema. Na análise química, foram encontrados 10 elementos, sendo 4 macros e 6 micronutrientes. Não houve diferença significativa na análise química para os ambientes pré, pós e distanciamento em relação ao toco. De modo geral, os resultados encontrados, demonstraram que o manejo florestal foi benéfico para a *C. langsdorffii*, pois não acarretaram prejuízos relevantes na estrutura anatômica, física e química no lenho da espécie.

Palavras-chave: Copaíba, Efeito Antrópico, Clareira, Estrutura Anatômica, Densidade Aparente.

## ABSTRACT

This study compares the anatomical, physics and chemistry structure of the wood of a tree species (*Copaifera langsdorffii* Desf.) that takes place in the Amazon rainforest of Mato Grosso State, Brazil. The study was conducted at two different time periods within the same environment: the first one, was analyzed, ten years before the first harvest cycle, which occurred in 1987, and ten years after 1987, the second one, was analyzed the effect of the distances among the trees explored (2013) in relation to the glade (remaining stub) that was opened in the first lumbering, in 1987. The aim was to verify, because of human activities caused by forest management, if the species promoted noticeable changes in their anatomical, physical and chemical structure, due to microclimate changes caused by opening glade for the two periods that were evaluated. These results showed there are significant anatomical differences in the frequency of vessels and ray width, showing an increase after exploitation. These results also were confirmed when an analysis of the stub distance was done and pointed out to a significant difference on vessels frequency, length of the vessels and also length of the fibers, showing lower values for the environment of over 30 meters. The analyzes for density only showed a significant difference to the pre and post environments in 1987, with higher mean density than before the lumbering, in 1987. The reduction in density, in post exploratory environment, follows the anatomical results observed; due to that action, the increase, especially in the frequency of vessels, promotes reduction of the density because of the reduction of area xylem. In chemical analysis, 10 elements were found: 4 macro and 6 micronutrients. There was no significant difference in chemical analysis for pre and post environments and also the distance from the stub. Overall the results showed that forest management was beneficial to *C. langsdorffii* growth because there were no relevant losses in anatomical, physical and chemical structure of that species of wood.

Keywords: Copaiba Tree, Anthropogenic Effect, Anatomical Structure, Density.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira de *C. langsdorffii* é altamente resistente à degradação natural e é utilizada em carpintaria (RUDD 1991), na construção de casas (vigas, pisos, portas e janelas), na fabricação de móveis (Almeida *et al.*, 2006) e na construção naval e carroçaria (VENTURIN *et al.*, 1996). É também usada para outras finalidades, incluindo alças de madeira, ferramentas e vassouras (ALMEIDA *et al.*, 2006). Segundo Guerra *et al.* (2006), as árvores de *C. langsdorffii* também são cultivadas para fins de arborização urbana e rural no Brasil, devido sua copa proporcionar boa sombra.

A madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas a desempenharem funções específicas (TRUGILHO *et al.*, 1996). Os autores citam que as variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, embora dentro da mesma espécie elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma espécie, ocorrem variações significativas na altura do tronco e na direção da medula até a casca. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o alburno, madeira de início e fim de estação de crescimento e, em escala microscópica, entre células individuais.

Segundo Malan (1995), a variação no sentido radial é a mais importante. A extensão desta variação é, principalmente, determinada pela presença da madeira juvenil, sua proporção no tronco, suas características físico-químicas e anatômicas.

De acordo com Vital *et al.* (1984), o efeito da idade sobre as características físico-químicas e anatômicas já é bem conhecido, e normalmente a densidade tende a aumentar com a idade como consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição da largura das células.

A estrutura anatômica do xilema secundário das angiospermas é rica em detalhes, que as tornam muitas vezes absolutamente inconfundíveis (DOS SANTOS, 2010). A anatomia da madeira estuda os diferentes tipos de células, suas funções, organização e peculiaridades estruturais (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989). Inicialmente, os artigos científicos relacionados retratavam mais sobre o caráter descritivos das células xilemáticas (LOUREIRO & SILVA, 1979; MAINIERI & CHIMELO, 1989).

A maioria dos vegetais apresentam capacidade de se adaptar às alterações que ocorrem no meio ambiente. Muitas vezes essa adaptação é refletida por alterações estruturais anatômicas. Esse processo é reconhecido como um processo evolutivo e ocorrem ao longo de décadas.

Durante a sua formação, as células recebem efeitos de fatores genéticos, além das condições ecológicas do local que a planta se desenvolve. A diversidade estrutural encontrada no xilema secundário das plantas tem uma explicação funcional e adaptativa, podendo estar diretamente relacionada ao hábito da planta, bem como às variações nas condições atmosféricas, à disponibilidade de nutrientes no solo e à relação entre segurança e eficiência na condução hídrica (BAAS 1973; ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO 2000, 2002; LENS *et al.* 2004).

Baas (1982) cita o estresse hídrico como o principal responsável pelas modificações observadas nas características anatômicas, pois eles são responsáveis por manter a sobrevivência da espécie. Sendo assim, observa-se a importância da disponibilidade de água e da arquitetura hidráulica da madeira na distribuição das espécies e na eficiência do uso da água nos períodos secos (POCKMAN & SPERRY 2000).

A anatomia ecológica se dedica a estudar diferenciações anatômicas de uma espécie ou grupo de espécies de ambientes distintos (MARCATI *et al.*, 2001; MELO JUNIOR *et al.*,

2011). Contudo, ainda são incipientes os estudos que demonstram as alterações na anatomia da madeira decorrentes das variações ambientais provocadas pela atividade do manejo florestal.

A *C. langsdorffii* tem grande importância na atividade florestal na região Amazônica, devido à qualidade da sua madeira e, principalmente, pela produção de óleo-resina utilizado pelas populações tradicionais e indústrias farmacêuticas (SAMPAIO, 2000).

Desta forma, é muito importante conhecer quais os impactos do manejo florestal nas propriedades tecnológicas da madeira de *C. langsdorffii*, expressas, principalmente, pelas alterações anatômicas, físicas e químicas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste capítulo foi estudar os possíveis efeitos do plano de manejo nas propriedades anatômicas, químicas e física de árvores de *Copaifera langsdorffii* de floresta ombrófila aberta.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o impacto da atividade do manejo florestal na variabilidade morfológica dos caracteres anatômicos, através de mensurações macro e microscópicas dos elementos celulares;
- Avaliar o impacto da atividade do manejo florestal na densidade da madeira através da técnica de microdensitometria de raio X;
- Avaliar a variação da fixação de macro e micronutrientes no xilema secundário formado antes e depois da exploração florestal, através da espectrometria de massa.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Amostragem e Coleta do Material

O local do estudo está localizado na região norte do estado de Mato Grosso, caracterizada como floresta semidecidual, de acordo com RADAMBRASIL (1979). A primeira fase de exploração florestal nessa área ocorreu no ano de 1987, sendo que o ciclo de recuperação do corte foi estabelecido em 25 anos, conforme previsto na legislação ambiental para a atividade de manejo florestal na Amazônia.

As árvores amostradas foram aquelas remanescentes da primeira fase de exploração. Estas foram selecionadas com base no seu estado fitossanitário, estabelecendo prioritariamente distâncias diferenciadas das mesmas em relação aos tocos remanescentes das árvores exploradas no ano de 1987. Esse critério foi utilizado para verificar os possíveis efeitos da abertura de clareira nas propriedades tecnológicas do lenho da espécie selecionada.

Foram coletados discos da base de quatro árvores. Essas árvores fizeram parte de um conjunto de 20 árvores de copaíba que foram utilizadas no estudo de dendrocronologia (capítulo I) visando a datação dos anéis de crescimento.

Os espécimes de *C. langsdorffii* foram catalogadas no Herbário CNMT da UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, sob o número de Tombo 7603 (material botânico) e na xiloteca do Departamento de Produtos Florestais da UFRRJ, sob os números de Tombo 7593, 7594, 7595 7596.

Para avaliar o impacto da exploração florestal na formação dos elementos celulares da densidade da madeira e da química (macro e micronutrientes) das árvores remanescente de *C. langsdorffii*, foi adotado um estudo comparativo entre as características tecnológicas do lenho formado antes e depois da exploração florestal ocorrida em 1987.

Uma seção radial (medula–câmbio), em cada disco, foi definida para amostragem do lenho de cada árvore para caracterização dos elementos celulares, determinação do perfil radial densitométrico da madeira e análise de espectometria de massa para determinação das quantidades de macro e micronutrientes presentes nos lenhos. Para análise do impacto do manejo nas propriedades tecnológicas, os dados das variáveis anatômicas, física e químicas foram obtidos a partir das amostras agrupadas em períodos que compreendiam 10 anos antes da exploração florestal (1978 a 1987) e 10 anos após a exploração florestal (1988 a 1997) (Figura 10).

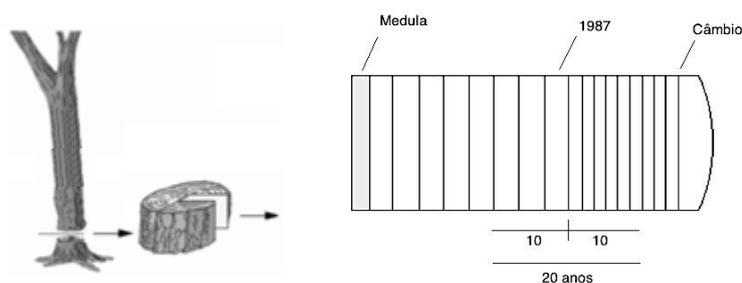


Figura 10 - Esquema de retirada das amostras representativas aos períodos anterior e posterior a exploração florestal

### 3.2 Mensurações Anatômicas

Para os estudos anatômicos quali-quantitativos, foram realizados cortes histológicos e dissociação de tecidos de amostras das quatro árvores. A descrição anatômica do lenho (vasos, parênquima axial, raios e fibras) foi baseada na metodologia sugerida pela International Association of Wood Anatomists Committee (1989). Para caracterização do perfil radial anatômico, foram mensurados, a cada 1,0 cm, as seguintes variáveis: diâmetro tangencial de vasos, comprimento e espessura da parede das fibras.

O número de repetições (n), para cada variável quantitativa, foi calculado através da equação 1 para um nível de confiança de 95%. Para as análises do perfil radial, foram mensurados 20 elementos por centímetro de raio, avaliando toda extensão do raio. Os elementos avaliados foram (diâmetro tangencial dos vasos, comprimento dos vasos, espessura total e da parede das fibras e comprimento das fibras). Já, para o efeito do manejo, foram mensurados 25 elementos por anel. As mensurações foram realizadas para os anos considerados pré 1987 (1973 a 1987) e os pós 1987 (1988 a 2002). Os elementos avaliados foram os mesmos do perfil radial, complementados com largura e comprimento dos raios.

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

n = Tamanho da amostra;

N = Tamanho da população;

$\sigma$  = Desvio padrão da população;

Z = Valor obtido mediante níveis de confiança; e

e = Limite aceitável do erro amostral.

A documentação fotográfica macroscópica foi realizada na superfície transversal do corpo de prova, sendo feitas em uma câmera digital Leica DFC 320 e a aquisição das imagens, com software Leica Qwin V 3.5.0. A aquisição das imagens foi feita nas baguetas de 3mm x 6mm (espessura e largura), retiradas para o estudo de microdensitometria de raio X, sendo as imagens obtidas a cada 3mm do comprimento da bagueta. As fotos destes elementos foram agrupadas a cada 1cm para facilitar as análises comparativas com os demais elementos estudados. As mensurações para diâmetro e frequência dos vasos foram realizadas utilizando *software* Leica DM LA. O diâmetro tangencial dos vasos foi obtido pela mensuração de cada elemento ajustado diretamente pelo *software* Leica. A frequência foi feita através da mensuração do número de vasos contidos em um mm<sup>2</sup> de área.

Os demais elementos foram mensurados microscopicamente. Os corpos de prova obtidos foram cozidos em água e glicerina na proporção de 4:1 até atingirem a condição ideal para o corte histológico. As secções foram obtidas em micrótomo de deslize (LEITZ 1208), com espessura entre 12 e 18µm nos planos transversal, longitudinal tangencial e radial. Os cortes foram então clarificados em hipoclorito de sódio 60% e corados com safranina hidroalcoólica 1% (JOHANSEN, 1940). Após a coloração e a desidratação dos cortes, foram montadas lâminas provisórias para mensuração dos elementos anatômicos, bem como lâminas permanentes coradas à base de safranina (solução aquosa 1%). Para a mensuração dos elementos anatômicos dissociados, foi preparado material macerado segundo o método de Franklin (1945).

A terminologia adotada para a análise anatômica segue aquela estabelecida pelo IAWA Committee (1989).

### 3.3 Mensurações Densitométricas

Para obtenção dos perfis radiais de densidade aparente do lenho das árvores de *C. langsdorffii*, através da densitometria de raios-X, foram retiradas amostras radiais de discos de 8 árvores, conforme esquema demonstrado na figura 11A e 11B. Com auxílio de uma tupa provida com dois discos de serra circulares, foram obtidas baguetas com dimensões de 3mm x 6mm (espessura e largura) que foram coladas em suportes (figura 11C e 11D). Em seguida, as amostras do lenho e a cunha de calibração de acetato de celulose (figura 11E), foram transferidas para o equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805N; 1,20m distância da fonte de raios X-filme) e radiografadas (5 min de exposição, 16Kv de tensão aceleradora no tubo, 3mA decorrente de aquecimento do cátodo). Os filmes radiográficos das amostras de madeira + cunha de calibração foram digitalizados em aparelho MICRODENSITOMETER 3CS. Na imagem digitalizada, foram feitas comparações entre a escala de cinza das amostras de madeira com a da curva padrão (com valores conhecidos de densidade: 1,48g/cm<sup>3</sup>), sendo determinados os valores de densidade e convertidos para o arquivo tipo DEN, por meio do *software* CRAD. Na sequência, o arquivo DEN foi lido com auxílio do *software* CERD, considerando 500mm x 10mm (comprimento x largura) determinações de densidade para os segmentos de 25% do comprimento das amostras do lenho.

Os perfis densitométricos na direção radial foram construídos a partir de medições pontuais da densidade aparente com uso da técnica de microdensitometria de raios-X, no laboratório da Engenharia Florestal da Universidade Trás os Montes (UTAD) – Vila Real, Portugal. As amostras foram acondicionadas em ambiente climatizado até estabilização da umidade (12% de umidade).

As análises diametrais das amostras originaram um arquivo de extensão TXT contendo os valores pontuais de densidade e os respectivos gráficos dos perfis de densidade aparente do lenho das 8 árvores de *C. langsdorffii* (Figura 11F).

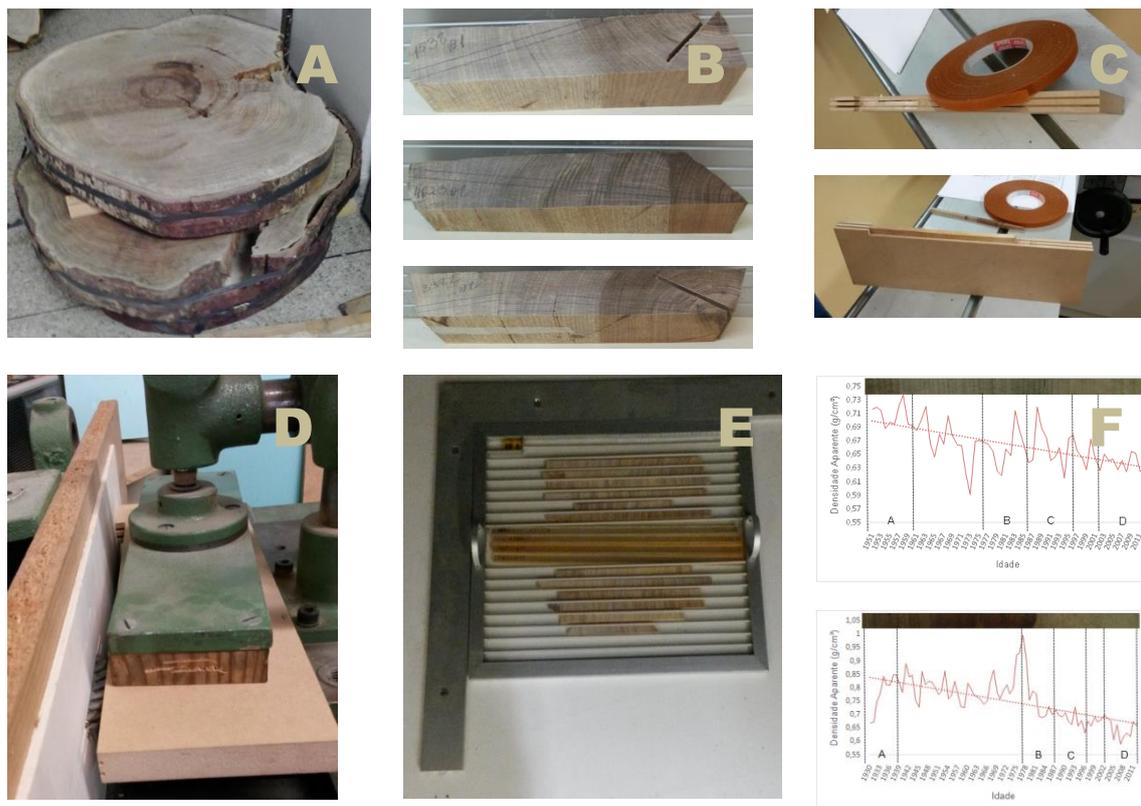


Figura 11–Obtenção e preparo de amostras para análise microdensitométrica. A - discos da base das árvores; B - amostra radial com demarcação da bagueta mantendo a perpendicularidade entre os anéis; C - suporte e fita para colar a madeira para obtenção das baguetas; D - tupa de dupla circular para corte das baguetas; E - suporte com filme de raios-X com as baguetas e a cunha de calibração de acetato de celulose; e D - perfis de densidade aparente.

### 3.4 Mensurações de Macro e Micronutrientes na Parede Celular

A aplicação da técnica de espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP OES) foi utilizada para quantificação total de macro e micronutrientes presentes no lenho das árvores de *C. langsdorffii*.

Foi selecionado um raio de quatro árvores. Nesse raio foi demarcado os anéis em duas secções de dez anos, sendo uma porção referente aos anos de 1978 a 1987, denominada pré 1987 e uma segunda porção referente aos anos de 1988 a 1997, denominada pós 1987.

Essas duas porções foram transformadas em cavacos na fração de 0,200 mm, em seguida foram digeridas em forno de micro-ondas, transferindo-se 250 mg de cada amostra para frascos de digestão e adicionando-se 6,0 ml de HNO<sub>3</sub> 20% v/v e 2,0 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% m/m em frasco de TFM®. As amostras foram devidamente acomodadas em um rotor e levados ao forno de micro-ondas, aplicando-se o programa de digestão padronizado pelo INMETRO em suas análises.

Passado o período de resfriamento, as soluções das amostras digeridas foram transferidas para tubos do tipo Falcon, completando-se o volume para 25 ml com água purificada em sistema Milli-Q. Estes mesmos procedimentos foram aplicados para o material certificado NIST 1575a - Trace Elements in *Pine Needles*.

Os digeridos foram analisados com ICP OES, em condições robustas de análise (SILVA *et al.*, 2002), com equipamento da marca ULTIMA, que possui visão axial e radial e nebulizador de fluxo cruzado, do INMETRO - RJ.

As seguintes linhas de emissão foram selecionadas: (i) B 249,678, (ii) Ca 431,825, (iii) Cu 327,396, (iv) Fe 259,940, (v) K 691,107, (vi) Mg 279,553, (vii) Mn 257,610, (viii) S 181,972, (ix) Zn 213,856, (x) Ni 231,604, (xi) Se 196,034 e (xii) P 177,495. Como critério de seleção entre as distintas linhas de um mesmo analito, consideram-se os resultados gerados pela análise dos padrões (curvas de calibração), a ocorrência de saturação do detector do espectrômetro e a maior sensibilidade observada.

### 3.5 Efeito da Exploração Florestal

Para o efeito do manejo nas propriedades anatômicas, físicas e químicas, foram considerados o fator Posição Radial Pré e Pós Exploração no ano de 1987 (ano da primeira exploração ocorrida na área) e distanciamento do toco remanescente da primeira exploração da área. Das quatro árvores amostradas para descrição tecnológica (anatomia e densidade), duas tinham distâncias inferiores a 30 metros dos tocos remanescentes das árvores exploradas no ano de 1987 e duas tinham distâncias superiores a 30 metros (Tabela 3). Esse valor foi definido com base na altura total encontrada na área para todas as espécies comerciais (18 no total), cujos valores variaram entre 17-26-35 metros e o diâmetro da copa dessas espécies, neste os valores encontrados foram de 16-25-34 metros.

Tabela 3 - Distâncias das árvores em relação aos tocos

Nº da árvore	Distância (m) do toco	Classes de Distâncias
1	17	> 30 m
2	25	
3	38	< 30 m
4	44	

### 3.6 Análises Estatísticas

Para avaliar o efeito dos fatores posição radial (lenho pré e pós 1987) e distância das árvores dos tocos remanescentes (AT30 e AC30), foram inicialmente realizados testes de normalidade das variáveis (teste Shapiro-Wilk,  $p < 0,00$ ). Constatada a rejeição dessa hipótese, os dados foram submetidos ao teste t não paramétrico (Wilcoxon), sendo considerado nível de significância de 5%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Anatomia Descritiva

De maneira geral, a *Copaifera langsdorffii* não apresentou, qualitativamente, uma variação estrutural diferenciada da estrutura da espécie descrita em literatura. A seguir são apresentadas as características anatômicas dos elementos celulares presentes no lenho.

**Camadas de crescimento** - Distinta a olho nu, demarcados por parênquima axial em faixas marginais, umas distribuindo-se em intervalos regulares e outras que se distanciam em intervalos menores (Figura 12A). Essa característica para as camadas de crescimento de *C. langsdorffii* também foram descritas por Mainieri & Chimelo (1989), Marcati *et al.* (2001), Melo Júnior *et al.* (2011).

**Parênquima axial** - visível a olho nu, com parênquima paratraqueal vasicêntrico escasso e também parênquima axial em faixa marginais, apresentando mais de 3 células de largura (Fig. 12A). Na maior parte das faixas marginais, tem-se a presença dos canais secretores, porém ocorrem presença de faixas marginais sem a presença dos canais secretores. Essa característica foi descrita por Marcati *et al.* (2001).

**Vasos**- com distribuição difusa, predominantemente solitários (69%) e múltiplos radiais de 2, 3 até 8 (31%); vasos, eventualmente obstruídos por gomas; placas de perfuração simples; apêndices curtos podendo ocorrer em uma ou ambas as extremidades (Fig 12B).

**Raios** visíveis somente com auxílio de lupa de 10x, finos e numerosos, estratificação ausente. Os raios são homogêneos constituídos por células procumbentes (Fig. 12C), predominantemente multisseriados e variam de 2 a 4 células de largura, com predominância para 3 células (Fig. 5A). Marcati *et al.* (2001) relatam a presença de células de largura variando entre 2 a 5, ao passo que Melo Junior *et al.* (2011) relatam a presença de 2 a 4 células de largura, corroborando com os valores encontrados neste estudo. Com relação à altura dos raios, foram encontradas alturas variando de 5 a 38 células para os multisseriados, com predominância para 12 e 14 células (Figura 12G). Estes valores são próximos dos encontrados por Marcati *et al.* (2001) os quais expõem terem encontrado predominância de 12 a 16 células na altura. Também foram encontrados raios unisseriados, porém com raras ocorrências, e alturas variando entre 3 a 6 células.

Foram encontrados, nas amostras analisadas, séries cristalíferas de até 6 cristais (Figura 12E), corroborando com as citações feitas por diferentes autores que trabalharam com *Copaifera langsdorffii* oriundas do cerrado brasileiro (MARCATI *et al.*, 2001; MELO JUNIOR *et al.*, 2011), que referem a presença de cristais prismáticos de oxalato de cálcio presentes em células subdivididas do parênquima axial, em geral junto aos raios e formando séries cristalíferas de até oito cristais. Alguns autores apontam que a ocorrência de cristais em células do parênquima axial, com a formação ou não de séries cristalíferas, são características na maioria das espécies das subfamílias de *Leguminosae* (BARETTA-KUIPERS, 1981 e GASSON, 1994).

**Fibras** - O lenho de *C. langsdorffii* apresentou fibras do tipo libriformes sem espessamento de parede e pontuações simples. Foi observada a presença de fibras gelatinosas (Figura 12H). Marcati *et al.* (2001), relatam que as fibras gelatinosas em *C. langsdorffii* apresentam paredes internas espessadas de constituição celulósica que, devido a artefato de técnica, destacam-se da parede lignificada, o que facilita sua observação. Os autores apontam a maior ocorrência das fibras gelatinosas em indivíduos do cerradão, em comparação com os de ocorrência no ambiente floresta. Fibras gelatinosas também foram encontradas em grande quantidade de indivíduos de *C. langsdorffii* do cerradão (BARBOSA, 1981 e MELO JUNIOR *et al.*, 2011).

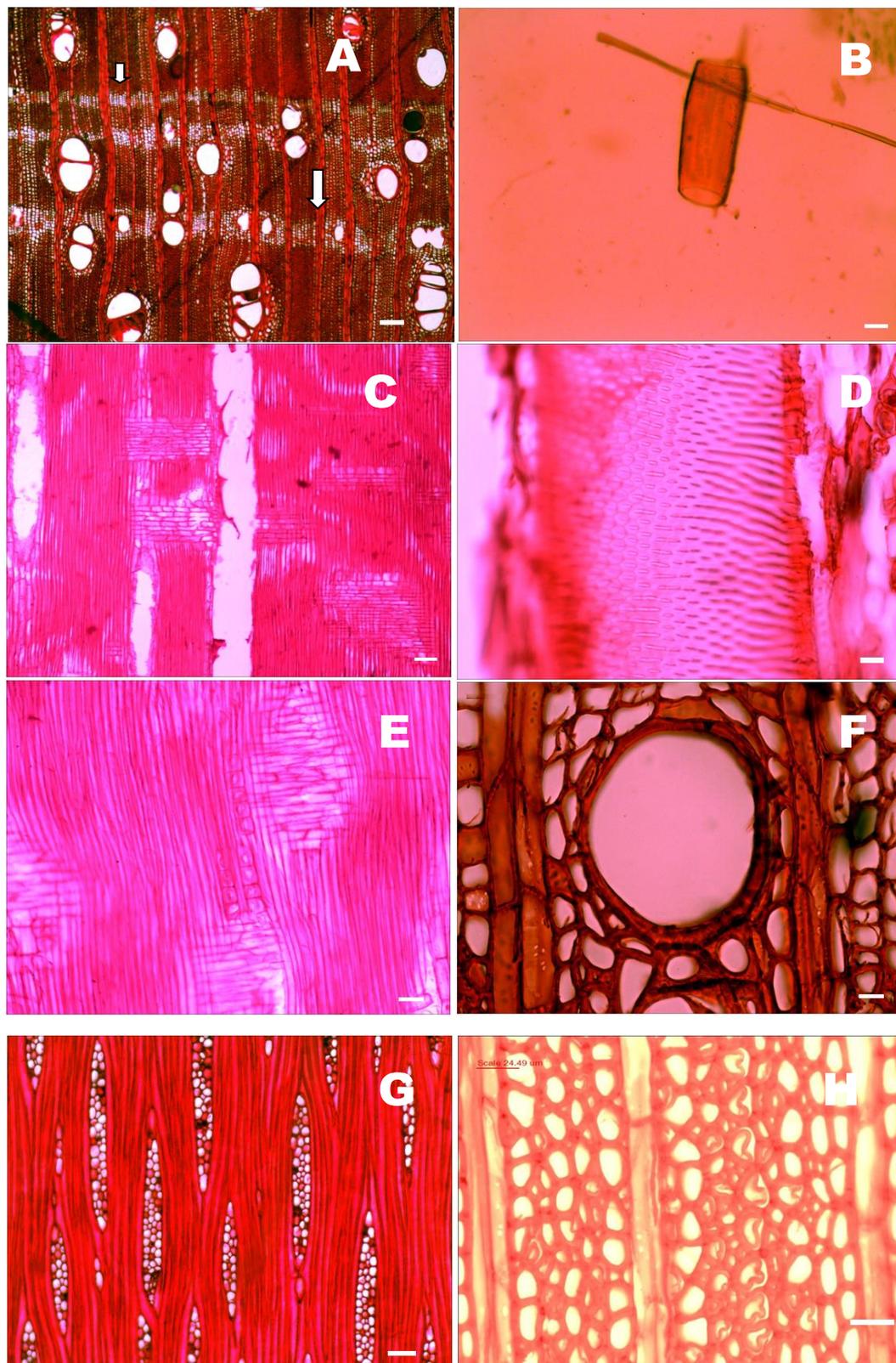


Figura 12 - Características anômicas da madeira de *Copaifera langsdorffii*; A. Seção transversal, canais axiais em parênquima marginal; B. Placa de perfuração simples; C. Seção radial, raio composto exclusivamente por células procumbentes; D. Seção tangencial, pontoações intervasculares alternas guarnecidas; E. Seção radial, cristais prismáticos; F. Seção transversal, canais axiais em parênquima marginal; G. Largura dos raios com predominância

para 3 células; H. Presença de fibras gelatinosas . Barras: Fig. A, C= 126,21  $\mu\text{m}$ ; Fig. B, E, G= 50,52  $\mu\text{m}$ ; Fig. D, F = 12,20  $\mu\text{m}$ ; Fig. H = 24,49  $\mu\text{m}$ .

Com relação à presença de fibras gelatinosas, Metcalfe & Chalk (1989) explicam que estas aparecem em resposta a fatores mecânicos de estresse agindo sobre o caule e que, para algumas espécies, serve como reserva de celulose capaz de ser absorvida durante a primavera para suprir a necessidade durante o período acentuado de crescimento. Paviani (1977; 1978) destacou a relevância das fibras gelatinosas em plantas de ambientes como o cerrado, atribuindo-lhes a função de reservar água por ser uma estrutura hidrófila com considerável papel na fisiologia dessas espécies. Esau (1974) atribui o aparecimento das fibras gelatinosas a presença do lenho de tração nas folhosas. As fibras gelatinosas observadas nos indivíduos da *C. langsdorffii* deste estudo provavelmente não estão relacionados ao lenho de tração, pois os espécimes estudados apresentam fuste reto, como exigência do próprio mercado consumidor. Como a ocorrência de efeitos sazonais globais (tipo *El Niño*), vem ocorrendo com regularidades de períodos a cada 3 ou 4 anos, reduzindo a retenção hídrica no solo da floresta por alguns meses do ano, acredita-se que estas fibras podem estar relacionadas com o armazenamento de água, conforme observada por Paviani (1978).

**Canais secretores axiais** - O lenho de *C. langsdorffii* apresentou canais secretores, presentes nas faixas marginais do parênquima axial, sendo estes na forma de tubos revestidos por pequenas células secretoras. (Figura 12F).

Os valores mensurados para as características dos vasos, parênquima axial, raios e fibras são apresentados na tabela 4. A predominância dos vasos solitários em relação aos múltiplos foi de 69%. Este valor situa-se entre os valores descritos por Marcati *et al.* (2001) e Barbosa (1981), que são de 61 e 78%, respectivamente.

Tabela 4—Estatística descritiva para os elementos anatômicos de *C. langsdorffii*

Vasos	Mínima	Média	Máxima	DP
Relação Vasos Solitários/Múltiplos (%)	28,57	68,69	94,12	15,01
Vasos/mm <sup>2</sup> (nº de células)	2,00	5,46	13,00	2,02
Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	51,19	311,17	602,23	91,99
Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )	31,66	116,65	222,19	26,68
<b>Parênquima axial</b>				
Frequência de parênquima com canais secretores %	92	96,75	100	3,59
<b>Fibras</b>				
Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	852,23	1109,05	2665,59	242,52
Espessura total ( $\mu\text{m}$ )	14,57	21,55	38,45	3,54
Espessura de parede ( $\mu\text{m}$ )	2,79	4,63	7,43	0,81

A frequência média dos vasos de 5,46 vasos/mm<sup>2</sup> é um valor muito próximo aos encontrados na literatura. Mello Junior *et al.* (2011) encontraram frequência média de 7,2 vasos/mm<sup>2</sup>, enquanto que Fedalto *et al.* (1989) encontraram frequência de 5 vasos/mm<sup>2</sup>.

Os vasos apresentaram comprimento médio de 311,17 $\mu\text{m}$ . Este valor está próximo do encontrado por Marcati *et al.* (2001), que relatam valores médios para comprimento de vasos para *C. langsdorffii* de 373 $\mu\text{m}$  e 388 $\mu\text{m}$  para espécies de floresta e cerrado, respectivamente. Williams (2014) narra, para a espécie *C. officinalis*, comprimento médio de vasos de 352 $\mu\text{m}$ , e para *C. pubiflora*, 321 $\mu\text{m}$ .

O diâmetro tangencial médio dos vasos encontrados para *C. langsdorffii*, neste trabalho, foi de 116,65µm (Tab. 2), valor este semelhante aos encontrados por Melo Júnior *et al.* (2011); estes demonstraram valores diferenciados para três ambientes diferentes apresentando valores de 147µm, 90µm e 89µm, respectivamente. Já Nisgoski *et al.* (2012) encontraram valores médios para diâmetro de vasos de 117, 52µm, enquanto que Marcati *et al.* (2001) apontaram valores de 137µm para espécies de ambiente floresta e 150µm para ambiente cerrado. Williams (2014) trabalhou com duas espécies de copaíba e encontrou diâmetro de vasos médios de 126µm para *C. officinalis* e de 135µm para *C. pubiflora*.

## 4.2 Perfil Radial da Anatomia e Densidade da Madeira

### Diâmetro dos Vasos

Nota-se, pela Figura 13, um aumento sutil do diâmetro dos vasos no sentido medula-casca. Esse comportamento também tem sido observado por outros autores, embora trabalhando com espécies diferentes (BELINI *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2004; RAMOS *et al.*, 2011).

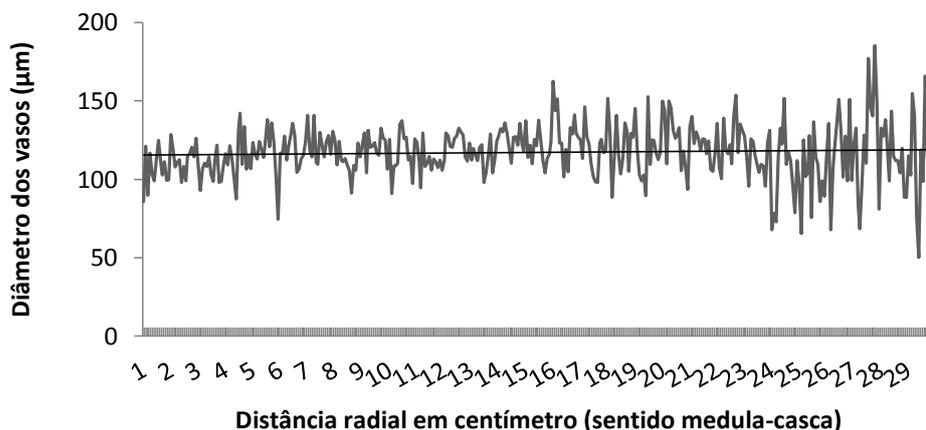


Figura13- Comportamento para diâmetro dos vasos no sentido medula casca para as árvores de *C. langsdorffii*.

Vasos de maior diâmetro são mais eficientes no transporte, no entanto apresentam menor segurança, pois são mais vulneráveis à formação de embolismos por cavitação, os quais provocam quebra da coesão da coluna de água sob forte pressão negativa (ZIMMERMANN 1983). A tendência de aumento no diâmetro dos vasos para a espécie indica que o ambiente florestal não apresenta problemas de déficit hídrico.

### Comprimento de Fibras

O comprimento médio das fibras encontrados para *C. langsdorffii* foi de 1109,05µm. Este valor está próximo do encontrado por Marcati *et al.* (2001) que relataram para espécie do cerrado e floresta valores médios de comprimento de 973µm e 963µm respectivamente. Melo Júnior *et al.* (2011) encontraram valores de 1095µm para comprimento de fibra em seu estudo com a espécie.

De acordo com a Figura 14, pode-se observar que o comprimento das fibras se mantém crescente, no sentido medula-casca, até a idade de 30 anos aproximadamente (Distância 5,8cm), estabilizando-se até a idade de 76 anos (distância15,7cm) e a partir deste ponto apresentou decréscimo e estabilização até a casca.

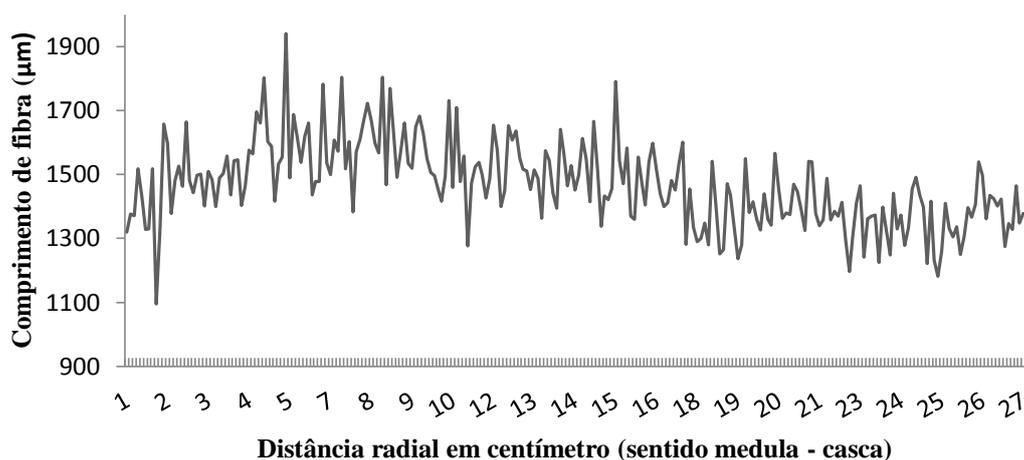


Figura14 - Comportamento do comprimento de fibra no sentido medula - casca para a *C. langsdorffii*

#### *Espessura da Parede da Fibra*

O comportamento apresentado para espessura da parede das fibras (figura 15) apresentou crescimento no sentido medula-casca até a distância 3,3 cm, correspondente à idade de 20 anos, apresentando, a partir de então, um pequeno decréscimo e estabilização.

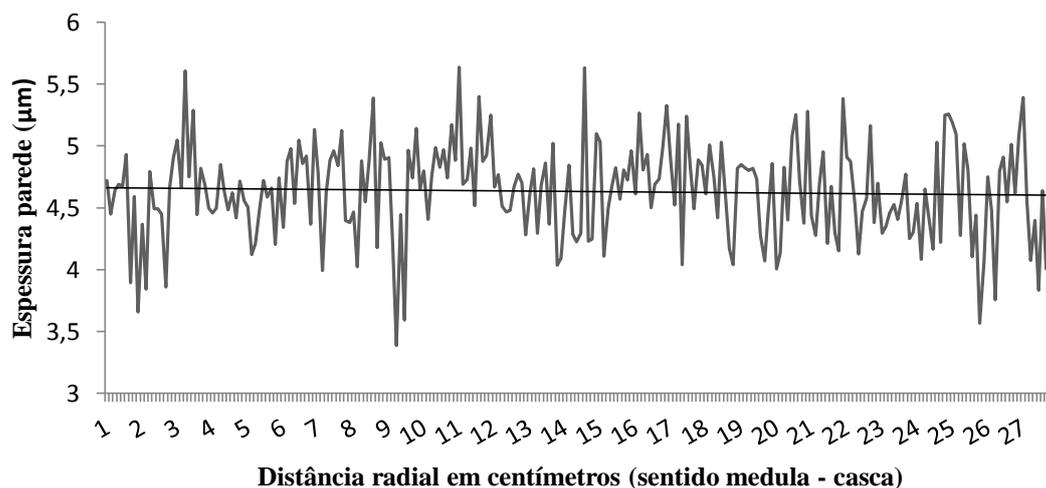


Figura15 - Comportamento da espessura da parede das fibras no sentido medula-casca para *C. langsdorffii*

#### *Espessura Total da Fibra*

Na determinação da espessura total da fibra (Figura 16), nota-se um crescimento no sentido medula-casca até a idade de 53 anos (distância 11,9), tendendo a partir desse momento a uma pequena redução e estabilização até a casca.

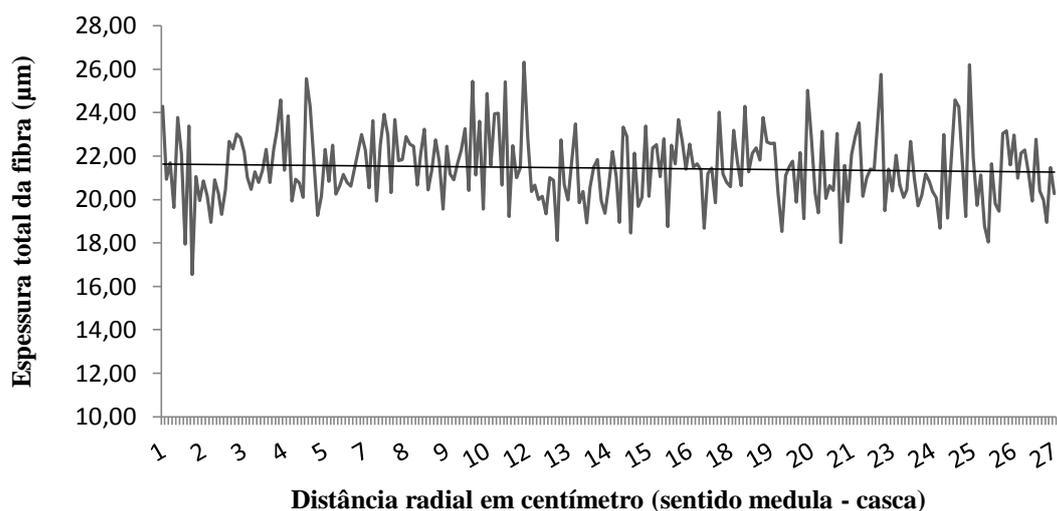


Figura 16 - Comportamento da espessura total da parede das fibras no sentido medula-casca para *C. langsdorffii*

#### Densidade

As análises do perfil densitométrico da madeira de *C. langsdorffii* mostram através da figura 17, um aumento acentuado da densidade nos primeiros 20 anos de idade (distância 4,06), mas, a partir desse momento, a densidade da madeira tende a diminuir a medida que se aproxima do câmbio.

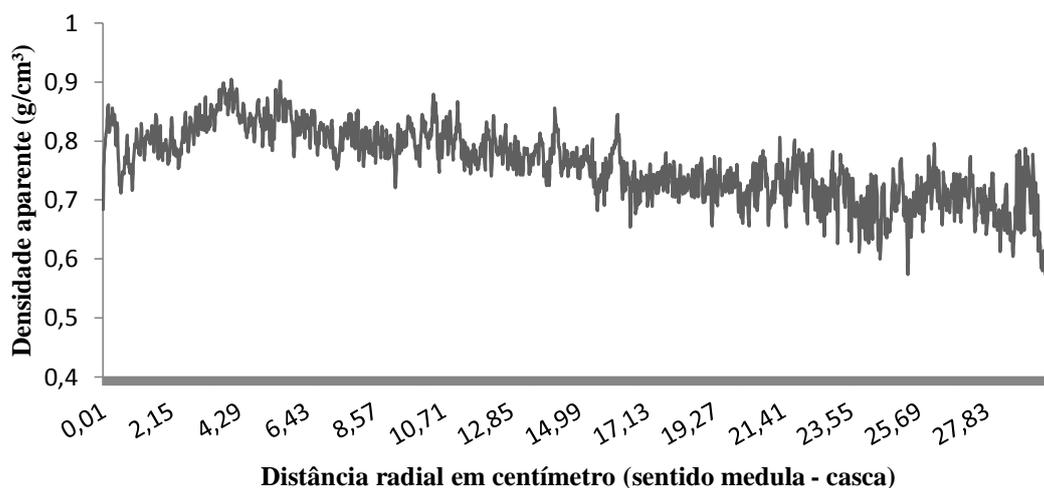


Figure 17 - Perfil radial da densidade aparente do lenho de *C. langsdorffii*

#### Discussão do Perfil Radial Anatômico e Densitométrico

Dentre as variáveis estudadas, aquelas que apresentaram um perfil claro de crescimento nos primeiros anos e posterior decrescimento em direção à região cambial foram a densidade e o comprimento de fibras. A densidade é uma resposta ao perfil morfológico dos elementos

celulares, e, provavelmente, o comprimento de fibras é a variável que mais está contribuindo para formação do perfil densitométrico da madeira de *C. langsdorffii*.

O perfil apresentado por essas duas variáveis sugere uma distinção evidente entre as propriedades do lenho juvenil e do lenho adulto. A demarcação da transição entre o lenho juvenil e adulto, a partir da observação do perfil radial do comprimento de fibras e da densidade, ocorre aproximadamente numa distância de 5,6cm da medula.

Chagas (2013) cita ser possível caracterizar as regiões do lenho de madeira juvenil e adulta utilizando o estudo da variação radial da densidade do lenho da espécie. O autor indica que o lenho juvenil é delimitado pela camada interna no tronco, resultado do crescimento em diâmetro nos anos iniciais e o lenho adulto representado pela camada mais externa do tronco que é formado pela atividade do cambio fisiologicamente maduro.

Jamal Filho (2011) afirma que a delimitação entre madeira juvenil e madeira adulta é realizada com a análise do comprimento das fibras (ou dos traqueides) no sentido medula-casca, citando o estudo da variação da densidade aparente da madeira, como uma alternativa a ser utilizada.

De acordo com o estudo dendrocronológico realizado no capítulo I, essa distância média para as quatro árvores estudadas corresponde a idade de 27 anos.

Segundo Ceccantini (1996), o crescimento inicial observado no sentido medula-câmbio, com posterior estabilidade, possivelmente demarca o término da formação do lenho juvenil e o início do lenho adulto.

Vários autores encontraram esse mesmo comportamento de aumento inicial no comprimento, espessura total e da parede das fibras até uma certa idade, com tendência à pequena redução e estabilização (MALAN, 1995; GONÇALVES *et al.*, 2007; ROQUE e TOMAZELLO FILHO, 2009, LIMA *et al.*, 2011).

### **4.3 Efeito da Exploração Florestal**

#### **4.3.1 Efeito do fator posição radial pré e pós exploração**

##### **4.3.1.1 Propriedades anatômica e física**

Analisando a tabela 5, observa-se que somente as variáveis frequência de vasos, largura dos raios e a densidade apresentaram diferenças significativas entre os lenhos formados antes e após o ano da exploração florestal (1987). A variável diâmetro dos vasos não apresentou diferença significativa entre as posições pré e pós 1987, no entanto apresentou uma tendência de redução de 2,5% no pós 1987. Vale ressaltar que a espécie apresentou em seu perfil radial uma tendência de aumento de diâmetro, no sentido medula-casca e alterou essa tendência após a inferência realizada no ano de 1987. Zimmermann (1983) diz que vasos de menor diâmetro são mais seguros, pois geralmente estão presentes em maior quantidade fazendo com que os embolismos não incapacitem as principais partes do sistema de condução; além disso a força de tensão dentro dos vasos menores é maior que nos vasos maiores, reduzindo o risco de embolismos.

Segundo Ceccantini (1996), citado por Marcati *et. Al.* (2001), a frequência e diâmetro dos vasos e comprimento de fibras são as características do lenho mais sensíveis às variações ambientais. A frequência dos vasos tem uma relação direta com o fluxo ascendente de nutrientes, sendo muito importante fisiologicamente na planta, especialmente no processo fotossintético. Diante dos resultados, é possível que a planta tenha aumentado a frequência de vasos para compensar uma disponibilidade súbita de nutrientes, provocada pela eliminação de concorrentes, decorrente da abertura da clareira no manejo florestal. Além disso, segundo Bass *et al.* (1983), citado por Marcati *et. al* (2001), em ambientes xéricos, as plantas tendem a reunir

os fatores segurança e eficiência, aumentando a frequência dos vasos de menor diâmetro, ou ainda apresentando concomitantemente vasos de diâmetros diferentes.

Tabela 5– Estatística descritiva das variáveis anatômicas e densidade para as posições radiais Pré e Pós 1987

VARIÁVEL	POSIÇÃO RADIAL							
	PRÉ 1987				PÓS 1987			
	Mín	Média	Máx	DP	Mín	Média	Máx	DP
<b>Vasos:</b>								
Frequência NV/mm <sup>2</sup>	2,25	<b>4,7*</b>	6,75	1,3557	2,75	<b>5,2*</b>	7,75	1,29
Comprimento (µm)	117,64	306,55	514,16	89,64	125,91	296,19	477,86	86,38
Diâmetro (µm)	45,97	123,17	199,98	27,22	48,59	120,03	183,12	26,71
<b>Raios:</b>								
Altura (µm)	180,35	431,16	710,27	140,97	140,20	379,98	697,10	143,78
Largura (µm)	16,01	<b>45,05*</b>	63,81	13,47	16,61	<b>41,06*</b>	62,86	12,33
<b>Fibras:</b>								
Comprimento (µm)	1047,28	1358,22	1328,68	160,42	999,83	1338,13	1728,60	173,49
Esp. total (µm)	15,52	21,57	23,76	3,36	15,56	21,60	29,80	3,45
Esp. parede (µm)	3,160	4,651	6,362	0,704	3,143	4,615	6,367	0,756
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,68	<b>0,74*</b>	0,79	0,04	0,64	<b>0,69*</b>	0,73	0,03

\* Denota médias diferentes significativamente, ao nível de 95% de probabilidade, na variável entre as posições pré e pós 1987.

Embora a região do estudo não se caracterize como ambiente xérico, segundo Hubbell & Foster (1986) e Denslow & Hartshorn (1994), a intensidade luminosa e a insolação diária são maiores em clareiras e a luz incidente possui qualidade espectral diferente daquela sob o dossel fechado. Na clareira, há maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, que tem importância vital no desenvolvimento de plantas. Whitmore (1978, 1996) e Brown (1993) apontam a intensidade de radiação incidente na clareira como a principal variável, controlando as demais variáveis microclimáticas. Brokaw (1985a) cita que, em um ambiente de clareira, a umidade do ar é comparativamente baixa, enquanto a evapotranspiração é maior que na floresta fechada. Essas condicionantes podem justificar as alterações sofridas na anatomia de *C. langsdorffii*, especialmente para frequência de vasos.

Os raios apresentaram valores médios de largura para os ambientes pré e pós, de 45,05µm e 41,06µm respectivamente. Raios com duas células de largura são mais característicos de ambientes com temperaturas mais altas, já os raios com quatro ou mais células estão associados a ambientes mais úmidos (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002).

A abertura de clareira caracterizada pelo ambiente pós 1987 apresentou redução na largura dos raios na ordem de 8,86%. Essa redução pode estar associada ao aumento da frequência dos vasos, uma vez não ter ocorrido uma redução do diâmetro dos mesmos. Provavelmente, a proporcionalidade dos vasos em relação aos raios vasculares deve ter se alterado.

#### 4.3.1.2 Química macro e micronutrientes

A aplicação da técnica de ICP OES possibilitou a determinação da quantidade total dos macros e micronutrientes no lenho das quatro árvores de *C. langsdorffii*. Assim, foi possível estabelecer um comparativo entre os valores obtidos nas posições pré e pós 1987.

Os resultados da análise do lenho de *C. langsdorffii*, para os lenhos formados antes e após 1987 (figura 18), mostraram que não houve diferenças significativas para os 10 elementos

detectados na análise ICP OES. Contudo, é possível observar que de maneira geral, todos os elementos tiveram acréscimo quantitativo, com exceção do ferro (Fe) e do manganês (Mn).

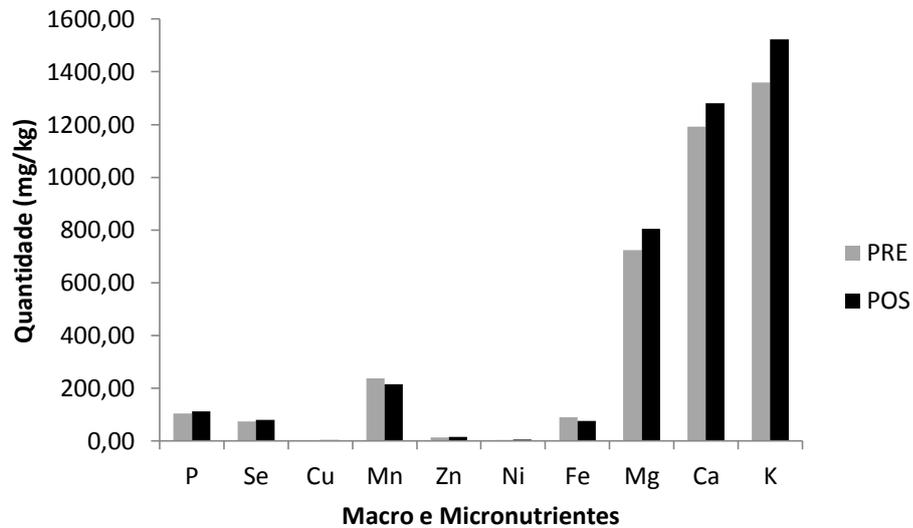


Figura18 – Diferenças de macro e micronutrientes entre os lenhos formados antes e após a exploração florestal.

As diferenças não significativas entre os macros e micronutrientes, entre as duas posições radiais (Pré e Pós), nas árvores de *C. langsdorffii*, podem estar relacionados com a intensidade de abertura de clareira provocada pela atividade do manejo. Possivelmente, esta não foi suficiente para alterar a química da madeira num período de 10 anos.

Entre os micronutrientes, os elementos que apresentaram incrementos percentuais mais elevados entre as posições foram o Cu e o Ni com aumentos do pré e pós 87 de 100,83% e 70,93% respectivamente (figura 19). Estes estão expressos em mg/kg (ppm) para as médias das concentrações obtidas nos ambientes pré e pós 1987.

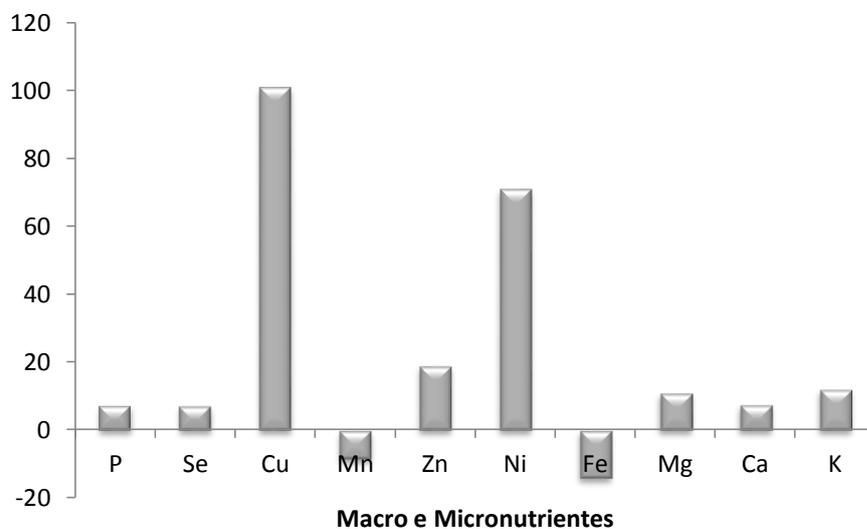


Figura19- Percentuais de acréscimo entre os ambientes pré e pós 1987 para os macros e micronutrientes em *C. langsdorffii*

De acordo com Marschner (1986), a principal função do cobre no metabolismo vegetal é como ativador ou componente de enzimas que participam de reações de oxi-redução. O autor cita que estas enzimas, contendo cobre, atuam no transporte eletrônico com mudança de valência – plastocianina, lacase, oxidase do ácido ascórbico e complexo da oxidase do citocromo, e no transporte eletrônico sem mudança de valência – oxidase da amina, tirosinase, oxidase da galactose. Em plantas deficientes em cobre, a taxa fotossintética é reduzida por uma série de razões. Mais de 50% do cobre localizado nos cloroplastos estão ligados à plastocianina, que é um componente da cadeia de transporte de elétrons do Fotossistema I, o qual tem sua atividade drasticamente afetada em plantas deficientes no elemento. Hewitt & Smith (1975), relataram que a concentração ótima de cobre na maioria das plantas, geralmente, está entre 5-20 ppm na matéria seca. Deficiências são prováveis quando seu teor na matéria seca encontra-se em níveis inferiores a 4 ppm. O valor médio encontrado nos anéis do ambiente pré 1987 estava abaixo dessa faixa mínima (2,11 ppm), passando no ambiente pós 87 para 4,24 ppm. O efeito da abertura de clareira pode ter influenciado positivamente na absorção deste micronutriente, pela necessidade de melhor aproveitar a radiação solar para melhorar sua taxa fotossintética pela maior disponibilidade de luz em sua área de copa.

Com relação ao elemento Ni, López & Magnitskiy (2011) relevam que sua importância está diretamente relacionada a hidrólise de uréia, interferindo, também, em outros processos fisiológicos como a fixação de nitrogênio.

Dentre os fatores que influem na atividade enzimática do solo, estão a concentração do substrato, nível de umidade, temperatura e pH do solo (SANTOS *et al.*, 1991; SILVA *et al.*, 1995; ARUNACHALAN & MELKANIA, 1999).

Gould *et al.* (1973) apontam que a velocidade de hidrólise da uréia é aumentada com um decréscimo no nível de água no solo. A temperatura tem influência marcante na atividade de urease, sofrendo acréscimo com um aumento de temperatura de 10 a 40 °C (BREMNER & MULVANEY, 1978 e LONGO *et al.*, 1991). Pettit *et al.* (1976), ralizaram o pH na atividade da urease e encontraram valor ótimo para a urease do solo entre 6,5 e 7,0. Com exceção do pH, os componentes água no solo e temperatura sofreram alterações em função da abertura de clareira, contribuindo de forma positiva pra o acréscimo de Ni nos ambientes pré e pós 1987.

Os indivíduos de *C. langsdorffii* do estudo apresentaram aumento na concentração de Ni do ambiente pré para o pós 1987, em um percentual de 71%, saindo de 3,08 ppm para 5,06 ppm (Tabela 6).

Tabela 6 - Demonstrativo das concentrações média (mg/kg) e percentual da relação entre os ambientes pré e pós 1987.

Posição	Nutrientes									
	P	Se	Cu	Mn	Zn	Ni	Fe	Mg	Ca	K
PRE	105,04	74,72	2,11	236,96	14,05	3,08	90,11	724,38	1192,5	1359,2
POS	112,73	80,12	4,24	216,67	16,73	5,26	77,30	803,91	1281,1	1523,4
ACRESC.*	7,32	7,23	100,84	-8,56	19,03	70,93	-14,21	10,98	7,43	12,08

\* Acréscimo ou decréscimo

Observa-se que os macronutrientes K, Mg e Ca apresentaram percentuais interessantes, quando suas médias foram comparadas entre os ambientes pré e pós 1987.

Dünisch *et al.* (1998), estudando a quantidade de K nas células do floema, câmbio e xilema para *Picea abies*, encontraram um aumento do teor de K, particularmente durante alargamento celular simplástico, indicando a forte participação deste elemento nos tecidos meristemáticos dos vegetais. O crescimento percentual do elemento K, observado no pós 1987, indica ser esse acúmulo maior de K como sendo o responsável pelo maior incremento

diamétrico observado nos estudos de dendrocronologia para a espécie *C. langsdorffii*, apresentado no Capítulo I desta tese.

Marschner (1986), em seus estudos com o elemento Ca, concluiu que a deficiência deste elemento promove a desintegração da parede celular e um colapso nos tecidos dos pecíolos e das partes mais novas do caule. O acréscimo percentual de Ca, apresentado no ambiente pós 1987, pode ser uma resposta à necessidade da espécie em lignificar uma maior quantidade de células produzidas pela ação da abertura de clareira.

#### 4.3.2 Efeito do fator distância do toco remanescente

##### 4.3.2.1 Propriedades anatômica e física

Analisando a tabela 7, observa-se que somente as variáveis frequência de vasos, comprimento de vasos e comprimento de fibra apresentaram diferenças significativas entre os lenhos formados em distâncias até 30 metros (AT 30m) e acima de 30 metros (AC 30m).

A média para frequência de vasos foi de 6,28 vasos/mm<sup>2</sup> e 4,95 vasos/mm<sup>2</sup> para os ambientes Toco AT 30m e Toco AC 30m respectivamente. Outras duas variáveis, com diferenças significativas (comprimento de vasos e comprimento de fibra), também demonstraram comportamento de redução em suas médias do ambiente AT 30 para o AC 30m.

Os resultados das árvores mais próximas ao toco não acompanharam os resultados encontrados para posição pré e pós 1987 com relação à frequência de vasos, devido a maior insolação e conseqüente maior evapotranspiração. Com relação ao comprimento dos elementos de vasos, nota-se na tabela 7 um aumento dos valores médios encontrados para a posição AT 30. As árvores mais próximas da clareira (AT 30) deveriam apresentar um maior efeito da evapotranspiração, logo de características mais secas que os ambientes com cobertura florestal. Esses resultados, encontrados para as posições AT 30, contrariam resultados obtidos por Carlquist & Hoekman (1985), já que os elementos de vasos mais longos que a média foram observados em ecossistemas méxicos, e os de Baas *et al.* (1983) obtidos para espécies hidrófilas. Entretanto, a área da clareira não deve ser considerada como o único fator a influenciar respostas climáticas (DENSLOW & HARTSHORN, 1994); devem, sim, também ser considerados, ao se comparar variações microclimáticas entre clareiras, a exposição da vertente, o contexto topográfico e as características da vegetação circundante (altura e espessura da folhagem), (BROKAW 1985b, COLLINS *et al.* 1985, LIMA & MOURA 2006). Para a área de floresta deste estudo, a exposição da vertente pode ter tido maior influência nos resultados obtidos.

Tabela 7 - Valores mensurados para variação dos elementos anatômicos de *C. langsdorffii* para Toco AT 30 e AC 30

VARIÁVEL	POSIÇÃO RADIAL							
	Toco AT 30 m				Toco AC 30 m			
	Mín	Média	Máx	DP	Mín	Média	Máx	DP
<b>Vasos:</b>								
Frequência NV/mm <sup>2</sup>	3,00	<b>6,28*</b>	9,00	1,51	2,00	<b>4,95*</b>	8,00	1,36
Comprimento (µm)	109,38	310,00*	505,76	86,51	93,44	285,4*	492,3	96,01
Diâmetro (µm)	66,91	119,17	185,43	22,23	54,71	118,81	194,4	29,05
<b>Raios:</b>								
Altura (µm)	93,83	405,50	806,92	163,55	109,80	382,92	844,2	147,96
Largura (µm)	13,01	41,72	75,52	14,66	14,37	44,25	67,68	13,51
<b>Fibras:</b>								
Comprimento (µm)	852,23	<b>1397,3*</b>	2121,6	215,83	946,72	<b>1311,7*</b>	1626,6	146,49
Esp. total (µm)	14,57	21,71	38,45	3,79	15,15	21,40	34,63	3,30
Esp. parede (µm)	3,05	4,62	7,04	0,74	2,79	4,63	7,43	0,87
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,5190	0,7304	0,8850	0,0739	0,6080	0,6918	0,9030	0,0493

Estatisticamente não houve diferença entre as médias de densidade aparente entre as distâncias AT 30 e AC 30m. No entanto, foi mantido a tendência de redução da densidade para as árvores mais distantes da clareira (toco). Essa tendência de redução também foi encontrada na avaliação radial da densidade no sentido medula-casca para a espécie, indicando, assim, uma possível baixa influência das ações promovidas pelo manejo (abertura de clareira) na densidade aparente da *C. langsdorffii*.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste capítulo permitem concluir que:

- (i) a frequência de vasos tanto para a posição (pós 1987), quanto para distanciamento em relação ao toco (AT 30m), apresentaram comportamentos adequados para ambientes mais secos e de maior competição por nutrientes e água;
- (ii) não houve diferença significativa para diâmetro dos vasos, porém o comportamento para o ambiente pós 87 e para maior distância em relação ao toco, atende ao comportamento indicado para ambientes mais secos;
- (iii) a densidade aparente apresentou redução no pós 87, corroborando com os valores obtidos para frequência de vasos;
- (iv) a redução de densidade apresentada pela espécie foi da ordem de 6,8% porém a *C. langsdorffii* permaneceu na mesma classe intermediária de massa específica aparente;
- (v) a abertura de clareira promoveu a redução na largura dos raios da *C. langsdorffii*, pela possível adaptação da espécie ao ambiente com temperaturas mais altas;
- (vi) a abertura de clareira, promovida pela exploração florestal, altera o processo de absorção de macro e micronutrientes no lenho;
- (vii) o aumento da atividade fotossintética está relacionado à maior fixação do micronutriente Cu no lenho de *C. langsdorffii*;
- (viii) o efeito antrópico da abertura de clareira promoveu alterações microclimáticas, que afetaram a disponibilidade de água no solo e a temperatura, e estas alterações possibilitaram maior fixação de Ni.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. R. **Anatomia comparada do lenho e do carvão aplicada na identificação de 76 espécies da floresta Amazônica, no estado do Pará - Brasil**. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2012, 249p.
- ALENCAR, J.C.; ALMEIDA, R.A. de; FERNANDES, N. P. **Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central**. Acta Amazônica, Manaus, v.9, n.1, p.163-198, 1979.

ALMEIDA, C. I. M.; LEITE, G. L. D.; ROCHA, S. L.; MACHADO, M. M. L. and MALDONADO, W. C. H., **Fenologia e artrópodes de *Copaifera langsdorffii* Desf. no cerrado**. [Phenology and arthropods of *Copaifera langsdorffii* in the cerrado]. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais [Brazilian Journal of Medicinal Plants] 8: 64–70, 2006.

ALVES, E.S. & V. ANGYALOSSY-ALFONSO. 2000. **Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species**. 1. Growth rings and vessels. IAWA Journal.21: 3--30.

ALVES, E.S. & V. ANGYALOSSY-ALFONSO. 2002. **Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species**. 1. Axial parenchyma, rays and fibres. IAWA Journal. 23: 391--418.

AMOROZO, M.C.M. **Algumas notas adicionais sobre o emprego de plantas e outros produtos com fins terapêuticos pela população cabocla do município de Barcarena, PA, Brasil**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série botânica, v.9, n.2, 1993.

ARAUJO, P.A. de M.; MATTOS FILHO, A. de. **Estrutura da madeira de *Goupia glabra* Aubl. (GOUPIACEAE)\* - (III)**. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v.19, p.149-153, 1973.

ARCE, M. DE L. R. 1991. **Notes on *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) Burkart** (Leguminosae: Mimosoidae). Kew Bulletin. 47: 699-702.

BALÉE, W. **Footprints of the Forest – Ka’apor ethnobotany – the historical ecology of Plant Utilization by an amazonian people**. New York: Columbia University Press, 1994.369p.

BAAS, P. 1973. **The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance**. Blumea.21: 193--258.

BAAS, P. 1982. **Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy History and perspectives**. In New perspectives in wood anatomy. Baas, P. (ed.) The Hague Martinus Nijhoff Publishers.23--58.

BARBOSA, O. 1981. **Características estruturais do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. e *Copaifera lucens* Dwyer**. Silvicultura, 15(16):23-26.

BARETTA-KUIPERS, T. 1981. **Wood anatomy of Leguminosae: its relevance to taxonomy**. In **Advances in legume systematics** (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. p. 677-715.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB.21 **Tapajós; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1979. (Levantamento de recursos naturais, v. 07).

BELINI, U.L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M.P.; DIAS, C.T.S. **Caracterização da estrutura anatômica, densidade básica e morfologia de cavacos da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de painéis MDF**. Revista Árvore, Viçosa, v.32, n.4, p.707-713, 2008.

BROWN, N. 1993. **The implications of climate and gapmicroclimate for seedling growth conditions in a Bornean lowland forest**, Journal of Tropical Ecology 9:153-168.

BUILES, C. R. **Potencial dendrocronológico de árvores de lá Amazônia Colombiana**. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magíster en Estudios Amazónicos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia, Leticia, Colombia, 2013, 108p.

CARLQUIST, S. **Ecological strategies of xylem evolution**. Berkeley, University of California Press, 1975.

CARVALHO, P. E. R., Comunicado Técnico – **Farinha Seca, *Albizia niopoides***, ISSN 1517-5030 Colombo, PR Julho, 2009.

NAHUZ, M. A. R.; MIRANDA, M. J. A. C.; YAMAMURA, P. K; PIGOZZO, R. J. B.; UOJO, T. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**, 2013.

CECCANTINI, G. **Anatomia ecológica de espécies de cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. e *Machaerium villosum* Vog.** 1996. 117f. Dissertação Mestrado em Cim villosum Vog. 1996. 11

DENSLOW, J.S. & HARTSHORN, G.S. 1994. **Tree-fall Gap Environments and Forest Dynamics Processes**. In *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical RainForest* (L.A. Mcdade, K.S. Bawa, H.A. Hespenehede & G.S. Hartshorn, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.120-127.

DOS SANTOS, S. R.; MARCHIORI, J. N. C. **Tendências anatômicas na flora Sul-Rio-Grandense. 1- Elementos vasculares**. BALDUINIA. n. 21, p. 01-14, 15-IV-2010

ESAU, K. 1974. **Anatomia das plantas com sementes**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GARCIA, L.C.; LIMA, D. de. **Fenologia reprodutiva de espécies florestais da Amazônia. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental**, 1998, 2p. (Embrapa Amazônia Oriental).

GASSON. 1994. **Wood anatomy of the tribe Sophoreae and related Caesalpinioideae and Papilionoideae**. In *Advances in legume systematic* (I. K. Ferguson & S. Tucker, eds.). p. 165-203.

GUERRA, M. E. C.; Filho; and GALLÃO, M. I. **Seed, Seedlings and Germination Morphology of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae)**. Cerne, Lavras 12: 322–328, 2006

GONÇALVES, M. P. M.; COFFLER, R.; CARVALHO, A. M. de; GARCIA, R. A. **Variação radial da densidade básica e comprimento das fibras da madeira de *Tectona grandis* L.** FLORAM, v.14, n.1, p. 70 - 75, 2007.

HUBBELL, S.P. & FOSTER, R.B. 1986. **Canopy gaps and the dynamics of a neotropical forest**. In *Plant Ecology* (M. J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific, Oxford, p.77-96.

HIRAI, E. H.; CARVALHO, J. O. P. de; PINHEIRO, K. A. O., **Comportamento populacional de cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) em floresta de terra firme na fazenda Rio Capim, Paragominas (PA)**, Rev. ciênc. agrár. Belém, n. 47, p. 89-101, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. 2ª ed. São Paulo: IPT, 1989a. 418p. (publicação IPT No 1791).

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Madeiras Tropicais Brasileiras**. Brasília: IBAMA-LPF, 1997a. 152p.

JACOME, R.R.; QUEIROZ, W.T. de; BARROS, A.V. de. **Análise estrutural de uma área florestal situada no planalto de Curuá-Una, Pará**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FCAP, 9; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL, 3. 1999, Belém. Resumos... Belém: FCAP, 1999. p. 277-279.

JOHNS, J. S.; BARRETO, P.; UHL, C. **Os danos da exploração de madeira com e sem planejamento na Amazônia Oriental**. Série Amazônia, Belém: IMAZON, n. 16, 1998. 42p.

LACOSTE, J. F. & ALEXANDRE, D. Y. **Le goupí (*Goupia glabra* Aubl), essence forestière d'avenir en Guyane: analyse bibliographique**. Ann Sci For (1991) 48, 429-441, Elsevier/INRA

LE COINTE, P. **Árvores e plantas úteis (indígenas e aclimadas): nomes vernáculos e nomes vulgares, classificação botânica, habitat, principais aplicações e propriedades**. 2.ed. São Paulo: Companhia editora Nacional, 1947. 506p.

LENS F., LUTEYN, J.L., SMETS, E., JANSEN, S. 2004. **Ecological trends in the wood anatomy of Vaccinioideae (Ericaceae s.l.)**. Flora 199: 309--319.

LEÓN, W. J. **Anatomía de madera en 31 especies de la subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) en Venezuela**. Revista Colombia Florestal, vol. 11, 113 – 135, diciembre, 2008.

LIMA, I. L de; Garcia, R; LOUGUI, E. L.; FLORSHEIM, S. M. B. **Dimensões anatômicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. Em função do espaçamento e da posição radial do tronco**. SCIENTIA FORESTALIS, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 061-068, mar. 2011

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. da; ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1977. 265p. (Trabalho não Publicado)**.

LOUREIRO, A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. da C. **Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: INPA, 1979. v. 1, p. 142-145**.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v.2.

- MAINIERI, C. & CHIMELO, J.P. 1989. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de São Paulo, São Paulo.
- MALAN, F.S. Eucalypts improvement for lumber production. In: **Seminário internacional e utilização da madeira de eucalipto para serraria, São Paulo**, 1995. Anais... Piracicaba: IPEF; IPT;IUFRO;ESALQ, 1995. p.1-19.
- MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. **Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado**. *Revista Brasileira de Botânica*, v.24, n.3, p. 311-320, 2001.
- MARENCO, J. A. **On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3, 1-19, 2006.
- MATTOS, P. P. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal de Nhecolândia, MS**. Tese da Pós-Graduação da UFPR, 1999, 128p.
- MELO JÚNIOR, J. C. F.; CECCANTINI, G.; BONA, C. **Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro**. *Iheringia, Porto Alegre*, v. 66, n.2, p. 189-200, 2011.
- METCALF, C. R. & CHALK, L. 1989. **Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction**. Oxford University Press, Oxford. 297 p.
- ORIAN, G.H. 1982. **The influence of tree-falls in tropical forestin tree species richness**. *Tropical Ecology* 23:255-279.
- PARROTA, J.A.; FRANCIS, J.K.; ALMEIDA, R.R. **Trees of the Tapajos: a photographic field guide. Rio Piedras**: International Institute of Tropical Forestry, 1995. 370p. (IITF. General Technical Report).
- PAVIANI, T. I. 1977. **Estudo morfológico e anatômico de *Brasília sickii* G. M. Barroso II: anatomia da raiz, do xilopódio e do caule**. *Revista Brasileira de Biologia*, 37(2):307-324.
- PAVIANI, T. I. 1978. **Anatomia vegetal e cerrado**. *Ciência e Cultura*, São Paulo. p. 1076-1086.
- PEREIRA JR., R.; ZWEEDE, J.; ASNER, G. P.; KELLER, M. **Forest canopy damage and recovery in reduced-impact and conventional selective logging in eastern Para, Brazil**. *Forest Ecology and Management*, n. 5778, p. 1–13, 2002.
- POCKMAN, W.T. & J.S. SPERRY. 2000. **Vulnerability to xylem cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation**. *American Journal of Botany*.87: 1287--1299.
- POTT, A. E POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA - SPI, 1994.
- RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. F.; PASTRO, M. S.; SOUZA, M. T. de; GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M. de. **Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de**

*Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. SCIENTIA FORESTALIS, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 411-418, dez. 2011.

REVILLA, J. **Plantas úteis da bacia amazônica. Manaus: INPA/SEBRAE, 2002. v.1.**

RIBEIRO, B.G. **Dicionário do artesanato indígena.** Belo Horizonte: Itatiaia, 1988. 343p. (Coleção Reconquista do Brasil. 3. Série especial, v. 4).

RIOS, M. N. S.; VIANA, C. A. S.; PAIVA, A. O.; JARDIM, C. V.; ROCHA, N. M. S.; PINAGE, G. R.; ARIMORO, O. A. S.; SUGANUMA, E.; GUERRA, C. D.; ALVEZ, M. M.; PASTORE, J. F. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral.** Brasília: Universidade de Brasília, Biblioteca Central, 2011.3140 p: il.

ROQUE, R.M.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da estrutura anatômica do lenho de árvores de *Gmelina arborea* em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v.37, n.83, p.273-85, 2009.

ROCHA, F.T.; FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z. **Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos.** Revista Instituto Florestal, São Paulo, v.16, n.1, p.43-55, 2004.

RUDD, V.E. **Caesalpinioideae. In: Flora of Ceylon, Volume 7** (eds. M.D Dassanayake and FR Fosberg). Smithsonian Institution and National Science Foundation, Washington DC, USA, 1991.

RUSCHEL, A.R. et al. **Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da floresta estacional decidual do Alto-Uruguai, SC.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.13, n.1, p.153-166,2003.

SAMPAIO, P.T.B. **Copaíba. In: CLAY, W; SAMPAIO, P.T.; CLEMENT, C.R. Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização, por Manaus: [INPA],2000. p. 207-215, 2000.**

SANTINI JÚNIOR, L. **Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no Estado de São Paulo - Programas "São Paulo Amigo da Amazônia" e "Cadmadeira".** Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2013, 272p.

SCUDELLER, V. V.; BARBOSA, K. S.; SANTOS-SILVA, E. N. **Distribuição das espécies do gênero *Copaifera* l. na Amazônia Legal e aspectos morfológicos de *C. multijuga* Hayne da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-Am.** Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central volume 2, UEA Edições, Manaus, 2009.

SOUZA, J. P. B., ***Copaifera langsdorffii*: estudo fitoquímico, validação de métodos cromatográficos e análise sazonal,** 2011, 179 p.; 30 cm – Tese de Doutorado.

SCHULTES, R.E.; RAFFAUF, R.F. **The healing forest: medicinal and toxic plants of thenorthwest Amazonia.** Portland: Dioscorides Press, 1990. 483p. (Historical, Ethno & Economic Botany Series. v.2).

SHIMOYAMA, V.R. de S. **Estimativas de propriedades da madeira de *Pinus taeda* através do método não destrutivo emissão de ondas de tensão, visando à geração de produtos de alto valor agregado.** 2005. 151f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SOUSA, M. A. R de. **Anatomia ecológica do lenho de árvores de *Mora paraensis* (Ducke) Ducke ocorrentes em várzea estuarina no Estado do Amapá.** Dissertação (Mestrado) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, 2011, 88f.

TREVISOR, T. T., **Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical amazônica no estado do Pará.** Dissertação (Mestrado) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011, 214 p.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*.** CERNE (UFL), v. 2, n.1, p. 94-111, 1996.

VENTURIN, P. et al. 1996. **Fertilização de plântulas de *Copaifera Langsdorffii* (óleo copaíba).** Revista Cerne, 2(2): 31-47.

VITAL, B.R. 1984. **Métodos de determinação de densidade da Madeira.** Viçosa, UFV.

VOIGT, A.R.A. **Anatomia comparada do lenho da espécie *Caryocar brasiliense* camb. (Caryocaraceae) em áreas de cerrado no sudeste e centro-oeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

VOZZO, J.A., **Tropical Tree Seed Manual.** USDA Forest Service, Washington, D.C.2002.

WHEELER, E. A. & BASS, P. 1991. **A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy.** IAWA Bulletin, 2:3-24.

ZIMMERMANN, M.H. 1983. **Xylem structure and the ascent of sap.** Springer, Berlin Heidelberg, New York.

ZOBEL B.; B.VAN BUIJTENEN **Wood variation: its causes and control.** Nova York: Spring-Verlag, 1989. 363p.