

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito dos tratamentos culturais e qualidade de mudas na restauração
florestal de matas ciliares do Rio Tietê em Borborema, SP**

Daniela da Silva Pereira

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestra em Ciências, Programa:
Recursos Florestais. Opção em
Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2012

Daniela da Silva Pereira
Engenheira Florestal

**Efeito dos tratos culturais e qualidade de mudas na restauração florestal de
matas ciliares do Rio Tietê em Borborema, SP**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO YOSHIO KAGEYAMA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em Conservação de
Ecossistemas Florestais

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Pereira, Daniela da Silva

Efeito dos tratos culturais e qualidade de mudas na restauração florestal de matas ciliares do Rio Tietê em Borborema, SP / Daniela da Silva Pereira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.
120 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Cultivo em tubete 2. Florestas - Restauração 3. Inundações 4. Manejo florestal
5. Matas ciliares 6. Mudas - Qualidade 8. Plantas nativas I. Título

CDD 634.97
P436e

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

DEDICO

Aos meus amados pais **Maria de Lourdes e Joaquim Antônio** pelos valores e princípios ensinados, pela formação investida, pela vida que me ofereceram, pelo apoio a cada decisão escolhida e principalmente pela nossa família.

A minha melhor amiga, querida companheira, fiel cúmplice, adorável conselheira e amada irmã **Renata Paredes**, presente em todos os bons e não tão bons momentos.

OFEREÇO

A paciente, dedicada, responsável, adorável, a minha amada irmã **Juliana Pereira**. Por toda a dedicação, apoio e ajuda. Minha melhor estagiária, perfeita secretária e companheira de todas as horas.

AGRADECIMENTOS

A DEUS e à nossa SENHORA pela dádiva da vida.

À ESALQ pela oportunidade de formação e sua qualidade de ensino.

Ao Prof. Paulo Kageyama pela oportunidade, orientação, pelo apoio em todas as decisões e pela convivência tão agradável nos trabalhos do dia-dia.

Ao Prof. José Luiz Stape pela orientação, incentivo e por toda sua dedicação.

Aos professores que colaboraram com a pesquisa em temas específicos abordados: ao Prof. Silvio Ferraz, ao Prof. Paulo Libardi, ao Prof. Ricardo Shirota.

Às companheiras inesquecíveis, tão queridas irmãs da república Maga Donaire.

Ao Grupo Florestal Monte Olimpo pelas oportunidades, pela formação prática e principalmente pelos amigos e companheiros eternos.

Ao convênio ESALQ/USP – AES-Tietê pela oportunidade de pesquisa e formação.

À equipe inicial da AES-Tietê, Jocelino, José L. Simionato, Donizete Barbosa, Samy Hotimsky, pela experiência profissional repassada e apoio a pesquisa desenvolvida.

Pelo apoio e colaboração dos sócios do viveiro Camará: Lott, Nogueira e Madashi.

Aos pós-graduandos Eduardo Gusson, Otávio Campoe e Marina Gentil pela colaboração na formação profissional.

Ao Clayton Alcarde Alvares pela colaboração e apoio na fase final da dissertação.

Ao Gustavo Dobner pelo apoio na fase final da dissertação.

À equipe interna do projeto: Ana Paula Ferrez, Paulo Molin, Talita Leme; aos estagiários: Frederico Miranda, Rebeca Lima, Mariana Rebuci, Susane Rasera, Renata Melo, Renata Gatti, Carla Chiles, Luisa Nogali, Mariana Gomes, ao Grupo Florestal Monte Olimpo. A Gabriela Lopes, Renan Camargo, Hugo Pereira. Agradeço pelo trabalho árduo e muito cansativo em todas as fases do meu projeto, a compreensão nos momentos mais complicados, a dedicação, ao companheirismo e aos agradáveis momentos de descanso.

*A mente que se abre
a uma nova ideia
jamais voltará
ao seu tamanho original*

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO	09
ABSTRACT	11
1. Introdução	13
2. Revisão Bibliográfica	17
2.1 Restauração florestal de matas ciliares	17
2.1.1 Características das matas ciliares de reservatórios	21
2.2 Composição florística	24
2.3 Ecofisiologia florestal	28
2.4 Manejo Silvicultural em restauração florestal	32
2.4.1 Fator qualidade da muda	34
2.4.2 Fator fertilização mineral	39
2.4.3 Fator controle de ervas espontâneas	41
3. Material e Métodos	44
3.1 Caracterização da área experimental	44
3.1.1 Características climáticas	45
3.1.2 Características de solo e relevo	48
3.2 Delineamento experimental	49
3.2.1 Composição florística	51
3.2.2 Fatorial qualidade da muda	53
3.2.3 Fatorial manejo Silvicultural	56
3.3 Avaliação da umidade do solo	60
3.4 Avaliação dendrometria	63
3.5 Amostragem biomassa da copa	64
3.5.1 Cálculo de biomassa da copa	65
3.6 Cálculo de biomassa do lenho	66

3.7 Índice de Área Foliar	67
3.8 Análise estatística	68
4. Resultados e Discussão	68
4.1 Resultados da qualidade de mudas pré-plantio	68
4.2 Resultados Área seca	73
4.2.1 Resultados por tratamento da área seca	74
4.2.1.1 Resultados de biomassa por tratamento	79
4.2.1.2 Resultados de IAF (Índice de Área Foliar) por tratamento	81
4.2.2 Resultados do fatorial manejo silvicultural	83
4.2.2.1 Resultados de crescimento do fatorial manejo silvicultural	84
4.2.2.2 Resultados de IAF (Índice de Área Foliar) do fatorial manejo silvicultural	86
4.2.3 Resultados do fatorial qualidade da muda	87
4.2.3.1 Resultados de crescimento do fatorial qualidade da muda	89
4.2.3.2 Resultados de IAF do fatorial qualidade de mudas	90
4.2.4 Reclassificação das espécies	91
4.2.5 Análise por espécie	94
4.3 Resultados da Área úmida	99
4.3.1 Resultados da análise de umidade do solo	99
4.3.2 Comportamento das espécies por zona de alagamento	100
5 Conclusões	106
REFERÊNCIAS	108
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	118

RESUMO

Efeito dos tratamentos culturais e qualidade de mudas na restauração florestal de matas ciliares do Rio Tietê em Borborema, SP

A restauração florestal em matas ciliares é de suma importância para os processos de recuperação de áreas degradadas e conectividade da flora e fauna. O presente experimento foi instalado às margens do reservatório de Borborema – SP, com o objetivo de averiguar o acúmulo de biomassa de trinta espécies arbóreas nativas frente a dois sistemas silviculturais e dois tipos de recipientes de produção de mudas. O ensaio foi instalado em duas áreas com umidade de solo distintas, sendo uma mais seca, sem encharcamento mesmo em períodos chuvosos, outra mais úmida, com encharcamento. Os sistemas de manejo testados foram: i) convencional e operacionalmente utilizado pela empresa AES-Tietê; e ii) potencial, com maior nutrição e maior controle de mato-competição. Os recipientes de produção de mudas testados foram o tubete pequeno, com 56 cm³; e tubete grande com 290 cm³. O estudo foi instalado em fatorial 2x2, com os fatores Manejo e Tubete e dois níveis de cada fator (potencial e convencional, e tubete pequeno e grande) com quatro repetições na área seca. Não ocorreu interação entre os fatores estudados. Na área seca, o tratamento que utilizou tubete grande e manejo potencial apresentou diâmetro e altura 30% superiores que o tratamento que utilizou tubete pequeno e manejo convencional, e uma superioridade em 70% no Índice de Área Foliar e 62% no acúmulo de biomassa aos dois anos. O tubete grande apresentou sobrevivência de plantio 13% superior ao tubete pequeno e ganho em biomassa média das mudas de 43%. O manejo potencial apresentou área basal superior ao manejo convencional (6,23 *versus* 4,09m²ha⁻¹) e IAF superior (1,28 *versus* 0,58 m²m⁻²). Na área úmida, as zonas de alagamento baixo, médio e total apresentaram área basal decrescentes de 4,4 m² ha⁻¹, 2,6 m² ha⁻¹ e 0,9 m² ha⁻¹. Com esses resultados é possível concluir que as espécies nativas possuem capacidade de melhor desempenho quando produzidas em tubetes maiores e sob sistema silvicultural mais intensivo e que o alagamento (falta de aeração da raiz) é um estresse ambiental que requer melhor compreensão por ser altamente limitante à restauração com as espécies tradicionais.

Palavras-chave: Restauração florestal; Mata ciliar; Tubete; Tratamentos silviculturais; Áreas com alagamento; Espécies nativas.

ABSTRACT

Effect the cultural practices and seedlings quality in forest restoration of the Tiete River's riparian forests in Borborema, SP

Riparian forest restoration is extremely important for the processes of degraded areas restoration and connectivity of flora and fauna. This study was established on the Reservoirs of the Borborema Lake - SP, with the purpose to determine the biomass accumulation of thirty tree species native to two silvicultural systems and two sizes of hard plastic tubes for seedling production. This trial was conducted in two areas with different soil moisture, a more drought, without flooding even during rainy periods, and another more humid, with frequent flooding. The following silvicultural systems were tested: i) traditional, one who is operationally used by the AES Tiete company; ii) potential, with greater nutrition and greater weed control. The containers for seedlings production tested were small hard plastic tubes with 56 cm³, and large hard plastic tubes with 290 cm³. The study was carried out in a factorial 2², with factors such as silvicultural systems and sizes of recipients, being two levels of each factor (potential, traditional, small and large hard plastic tubes) and four replications in a dry area. There was no interaction between the factors studied. In dry area the treatment that used large hard plastic tubes and potential silvicultural system showed diameter and height 30% higher than the treatment that used small hard plastic tubes and traditional silvicultural system, and also a superiority of 70% for the Leaf Area Index and 62% for biomass to two years. The seedlings produced in large hard plastic tubes showed survival at planting 13% higher than those grown in small hard plastic tubes. Was also observed that the mean biomass of seedlings was 43% higher for treatment of large tubes. Potential silvicultural system showed basal area greater than the traditional silvicultural system (6.23 vs. 4.09 m² ha⁻¹) and higher LAI (1.28 vs. 0.58 m² m⁻²). In the wetlands, the zones of low, medium and high flooding frequency showed decreasing basal area of 4.4 m² ha⁻¹, 2.6 m² ha⁻¹ and 0.9 m² ha⁻¹. With these results we can conclude that native species have a higher performance when produced in large hard plastic tubes and under more intensive silvicultural system and flooding (lack of aeration of the root) is an environmental stress that requires better understanding because it is factor highly limiting for the restoration with the traditional species.

Keywords: Riparian forest restoration; Hard plastic tubes for seedling; Silvicultural systems; Humid area; Species native Brasil's.

1. INTRODUÇÃO

O plantio de espécies arbóreas nativas, estrutura verticalmente uma floresta com o objetivo de recuperar uma área degradada. A restauração florestal visa reconstituição integral de um ecossistema, com funções ecológicas de proteção do solo, abrigo e conectividade da fauna. Para o sucesso no desenvolvimento das espécies arbóreas implantadas em uma área de restauração florestal, uma variável que deve ser monitorada a fim de verificar o desenvolvimento da floresta, é a biomassa das plantas. A implantação e manutenção das espécies nativas deve ter excelência em todas as fases para que o crescimento das plantas seja satisfatório.

O planejamento estratégico de um reflorestamento deve identificar as deficiências nas atividades silviculturais que podem afetar o desenvolvimento da floresta. Os fatores que influenciam diretamente o arranque inicial da floresta estão relacionados à qualidade das mudas implantadas e práticas silviculturais intensivas nos dois primeiros anos ou até o fechamento das copas.

Atualmente o plantio de espécies arbóreas nativas no Estado de São Paulo tem como base o Código Florestal, que determina a conservação de APP (Área de Preservação Permanente) e RL (Reserva Legal), conforme o empreendimento rural. No estado de São Paulo a Resolução SMA – 8/ 31-1-200 determina que no mínimo 80 espécies devam ser plantadas em qualquer composição de APP e RL. A Resolução SMA 47/2003 do estado de São Paulo orienta a realização de reflorestamento com grande biodiversidade. A listagem de espécies é dada pela Resolução SMA 8/2007.

A diversidade de espécies provoca dificuldades no manejo, ao se deparar com as diferentes exigências de cada uma, principalmente quanto ao teor de umidade do solo que cada espécie suporta e a demanda nutricional. Para reflorestamento em margens de reservatórios de hidrelétrica esse impasse ocorre porque esses locais não são necessariamente mata ciliares típicas, considerando tipo de solo e teor de umidade, pois os reservatórios muitas vezes foram instalados em locais distante do leito original do rio. Dessa forma, é possível encontrar áreas com características de solo mais secos que de uma mata ciliar típica.

Determinar o grupo de espécies que melhor se adapta a área em questão é uma tarefa que facilita o manejo e garante o menor custo das operações. A

sobrevivência das espécies é um fator que agrega o sucesso na implantação de APP e RL. O objetivo da restauração de uma área degradada com reflorestamento de espécies arbóreas nativas é alcançar uma floresta que cumpra seu papel ecológico, mesmo que em longo prazo. Quando os fatores que prejudicam a sobrevivência das espécies são eliminados, se torna mais fácil atingir esse objetivo.

O sistema silvicultural adotado para a restauração de áreas degradadas deve considerar que nesses locais o estresse ambiental impede o desenvolvimento das plantas. O bom manejo silvicultural visa diminuir os estresses de deficiências nutricionais e de competição pelos recursos naturais com ervas espontâneas.

Quando ocorre o fechamento das copas em uma floresta, a infestação de ervas espontâneas diminui com o sombreamento nas entrelinhas. Partindo desse pressuposto, práticas devem ser adotadas a fim de acelerar o processo de desenvolvimento do dossel, alcançando o fechamento das copas em um período menor.

Com a ausência da mato-competição, o desenvolvimento das espécies arbóreas é acelerado, evitando a competição por recursos naturais e abafamento das mudas. Esse fator permite que o incremento de biomassa seja maior em menor tempo, o que diretamente favorecer o fechamento das copas.

As áreas em margem de reservatórios normalmente são heterogêneas, por isso, apresentam teores de umidade de solo distintos na mesma localidade. Verificou-se que a umidade do solo é um fator que influencia nas atividades de manejo e na fertilização aplicada. O excesso de água no solo compromete a sobrevivência e o desenvolvimento das plantas que não são adaptadas a um ambiente com oxigênio restrito nas raízes.

A partir disso, o que se busca com esse trabalho, é dimensionar o comportamento das espécies em sítios com umidades de solo distintas, causada principalmente pela má drenagem da água. Busca-se verificar qual a importância da qualidade das mudas e o tipo de manejo utilizado, para obter uma área reflorestada com sucesso.

Os objetivos desse trabalho foram: i) identificar qual o sistema silvicultural que diminui os estresses ambientais que compreendem o melhor desenvolvimento das espécies nativas em resposta ao acúmulo de biomassa (sistema convencional ou potencial); ii) identificar qual a qualidade de muda, diferenciada pelo tamanho do

recipiente de produção, tubete pequeno de 56 cm³ e tubete grande de 290 cm³, que proporciona melhor desenvolvimento das espécies nativas em áreas degradadas; iii) qual sítio localizado no entorno de reservatório de uma usina hidroelétrica, com características distintas de umidade de solo, proporciona maior acúmulo de biomassa para espécies nativas; iv) identificar quais espécies são mais responsivas ao aumento do tubete e ao sistema silvicultural.

Assim as hipóteses testadas nessa dissertação de mestrado foram:

i. O manejo potencial, caracterizado por maior controle de mato competição e melhores condições de nutrição das plantas, diminuirá os estresses ambientais da área degradada, acelerando o desenvolvimento e acúmulo de biomassa até o segundo ano das 30 espécies nativas.

ii. As mudas produzidas em tubetes grandes com 290 cm³ terão maior acúmulo de biomassa, aos dois anos de idade, em relação ao tratamento que utilizou mudas produzidas em tubetes pequeno de 56 cm³;

iii. Será notado maior desenvolvimento e melhor sobrevivência no sítio menos úmido, devido ao menor estresse de alagamento.

iv. As espécies de crescimento lento serão mais responsivas ao tamanho do tubete de produção de mudas.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Restauração florestal de matas ciliares

O termo recuperação de área degradada é considerado um termo genérico para MINTER (1990), já que é definido como todos os aspectos do processo que visam à obtenção de uma nova utilização para uma área degradada. Pensando em recuperação de matas ciliares degradadas, o objetivo é fazer com que a floresta restaurada cumpra com seu papel de proteção do solo, do microclima e reconstituição da paisagem (MINTER, 1990).

Área degradada é descrita por REIS, ZAMBONIN E NAKAZONO (1999) como sendo a área que sofreu impacto de forma a impedir ou diminuir drasticamente sua capacidade de “retornar” ao estado original, através de seus meios naturais, sendo que essa capacidade de regeneração natural é chamada de resiliência ambiental. Já uma área perturbada é caracterizada por ter sofrido distúrbio, mas ainda possui a capacidade de regeneração biótica (KAGEYAMA et.al.,1992; CARPANEZZI et. al.,1990).

Muitos biomas com alto grau de diversidade funcional, relacionado com a biologia reprodutiva das espécies, herbivoria, competição e a atividade de patógenos, são extremamente complicados de serem restaurados em florestas novas, dessa forma, as plantações com várias espécies locais pode colaborar na estrutura da formação florestal, facilitando a colonização das comunidades epífitas, lianas, arbustos e ervas o que conquista a fauna local (FERREZ, 2010).

O reflorestamento em microbacias hidrográficas permite que a dinâmica do ecossistema florestal seja estruturada em uma área ripária, a qual garante que os processos hidrológicos ocorram em condições básicas, com fatores importantes para a manutenção e estabilidade da microbacia (ZAKIA, 1998).

Os processos influenciados pela proteção estabelecida por uma floresta riparia são: processo de geração do escoamento direto de chuva, atenuação do pico das cheias, dissipação de energia do escoamento superficial pela rugosidade das margens, equilíbrio térmico da água, estabilidade das margens e barrancos, ciclagem de nutrientes e controle da sedimentação (ZAKIA, 1998).

Sabe-se que a área que constitui a zona riparia abrange a ribanceira do terreno e a planície de inundação, a partir de suas condições edáficas específicas. À

floresta desempenha a melhoria da qualidade da água e a diminuição do escoamento artificial e do assoreamento do curso hídrico (LIMA, 2008).

A floresta apresenta uma importante função nas zonas de grande precipitação. Ela é capaz de amenizar e retardar o escoamento superficial da chuva favorece a infiltração pela retenção temporária e absorção parcial de água na serapilheira, e diminui a velocidade do escoamento sub-superficial (LIMA, 1986).

Entre as áreas mais altas da bacia hidrográfica e o rio, existe a mata ciliar que é capaz de amenizar a temperatura do ecossistema, além de regular fluxo de água de precipitação e de sedimentos, atuando também como filtro, sendo que essas funções são designadas como “sistema tampão”. As matas ciliares constituem a proteção mais eficiente dos solos, na sua ausência, ocorre erosão acelerada das margens e os detritos alcançam a água, ocorre à diminuição da vazão do leito pelo assoreamento e alterações drásticas ao biossistema aquático (CORBERTT e LYNCH, 1985).

O manejo sustentável de plantações florestais deve estabelecer a reconstituição integral de um ecossistema encontrado em bacias hidrográficas. As matas ciliares contribuem para o fluxo gênico que interage entre fragmentos florestais, contanto que a faixa de mata tenha largura suficiente para contemplar também espécies de terra firme (ZAKIA, 1998; LIMA, 1986).

A diversidade de espécies arbóreas importante para suprir a demanda dos modelos de restauração florestal baseados na sucessão secundária, deve estabelecer uma dinâmica de recuperação florestal similar das florestas tropicais naturais. Com isso, busca-se com um reflorestamento, dar manutenção na diversidade regional e variabilidade genética de populações, com conectividade da fauna e da flora entre os fragmentos próximos (SANTARELLI, 2000).

Cerca de 85% das espécies de mamíferos, e praticamente todas as espécies de morcegos mantêm alguma associação com as matas ciliares, sabe-se que a base para a alimentação destes animais, refúgio e possibilidade de troca de fluxo gênico entre populações é o que torna essas matas as mais ricas em diversidade de espécies animais, conferindo sua importância para a fauna (JESUS e ENGEL, 1989).

Segundo SILVA (1870), o primeiro plantio de espécies nativas foi realizado na serra da Tijuca RJ no século XIX, onde 55 mil árvores foram plantadas, mas

obteve-se sobrevivência de apenas 50%. O reflorestamento ocorreu entre os anos de 1862 a 1869. Inicialmente as mudas plantadas eram árvores de até 1,3 m transplantadas de outras florestas nativas próximas, com o passar dos anos foi criando o método de coleta de sementes e semeadura em sementeiras, para a produção de mudas. Esse reflorestamento ocorreu com metodologia muito peculiar da época, mas contribuiu para iniciar os reflorestamentos com espécies nativas no país. Em São Paulo foi registrado o primeiro reflorestamento em 1960, com espécies nativas e exóticas (KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

Na década de 80 as restaurações florestais iniciaram-se sem grandes conhecimentos científicos, apenas recentemente é que foi denominada restauração ecológica com maior fundamento científico. (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004; PALMER, 1997).

O potencial de recuperação da biodiversidade dos fragmentos florestais isolados e de florestas tropicais em alto grau de devastação é tão baixo, que demonstram necessidade urgente de intervenções na paisagem, a fim de reconectar fragmentos e floretas, possibilitando renovar fluxo gênico e suas funções ecológicas (FERREZ, 2010).

Estudos de restauração normalmente contemplam desenvolver modelos de composição de espécies e algumas vezes observam o fator de manejo do povoamento, sobre questões silviculturais (FERREZ, 2010). É extremamente importante focar no manejo florestal visando reduzir estresses ambientais, auxiliando no estabelecimento das espécies e garantindo que seus processos fisiológicos ocorram com maior grau de eficiência, o que responde diretamente no seu incremento.

Ao considerar que existe um equilíbrio tanto dentro da população de uma espécie como em uma comunidade, percebe-se que a recuperação da resiliência em ambos os níveis depende de dois fatores: da energia disponível na área (envolvendo todas as condições que favoreçam ou não que as plantas possam absorver esta energia) e o número de ciclos necessários para a recuperação do equilíbrio (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONO, 1999).

Quando o objetivo de recuperar uma área degradada é promover uma nova dinâmica de sucessão ecológica, é necessário entender o conceito de sucessão como uma tendência da natureza em estabelecer novo desenvolvimento em uma

determinada área, correspondente com o clima e as condições de solo locais (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONO, 1999).

O processo de sucessão ocorre com o princípio da substituição de uma comunidade por outra, até alcançar o ponto onde muitas espécies podem se expressar em termos de tamanho máximo e estabelecimento da comunidade (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONO, 1999).

Segundo ODUM (1988), o processo de sucessão secundária caracteriza-se no estabelecimento de uma nova comunidade que consegue se desenvolver em uma área que sofreu desmatamento ou foi utilizada por agricultura durante um período e depois é reflorestada, conseguindo nas condições de solo e clima encontrados, se estabelecer com tendências naturais. A recuperação das matas ciliares no entorno de reservatórios de hidrelétricas é considerada como um processo de sucessão secundária.

A adaptação das espécies vegetais e animais que ocorre através das estratégias de cada indivíduo para se estabelecer em ambientes degradados, é considerada, em termos fisiológicos, como plasticidade e flexibilidade. (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONO, 1999).

Para que um empreendimento de recuperação de uma área degradada tenha sucesso, em termos de completar o ciclo de sucessão secundária, a escolha das espécies que darão novo início a essa comunidade é essencial (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONO, 1999).

Segundo REIS, ZAMBONIN E NAKAZONO (1999):

“As espécies selecionadas deverão ser adequadas às restrições locais condicionadas pelo solo, que após distúrbios é geralmente pobre em minerais e fisicamente inadequado para o crescimento da maioria das plantas. A seleção também deve considerar as espécies que apresentam um grau máximo de interação biótica.”

A característica mais marcante de uma floresta tropical é a densidade de indivíduos, longevidade e papel sucessional dos mesmos. Quando as espécies arbóreas conseguem cumprir sua função ecológica dentro de um reflorestamento, possibilitando que gerações de populações estabeleçam-se nessa floresta, considera-se que um fator de sustentabilidade foi alcançado, o qual se refere ao

tamanho mínimo de uma população, fato que garante a perpetuação da floresta (KAGEYAMA e CASTRO, 1989).

2.1.1 Características das matas ciliares de reservatórios

O complexo de usinas hidrelétricas está associado à formação de grandes reservatórios. No Estado de São Paulo esse complexo pertencia totalmente a CESP - Companhia Energética de São Paulo, após a privatização foi dividida entre as companhias AES-Tietê e Duke Energy. Os reservatórios dessas empresas distribuídos ao longo dos rios Tietê, Grande, Paraná, Paraibuna, Pardo, Paraíba do Sul e Rio Paranapanema, representam para os recursos hídricos do Estado, a utilização da quase totalidade do potencial hidrelétrico dos principais rios e suas bacias hidrográficas regionais (KAGEYAMA et. al., 1992).

Uma obra de engenharia do porte que é a construção de um reservatório submete, em alguns casos, uma paisagem a se tornar uma área degradada, que sofre processos erosivos intensos que alteram suas características originais, além do limite de recuperação natural dos solos. Nesses casos, apenas a intervenção do homem é capaz de recuperar esta área (NOFFS; GALLI; GONÇALVES; 2000).

A CESP a partir da década de 1970, na tentativa de neutralizar ou atenuar os impactos decorrentes da formação de grandes reservatórios, iniciou um programa de restauração das suas margens, através de um planejamento de uso e ocupação racional. O reflorestamento ciliar com essências nativas regionais apresentou uma medida satisfatória de atenuar alguns impactos como erosão, desbarrancamento e assoreamento, além de permitir a reintegração da área afetada à paisagem dominante (ANTIQUERA, 1992; KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

O desmatamento ocorrido anteriormente à instalação dos reservatórios, provocado principalmente pela extensão das áreas agricultáveis, quando associado a um relevo montanhoso e o alto índice pluviométrico (no caso da região Alto Vale do Paraíba), tornam os solos desgastados e instáveis, sendo comum os desbarrancamentos e erosões na paisagem. Esse quadro é comum em regiões de hidrelétricas, por exemplo, a Usina Hidrelétrica de Paraibuna – CESP, onde existiram áreas com alto grau de impactos e degradação, agravado por fatores como os citados, além de agravantes como: os ventos, as marolas e possivelmente

a acomodação de solo sob o peso da água (ANTIQUERA, 1992; KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

A CESP concluiu que a ausência de vegetação ciliar nos reservatórios causa problemas operacionais, tais como a redução dos reservatórios pelo assoreamento causado por processos erosivos (transferência de sedimentos a partir de terrenos marginais aos reservatórios) ou internos (solapamento ou ravinamento de margens por desequilíbrios da pressão hidrostática, intemperismo por ondas, alterações no transporte de sedimentos por tributários) e o desgaste de equipamentos de geração de energia pela abrasão causada por sólidos em suspensão. A proteção às matas ciliares de reservatórios é necessária para mitigar impactos dos empreendimentos hidrelétricos sobre o solo, controle de erosão e assoreamento, recuperação da flora, proteção à fauna, restabelecimento do equilíbrio ecológico e melhoria do microclima (ANTIQUERA, 1992; KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

O programa de recuperação das margens ciliares dos reservatórios da CESP teve como objetivo garantir a regularização hidrológica, estabilização geológica, proteção do solo, a não contaminação de recursos hídricos, retenção de eventuais poluentes, a conservação de espécies vegetais e animais, além da manutenção da diversidade genética (ANTIQUERA, 1992).

As matas ciliares podem ser definidas como regiões que ocorrem em áreas restritas, ao longo dos cursos d'água, em locais de solos permanentemente úmidos, sujeitos às inundações periódicas, sendo que a largura e a fisionomia são variáveis conforme fatores hídricos dos solos, a natureza do curso d'água e ao grau de declividade das margens (NOFFS; GALLI; GONÇALVES; 2000).

Os grandes reservatórios inundaram grandes áreas de matas ciliares. No Estado de São Paulo, foram inundadas quase a totalidade das matas ciliares e outras áreas de preservação permanente remanescentes das bacias dos principais rios que atravessam o Estado (NOFFS; GALLI; GONÇALVES; 2000). Além disso, muitas áreas alagadas não eram matas ciliares, mas com a instalação do reservatório obrigatoriamente se tornaram parte da bacia hidrográfica que é formada as margens dos reservatórios.

Uma bacia hidrográfica é definida a partir de suas características morfológicas, ou seja, área, forma, topografia, geologia, solo e cobertura vegetal.

Entende-se como toda a área de captação natural da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários (LIMA, 2008).

O limite superior de uma bacia hidrográfica é o divisor de águas (divisor topográfico) e a delimitação inferior é à saída da bacia. A declividade tem relação importante com vários processos hidrológicos: infiltração, escoamento superficial, umidade do solo, além de ser um dos fatores principais que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água. (LIMA, 2008)

A relação entre a elevação máxima e mínima é capaz de demonstrar o gradiente de declividade que esta diretamente relacionado com o processo erosivo (LIMA, 2008).

A microbacia hidrográfica como ecossistema aberto e de contornos bem definidos não se encontra normalmente em equilíbrio. Seu funcionamento hidrológico é altamente complexo e bastante estável, no sentido de que tem condições de suportar perturbações naturais quando em boas condições de proteção florestal. Mas ela é altamente vulnerável a perturbações, cujas alterações se refletem na qualidade da água (LIMA e ZAKIA, 1996).

A microbacia hidrográfica é unidade natural da paisagem que possibilita o estudo detalhado das interações entre o uso da terra e a qualidade da água. Estudos sobre microbacias hidrográficas como unidades experimentais iniciaram-se no início do século, desde então, existem comprovações que o uso da terra e as atividades florestais podem afetar não apenas a quantidade e o regime da vazão, assim como a qualidade da água, sendo possível realizar operações necessárias à produção com o mínimo de impacto na qualidade da água (LIMA e ZAKIA, 1998).

O conceito de Áreas hidrologicamente sensíveis determina que esses locais sejam propensas à geração de escoamento superficial em qualquer local de uma bacia hidrográfica (AGNEW et. al., 2005).

A área variável de afluência (AVA) é uma pequena área de uma microbacia que possui a capacidade de expansão e contração, conforme a intensidade de precipitação que ocorre. Essa área determina a zona com saturação hídrica da microbacia. (ATTANASIO et. al., 2006; MOSTER et. al., 2003).

Nessa região, após uma precipitação, é predominante o processo de escoamento superficial, mesmo que a chuva seja de pequena intensidade, ou esteja

abaixo da capacidade de infiltração (LIMA e ZAKIA, 1996). A quantidade de escoamento superficial irá variar com o tempo e a paisagem de cada local (LIMA, 2008).

Em geral, as AVAs encontram-se situadas ao longo dos cursos d'água e em suas cabeceiras, nas concavidades de terrenos para as quais convergem as linhas de fluxo e mesmo em porções de áreas saturadas encontradas em pontos elevados de encostas (ZAKIA et. al., 2006; LIMA, 2003).

O aspecto dinâmico do conceito de área variável de afluência demonstra que se as condições de umidade antecedente da microbacia são tais que já ocorreu à expansão desta área de afluência, a ocorrência de uma nova chuva vai encontrar uma área de geração de escoamento direto já expandida. Uma maior porção da superfície da microbacia estará participando da geração do escoamento direto nestas condições. (LIMA e ZAKIA, 1998).

Segundo ZAKIA (1998), aplica-se o termo área ripária ou área ciliar às porções do terreno encontradas tanto na ribanceira do rio quanto na planície de inundação. Essas áreas apresentam condições edáficas próprias e a vegetação que ocorre no entorno são denominadas mata ciliar ou mata ripária. As áreas de entorno de reservatórios de hidrelétricas muitas vezes não possuem essas características típicas de área ciliar, pois algumas áreas que foram alagadas na instalação do reservatório podem ter características edáficas de áreas planas adjacentes. Após a inundação do reservatório, espera-se que as áreas de entorno permaneçam saturadas de águas, mas muitas vezes isso não ocorre, ou demanda mais tempo para tal.

Refletindo sobre as particularidades das características edáficas das matas ciliares entorno de reservatórios, é possível entender a importância de um levantamento prévio e mapeamento, onde se pretende restaurar com reflorestamento, nesses locais.

2.2 Composição florística

Os trabalhos clássicos de BUDOWSKI (1965), DENSLOW (1980), WHITMORE (1982), entre outros autores, forneceram a classificação de espécies em grupos quanto a sucessão dentro de uma ambiente natural, auxiliando na

escolha da composição de espécies para um trabalho de restauração de florestas. A classificação que é comumente utilizada define as espécies como: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas, segundo BUDOWSKI (1965).

Segundo BUDOWSKI (1965), as características de espécies que compõem ecossistemas de florestas tropicais encontraram as espécies pioneiras com rápido crescimento, facilitando a colonização de clareiras. Segundo WHITMORE (1982) e BUDOWSKI (1965), elas se estabelecem a pleno sol, possuem ciclo de vida curto (6 a 10 anos aproximadamente), produzem flores e frutos o ano todo, são pouco exigentes em termos de fertilidade do solo, formam banco de sementes no solo e são predominantemente dispersas por animais. Estas características permitem que a dinâmica das populações florestais se estabeleçam primeiro por fornecer condições (sombreamento) para o estabelecimento de outras espécies secundárias e clímax e em segundo, para a formação do banco de sementes que permite a colonização de futuras clareiras.

Segundo esses mesmos autores, as espécies secundárias iniciais crescem rápido, possuem ciclo de vida superior a pioneiras, normalmente não formam banco de sementes. São colonizadoras de clareiras em menor escala que as pioneiras. As espécies secundárias tardias conseguem colonizar clareiras pequenas, com maior grau de sombreamento, são capazes de germinar a sombra, mas requerem certa luminosidade para sair do estágio de plântula e alcançar a fase adulta. Na floresta tropical ocorrem naturalmente com grande número de espécies, representadas por poucos indivíduos, o que se denomina de espécies raras (ocorrem em baixa densidade). São as responsáveis pela alta diversidade encontrada nas florestas tropicais. Denominam-se como espécies climácicas aquelas que apresentam crescimento lento, germinam e se desenvolvem à sombra, produzem sementes grandes, normalmente sem dormência. Ocorrem naturalmente em pequeno número de espécies, porém com médias a altas densidades de indivíduos.

Segundo MACEDO (1993), esta classificação tem sentido puramente de orientação, pois a compreensão dos processos e dinâmica da floresta tropical ainda é restrita e as informações silviculturais sobre as espécies ainda são escassas.

KAGEYAMA e CASTRO (1989), afirmam que a sucessão secundária é o conceito mais apropriado na regeneração artificial de florestas mistas, pois é o processo original de colonização de áreas descobertas, como por exemplo,

clareiras. O reflorestamento misto deve ser composto por espécies de diferentes estágios de sucessão, assemelhando-se à floresta natural, que é composta de um mosaico de estágios sucessionais.

Quando se trata de revegetação de uma Área de Preservação Permanente - APP, principalmente para a proteção e restauração de nascentes, deve-se priorizar a adoção de espécies vegetais de ocorrência natural na região. É fundamental observar a diversidade original do ecossistema, sendo importante empregar o maior número possível de espécies disponíveis (KAGEYAMA et. al., 1992; KAGEYAMA e REIS, 1994).

Pode ser considerado que as matas ciliares caracterizam corredores de fluxo gênico, portanto esta faixa de vegetação deve possuir espécies das pequenas populações existentes nos fragmentos que estão sendo interligados, mesmo que esses fragmentos encontrem-se em faixas ciliares. Dessa forma, na restauração de matas ciliares a composição florística deve conter as espécies exclusivas desse ambiente e incluir também as espécies consideradas de mata de terra firme (KAGEYAMA e REIS, 1994).

É possível aplicar o conceito que classifica as espécies em grupos funcionais em modelo de plantio. Entende-se que as espécies mais iniciais da sucessão forneçam sombreamentos adequados às espécies dos estágios mais finais da sucessão. A forma com que essas condições são dadas no plantio pode mudar, em função da maneira como as plantas são arranjadas no campo, se em módulos ou se em linhas de plantio (KAGEYAMA et. al., 1992; KAGEYAMA e REIS, 1994).

Segundo KAGEYAMA e GANDARA (2000), a forma de alocação no campo das espécies pode seguir vários modelos, dependendo do objetivo requerido e facilidade de manuseio. Sendo eles: plantio ao acaso, linhas de plantio, linha de pioneira e de não pioneiras.

O modelo de plantio ao acaso, ou plantio misto de espécie sem uma ordem ou arranjo pré-determinado para as diferentes espécies no plantio, tem como pressuposto que os propágulos das diferentes espécies caem, germinam e crescem ao acaso na natureza. De fato, o primeiro ato é realmente ao acaso, mas as combinações entre as diferentes espécies que se tornam favoráveis não ocorrem ao acaso, mas sim obedecem a exigências dos diferentes tipos de espécies, e

mostrando que a sucessão secundária parece ser o processo que mais retrata esse fenômeno na floresta tropical (KAGEYAMA; GANDARA, 2000).

A diversidade de espécies no reflorestamento é considerada essencial para permitir o equilíbrio dinâmico das espécies animais e vegetais. A floresta tropical apresenta em média de 100 a 200 espécies por hectares, sendo que esta diversidade está associada a uma composição de espécies comuns (alta densidade) e raras (baixa densidade), que deve ser respeitado nos plantios (KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

Torna-se fundamental no plantio o uso de um grande número de espécies nativas da região, sendo que a diversidade vegetal garante a diversidade da fauna, pois quase as totalidades das espécies arbóreas nativas são polinizadas por insetos, pássaros e morcegos, tendo as sementes dispersas por animais. Isso sem relacionar a herbivoria que abrange um número ainda maior. Estima-se que na floresta tropical ocorrem cerca de 100 vezes mais espécies animais do que de vegetais (KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

BARBOSA e MARTINS (2003) ressalta que o problema em relação ao sucesso dos reflorestamentos induzidos no Estado de São Paulo é o não cumprimento do plantio com alta diversidade devido à indisponibilidade de mudas, tanto no aspecto da quantidade como também da diversidade. Sem dúvida, o déficit de sementes de espécies florestais é um fator fundamental que deve ser priorizado, no sentido de se somar esforços na busca de soluções capazes de permitir a disponibilização de sementes de boa qualidade junto aos viveiros de produção de mudas.

A quantidade de espécies mínima que deve ser plantada em uma área de restauração em mata ciliar e como deve ser a coleta de sementes dessas espécies para a produção de um lote de mudas, são questões fundamentais a serem consideradas para que uma floresta desempenhe seu papel na biodiversidade genética (BARBOSA e MARTINS, 2003).

Para que a restauração de uma área degradada desempenhe o processo de sucessão ecológica em logo prazo, no reflorestamento é essencial selecionar os grupos de espécies que serão implantadas, os modelos de arranjo dessas espécies em campo e mudas com qualidade genética (BARBOSA e MARTINS, 2003; KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

O manejo florestal sustentável deve englobar no seu processo tanto a manutenção da produtividade como a manutenção da integridade genética das populações (KAGEYAMA e GANDARA, 1993). Com isso, em uma restauração florestal, deve-se aplicar o conceito de base genética de populações em seu processo. É possível aplicar este conceito na aquisição das mudas para o plantio, buscando a rastreabilidade da coleta de sementes que o viveiro realiza.

2.3 Ecofisiologia florestal

As variações ambientais que ocorrem em florestas tropicais devido à disponibilidade de água, nutrientes, luz, temperatura e as interações biológicas, implicam na flexibilidade das espécies em se adaptar a diversas condições, resultando na alta diversidade desse ecossistema (IANNELLI- SERVIN, 2007).

A flexibilidade das plantas é resultado da sua plasticidade. Processo que ocorre conforme a capacidade da espécie em se desenvolver em meios para sobreviver em determinados ambientes. A plasticidade pode promover a diversificação evolucionária se os fenótipos produzidos através desta variação sob continuada seleção, tornam-se evolucionariamente fixos, perpetuando em gerações futuras. A alta plasticidade é interessante para a sobrevivência das espécies, principalmente em condições artificiais, como em restauração ecológica (IANNELLI- SERVIN, 2007).

A plasticidade entende que as variações nos processos de regulação fenotípica ocorrem em resposta a variações ambientais, sendo explicada como potencial genético das plantas de expressar diferentes fenótipos de acordo com o ambiente a que estão submetidas (STRAUSS-DEBENEDETTI e BAZZA, 1996).

A capacidade fotossintética em espécies pioneiras e não pioneiras tem diferentes características quando são postas a se desenvolverem em condições similares, principalmente sobre alta luminosidade. Quando ambas são exposta à alta luminosidade, as espécies que normalmente são de sombra (não pioneiras) não atingem a taxa de fotossíntese em relação às plantas de pleno sol (pioneiras). Ou seja, as espécies pioneiras são mais flexíveis e plásticas que as não pioneiras, mesmo que ambas respondam à luminosidade, percebe-se maior efeito em crescimento nas pioneiras que nas plantas de sombra (IANNELLI- SERVIN, 2007).

Segundo IANNELLI- SERVIN (2007), as espécies não pioneiras apresentam em seu ambiente natural com sombra uma taxa fotossintética menor que quando expostas a maiores intensidades de luz, em ambientes mais aberto. Ou seja, o comportamento de plantas de sombra quando expostas à alta incidência de luz, é similar a uma planta de pleno sol. Se essas plantas crescerem em um ambiente com pouca luz, quando expostas à maior intensidade de luz, são danificadas pela alta densidade de fótons.

Flexibilidade ou aclimatação é a resposta da planta em crescimento ou sob processos fisiológicos, às condições ambientais (STRAUSS-DEBENEDETTI e BAZZA 1996).

A produtividade da floresta, em termos de madeira tem relação linear com o IAF (Índice de área foliar), a interceptação da radiação pelo dossel e o nitrogênio do dossel, essas são variáveis fisiológicas que afetam as taxas fotossintéticas (CAMPOE, 2008). O mesmo autor afirma em seu estudo que a concentração de nitrogênio das folhas está direcionada em 50% para a atividade fotossintética, sendo que metade disso é encontrada na enzima Ribulose 1,5-bisfosfato carboxylase/oxygenase (Rubisco), mas que o melhor indicador isolado da capacidade fotossintética da copa é o IAF, ao invés do N do dossel.

Variações ambientais prejudicam o desenvolvimento das árvores até atingirem o dossel causando alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas no período de desenvolvimento, além disso, resultam em estresses térmicos, hídricos, nutricionais e biológicos. Em florestas estas variações ambientais podem alterar taxas fotossintéticas, variações fenotípicas, teores de clorofila e de proteínas presentes nas folhas e podem levar à sobrevivência de alguns dos indivíduos sob estresse (IANNELLI- SERVIN, 2007).

Existe uma dinâmica de estresse classificada em três fases segundo LARGER (1995), a primeira é a fase de alarme que resulta na desestabilização de estruturas e funções das plantas por causa dos impactos e dos fatores de estresse; a segunda fase ocorre quando altos níveis de resistência são desenvolvidos ao fator estressante que expõe as plantas durante um longo período e pode resultar na re-estabilização e por último a fase de exaustão, quando os danos são irreversíveis.

RASCHER (2004) e LUTTGE (1997) observaram que limitação nutricional e estresse hídrico afetam a fotossíntese, reduzindo área foliar específica. Com isso,

esse índice torna-se um bom indicador para avaliar o desenvolvimento das plantas sob estresse.

A copa das árvores recebe todo o tipo de radiação e por todos os lados, o que determina: forma de crescimento, tipo de ramificação e a posição da folha. Os fatores que influenciam na exposição à radiação são: arquitetura, ramificação da folhagem e idade da planta. (LARGER, 2006)

A maioria das plantas ordena sua superfície de assimilação de forma que poucas folhas recebam radiação solar direta permanentemente, assim a maior parte das folhas se encontra parcialmente sombreada, recebendo radiação difusa. A folha é capaz de se estruturar de forma a proteger-se de injúrias causadas pelo superaquecimento e de intensidades de radiação excessiva. Cada espécie tem determinada capacidade de produzir folhas adaptadas à sombra, sendo que é possível classificar em dois tipos básicos: copas de sol e copas de sombra. A radiação média no interior da copa permite estimar a necessidade de radiação e a plasticidade fenotípica da folha de sombra. Em copas de sol, as folhas mais interiores recebem uma radiação média de 10% a 20% em relação ao total da radiação incidente, enquanto nas copas de sombra há folhas que recebem somente uma radiação relativa entre 1%-3%. (LARGER, 2006).

Segundo GENTIL 2010, a arquitetura da copa e a densidade de área foliar influenciam a transpiração da planta, sendo que esses fatores são sensíveis ao Índice de Área Foliar (IAF). Pela interação da densidade de área foliar sobre o peso dossel, é que surge o conceito de (IAF) (NETO et. al., 2008). GENTIL 2010 cita em seu trabalho que o IAF demonstra ser uma variável importante sobre as trocas de energia e massa entre o dossel e a atmosfera, sendo que, existem efeitos combinados entre o IAF, a sensibilidade da condutância estomática ao déficit de pressão de vapor e déficit de água no solo na transpiração para muitas espécies de *Eucalyptus*.

A área foliar específica (AFE) representa a área foliar projetada por unidade de massa foliar, essa variável está relacionada às condições hídricas do ambiente, além disso, representa uma relação de custo- benefício entre o ganho e perda de carbono no processo de fotossíntese. O AFE demonstra que as plantas se adaptam melhor a ambientes com disponibilidade hídrica e nutricional adequadas para o

crescimento, sendo que nesse caso é possível encontrar um AFE maior (GENTIL, 2010)

Segundo LARGER (2006), as plantas apresentam adaptações modulativas, modificativas e evolutivas durante seu desenvolvimento, de acordo com a quantidade da radiação local. Essas adaptações refletem respostas de curto prazo ou até mesmo evolução genotípica. A adaptação modulativa ocorre de forma rápida e são reversíveis após a volta da condição anterior, ocorrem também quando as plantas se adaptam de acordo com as condições médias de radiação preponderante durante a morfogênese. A diferenciação fenotípica de órgãos e tecidos geralmente não é reversível.

O mesmo autor afirma que o bioclima pode ser considerado em cada planta isolada, sendo característico por camadas fronteiriças, determinadas, sobretudo pela posição da folha em relação à radiação incidente e pelo efeito do vento.

Tabela 1 - Diferentes características entre plantas adaptadas ou aclimatadas ao sol (pioneiras) e à sombra (não pioneiras)

CARACTERÍSTICA	Pioneira	Não Pioneira
Taxa de saturação de luz	Alta	Baixa
Ponto de saturação de irradiância	Alta	Baixa
Nitrogênio foliar	Alta	Baixa
Taxa de clorofila a/ clorofila b	Alta	Baixa
Proteína solúvel/ massa foliar	Baixa	Alta
Área foliar específica	Baixa	Alta
Espessura foliar	Alta	
Alocação de reservas nas folhas	Baixa	Alta
Alocação de reserva nas raízes	Alta	Baixa

Fonte: Givinish (1988).

A escolha das espécies para a restauração de uma área degradada depende em teoria do comportamento ecofisiológico delas no ambiente, não em questão de sua ocorrência local, mas levando em consideração sua adaptabilidade ao manejo aplicado (IANNELLI- SERVIN, 2007).

Restauração em áreas degradadas normalmente expõem as plantas a um ambiente sem equilíbrio, com excesso de plantas espontâneas, podendo no início do plantio ocorrer abafamento ou competição com as mudas por nutrientes e recursos naturais. Para as espécies de sombra, como não existem outras árvores

estabelecidas, o estresse também é causado pela exposição ao sol direto. Ao se tratar em termos fisiológicos de flexibilidade e plasticidade, entende-se que na restauração desses ambientes é exigida das espécies nativas a aplicação desses processos para melhor adaptação. Caso as espécies não consigam adaptar seus organismos a esses ambientes, não é possível o estabelecimento de uma floresta madura no futuro. Os estresses ambientais de um plantio em área degradada podem afetar negativamente os processos fisiológicos que são responsáveis pelo desenvolvimento das plantas. Ao tentar diminuir esses estresses com as práticas silviculturais, aumentam-se as possibilidades de sucesso de um reflorestamento.

2.4 Manejo Silvicultural em restauração florestal

A expansão agropecuária gerou áreas onde as florestas nativas deram lugar às pastagens e culturas agrícolas. Como não ocorreu retirada de camadas do solo, a recomposição de áreas de preservação permanente, através do reflorestamento, é mais rápida e econômica, devido à presença de solo com fertilidade razoável e pela possibilidade de existência de ecossistemas originais próximos (NOFFS; GALLI, GONÇALVES, 2000).

Segundo LIMA e ZAKIA (1996), o conceito de manejo florestal sustentável envolve aspectos econômicos, sociais e ecológicos. A sustentabilidade deve abranger medidas de planejamento do manejo florestal que possibilitam o alcance destes três conjuntos de fatores fundamentais:

- a) Manutenção dos processos ecológicos essenciais da paisagem;
- b) A preservação da biodiversidade;
- c) Manutenção da capacidade natural de suporte do solo.

Visando esses aspectos é necessário preocupar-se com a superfície do solo, em termos da conservação de sua estrutura e propriedades hidrológicas. Isso envolve as práticas aplicadas quanto ao sistema de preparo do solo e de plantio. Em áreas de encostas e outras áreas críticas da microbacia, como as cabeceiras e as matas ciliares, a proteção do solo deve ser ainda maior. Estas medidas devem ser consideradas como indicadoras da qualidade do manejo florestal e não como garantia da sustentabilidade ecológica, dentro de preceitos que se reconhece como ambientalmente adequados (LIMA e ZAKIA, 1996).

O manejo intensivo, com preparo de solo adequado, controle de mato-competição, controle de pragas, adubações complementares, espaçamento de plantio ótimo e composição florística apropriada, podem favorecer as espécies nativas plantadas, possibilitando a disponibilização eficiente dos recursos e resultando na perpetuação da floresta plantada de restauração (STAPE e GANDARA, 2006).

Com base no estudo realizado por CAMPOE (2008), sabe-se que o fator que tem maior influência no crescimento, desde as idades iniciais, consolidando-se aos 42 meses, é a fertilização potencial aliada ao manejo intensivo. Segundo CAMPOE, (2008), as espécies nativas têm alto potencial de crescimento, mas estão em grande parte limitadas por estresses ambientais que as práticas de manejo podem eliminar. O autor considera como manejo intensivo as práticas silviculturais que incluem a eliminação máxima da mato-competição em área total, até o fechamento das copas da floresta e também as taxas de fertilização potencial de uma área, compensada não só na adubação de base, mas em adubações de cobertura e calagem. As análises de CAMPOE (2008) demonstram que a competição pelos recursos de crescimento, água, nutrientes e luz com as gramíneas invasoras, causa um estresse ambiental para as plantas que fazem parte da restauração florestal. Com isso o autor afirma que as ervas daninhas são o principal elemento que restringe o crescimento das parcelas sob manejo nomeado como usual.

Plantios florestais com espécies nativas auxiliam no processo de regeneração natural contornando os altos níveis de degradação física, química ou biológica que impedem fortemente os processos sucessionais naturais (PARROTTA et. al., 1997; ENGEL e PARROTTA, 2001). Uma tentativa de redução de estresse causado pelas alteradas condições ambientais que áreas degradadas apresentam, é aliar práticas silviculturais similares aquelas aplicadas em florestas plantadas a um modelo de restauração florestal que equilibre corretamente a proporção das classes sucessionais das espécies. Isso pode ser uma ferramenta importante que aumenta o grau de sucesso em florestas restauradas (IANNELLI-SERVIN, 2007).

Estudos de restauração normalmente objetivam verificar modelos de composição florística, sucessão secundária, interações sobre fauna e flora e conhecimento sobre espécies nativas, em relação ao crescimento volumétrico das árvores (CAMPOE, 2008). Normalmente aplicam práticas silviculturais tradicionais

com baixo custo. Poucos trabalhos buscam avaliar o potencial ecofisiológico completo das espécies nativas e modelos, avaliar o potencial produtivo dos modelos, dos fatores que limitam o crescimento da floresta em processo de restauração de um ecossistema e os processos fisiológicos que respondem aos melhores desenvolvimentos (CAMPOE, 2008).

Estudos sobre modelos de restauração que avaliam o desenvolvimento a partir dos processos fisiológicos da copa, entre outras variáveis determinantes no desenvolvimento das florestas, como índice de área foliar e dinâmica da radiação do dossel, são cruciais para adequar a restauração a cada sitio específico. Avaliar apenas o crescimento florestal, sem a caracterização dos processos responsáveis por tal efeito, não permite identificar quais os mecanismos de crescimento que causaram tais respostas (CAMPOE, 2008).

Para a restauração em ambientes degradados são adotadas práticas silviculturais para diminuir ou eliminar os estresses ambientais nutricionais, hídricos ou de competição, pois uma área com menor nível de estresse ambiental proporcionará maior desenvolvimento, a partir da intensificação dos processos de fotossíntese e transpiração, que respondem direto ao crescimento de copa e estado fisiológico (CAMPOE, 2008; IANNELLI-SERVIN, 2007; GENTIL, 2010).

Técnicas para caracterizar este desenvolvimento de copa e atividade fisiológica podem ser baseadas em levantar quantidade de radiação solar interceptada pelas folhas, eficiência do uso da luz e forma de produção de biomassa. (ROSS, 1981).

A degradação ambiental causada principalmente pelo aumento de áreas agricultáveis e abandono de terras consideráveis pouco férteis, causa maior desmatamento e menor área de regeneração natural. A degradação ambiental resulta na perda da biodiversidade e da qualidade dos recursos hídricos, da capacidade produtiva dos solos e ecossistemas (CAMPOE, 2008; FERREZ, 2010).

2.4.1 Fator qualidade da muda

Nos plantios de florestas nativas a exigência da qualidade da muda e técnicas de manejo são de suma importância, pois o plantio com mudas de qualidade superior garante uma melhor resposta ao manejo e menor mortalidade

inicial, o que resulta em uma floresta de maior acúmulo de biomassa em menor tempo.

As espécies exóticas que são mais utilizadas no Brasil atualmente, são dos gêneros de *Pinus spp* e *Eucalyptus spp*. A produção comercial de mudas dessas espécies tem como objetivo produção em larga escala anual. Além disso, o tempo de desenvolvimento da muda para atingir o ponto de expedição é menor que o tempo de desenvolvimento da maioria das espécies nativas. O avanço de técnicas de melhoramento genético para essas espécies exóticas permite que a eficiência de produção das mudas seja alta e que os parâmetros diretamente relacionados com biomassa de uma muda, sejam de dimensões mínimas, esses parâmetros são: sistema radicular, altura, diâmetro do colo e número de pares de folhas (GOMES, 1996).

A produção de mudas nativas foi adaptada conforme as técnicas aplicadas às espécies exóticas, que possuem um sucesso de produção de larga escala comercial da maneira que é realizada. Assim, historicamente a produção de mudas evoluiu da utilização de recipientes como sacos plásticos de 300 a 500 ml, para tubetes de polietileno de 56 cm³. Dessa forma, ganhou-se em área utilizável do viveiro de mudas e quantidade de insumos. Da forma como ocorre a produção hoje, as mudas de espécies exóticas tem um ciclo de produção de 3 a 6 meses (VALERI e CORRADINI, 2000).

Atualmente, alguns viveiros ainda optam em produzir mudas de espécies nativas em sacos plásticos, devido ao baixo custo de investimento inicial da instalação do viveiro. Porém, a maior parte dos produtores já opta por produzir mudas em tubetes de polietileno, como são produzidas as espécies exóticas, devido à facilidade em transporte de mudas em bandejas e mesmo pela possibilidade de uso de mesas, que colabora na ergonomia do viveiro (SANTARELLI, 2000).

As espécies nativas apresentam uma variedade estrutural em quantidade de folhas, altura, diâmetro do colo e sistema radicular. Ao optar na produção no mesmo recipiente para todas as espécies produzidas em um viveiro, percebe-se que algumas se adaptam melhor que as outras. Com isso, no plantio ao retirar o tubete muitas vezes o sistema radicular é danificado, ou mesmo o diâmetro do colo, sendo que em alguns casos é necessário quebrar o tubete para a retirada no plantio da muda (STURION e ANTUNES 2000).

A produção adequada de mudas garante o desenvolvimento dessas sob todos os cuidados de sombra, irrigação e proteção contra pragas e doenças. Assim, quando as mudas seguem para o campo, observam-se maior rusticidade e resistência às condições adversas do campo. (SIMÕES, 1987)

Mudas consideradas de baixa qualidade apresentam algumas das seguintes características: sistema radicular mal formado, deficiência nutricional, poucos pares de folhas, diâmetro do colo pequeno não compatível com a altura, fazendo com que a muda seja considerada estiolada, altura insuficiente e mudas pouco rustificadas, ainda em fase de desenvolvimento inicial, ou sejam não suportam as condições de campo (GOMES, 1996).

Sabe-se que a produção de mudas de *Eucalyptus* é altamente tecnicizada, o que determina altos ganhos operacionais e redução de custos de produção, além de garantir uma homogeneidade da qualidade das mudas, facilitando o manejo no viveiro e no campo (SANTARELLI, 2000). É possível adaptar as técnicas utilizadas na produção de espécies nativas, aproximando-se os preços de custos de implantação de grandes áreas de reflorestamento, aos custos de áreas da eucaliptocultura, o que expandiria as áreas de recuperação florestal (SANTARELLI, 2000).

Um estudo realizado por MALAVASI e MALAVASI (2003), com duas espécies nativas *Cordia trichotoma* e *Jacaranda micranta*, avaliou o desenvolvimento em diferentes volumes de recipiente, 56 cm³, 120 cm³, 180 cm³ e 300 cm³. O experimento foi dividido em duas etapas, uma delas avaliando o desempenho no viveiro, verificando o número de folhas, a altura da planta, o diâmetro do coleto, o número de radículas e as massas secas da parte aérea. A segunda parte do estudo baseou-se nos resultados de campo, pós plantio.

Com os dados obtidos nessa primeira fase pode-se concluir que o tubete de 300 cm³ foi o que apresentou os melhores resultados similares estatisticamente aos tubetes de 120 e 180 cm³ nas variáveis: número de radículas, massa seca da parte aérea e massa seca total que os demais tratamentos. Já o tubete padrão de 56 cm³ apresentou os piores resultados nas variáveis analisadas. Na segunda etapa, no plantio no campo, os dados foram coletados aos 120 e 180 dias de idade de cada espécie. Os resultados foram semelhantes à primeira etapa, os tubetes com 300 cm³

foram similares aos tubetes de 120 e 180 cm³ e superiores ao tubete de 55 cm³. As variáveis foram DAP e altura dos indivíduos (MALAVASI e MALAVASI, 2003).

A conclusão desse estudo foi à utilização de tubetes com 120 cm³, já que obteve valores semelhantes aos tubetes com volume de 180 e 300cm³. Porém GOMES et. al. (1990), ressaltaram que o diâmetro e altura dos recipientes devem variar com as características de cada espécie e respectivo tempo de permanência no viveiro.

Outro estudo utilizou a técnica de fotoacústica realizada principalmente em mudas de Eucalipto que permitem analisar tópicos relacionados à fotossíntese. O estudo realizado por BARJA (2000) avaliou com o auxílio dessa técnica os efeitos da restrição imposta ao crescimento da raiz na atividade fotossintética da planta. Para isso, comparou dois volumes de tubetes (50 cm³ “tubetes padrão” e 300 cm³ “tubete grande”). Após uma série de medidas avaliou-se o efeito do volume do recipiente no desenvolvimento e na atividade fotossintética das mudas de Eucaliptos. As medições foram quinzenais. As variáveis mensuradas de caracterização de desenvolvimento foram: altura, área foliar e medições fotossintéticas. Com os dados da altura constatou-se que houve um desempenho melhor das mudas de tubete grande em relação às de tubete padrão. A diferenciação em altura ocorreu a partir dos 40 dias após semeadura, nos 120 dias de idade a diferença foi cerca de 20 cm. Além disso, as mudas de tubete grande não apresentaram estresse no sistema radicular em nenhuma etapa diferentemente das mudas de tubetes padrão. A atividade fotossintética (ganho fotossintético) também foi superior nos recipientes maiores em relação aos menores; com uma superioridade de 20,58%.

Outra etapa desse mesmo estudo foi o acompanhamento do desempenho das mudas no campo, avaliando a taxa de mortalidade e a altura após cinco meses de transplante. Os dados mostraram que a taxa de mortalidade foi muito inferior nos recipientes maiores, seis vezes menor, além disso, as alturas das mudas produzidas em recipientes maiores foram superiores em relação aos recipientes menores apresentando uma variação de 15 cm (BARJA 2000).

Segundo BARJA (2000), estes resultados indicam que o tubete menor induz danos à planta quando o transplante para o campo é feito mais de 60 dias após a semeadura. Por outro lado, mostram que a utilização do recipiente maior resulta em

mudas de eucalipto mais vigorosas, conferindo maior resistência às condições de campo e desenvolvimento após transplante.

Um sistema radicular mais volumoso tende a apresentar maior número de ápices radiculares, região em que a raiz é mais eficiente na absorção e transporte de água e nutrientes e, sobretudo, na produção de reguladores de crescimento (REIS et. al., 1989). Mudas aptas ao plantio a campo devem ser sadias e possuírem resistência a estresses que lhe permitam sobreviver às condições adversas do meio (GOMES et. al., 1996).

A utilização de tubetes de polipropileno, como o recipiente de cultivo, permite elevar o grau de automatização dos viveiros florestais, reduz custos e tempo de produção das mudas, ao mesmo tempo em que se observa uma crescente melhoria do padrão de qualidade desta (GONÇALVES e POGGIANI, 1996). As dimensões dos tubetes também são fontes de pesquisas pela sua importância na configuração do sistema radicular e nos gastos desnecessários com insumos.

Ao considerar o estágio sucessional das espécies nativas na produção de mudas, prevê-se a quantidade de luminosidade necessária individualmente. Outra questão que pode ser levantada são os efeitos da umidade de solo em função da floresta de origem da espécie. O estudo em questão observou o comportamento de mudas introduzidas no subbosque de um fragmento florestal remanescente de uma floresta subtropical mesófila latifoliada semidecídua de planalto em estágio médio de regeneração. As mudas utilizadas foram produzidas em sacos plásticos de 2 L. As espécies que mais cresceram em altura no período foram O Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), o Cedro (*Cedrella fissilis*), o Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa*), observou-se crescimento intermediário do Guatambu (*Aspidosperma parvifolium*) e por último o Ipê-Roxo (*Tabebuia avellanidae*). A taxa de mortalidade foi baixa para todas as espécies (PAIVA e POGGIANI, 2000).

Um fator de alta relevância para o sucesso de um empreendimento florestal depende das características das mudas, sendo assim, considera-se a procedência das sementes e a resistência das mudas às condições de campo, um parâmetro a ser aprimorado a fim de melhorar os povoamentos florestais.

2.4.2 Fator fertilização mineral

Os elementos minerais que são fornecidos com a fertilização são parte integrante das frações minerais e orgânicas do solo. Com esses elementos a planta é capaz de produzir as substâncias necessárias para seu desenvolvimento (MALAVOLTA, 1979). Em condições naturais de florestas nativas sem interferência antrópica, todos os elementos que as plantas absorvem do solo, no processo de ciclagem são devolvidos quando as árvores morrem e se decompõem. Em um plantio novo é necessário fornecer esses elementos essenciais, pois o solo após anos de cultivo perde suas reservas, ou permanece com quantidade que não são suficientes para o desenvolvimento adequado das plantas (MALAVOLTA, 1979).

Atualmente é fácil tornar o solo mais produtivo com a adição de fertilizantes. Na década de 60 eram necessários nove trabalhadores no campo para sustentar uma pessoa na cidade, na década de 70, um trabalhador no campo sustentava vinte pessoas, isso ocorria no Brasil, onde as técnicas de fertilização ainda não eram tão difundidas, nos Estados Unidos onde a prática de fertilização mineral já ocorria em maior escala no mesmo período, um trabalhador no campo sustentava cinquenta pessoas na cidade. É possível quadruplicar a produção de uma área com a adição de fertilizantes (MALAVOLTA, 1979). Ao aplicar conceitos da agricultura que visam ganhos de produção através da fertilização, nas práticas dos plantios de florestas nativas, é possível entender que ao utilizar fertilização mineral no manejo silvicultural, o desenvolvimento das árvores ocorre de maneira acelerada, apresentando ganhos em biomassa e acelerar o fechamento das copas, que reflete diretamente no controle de mato-competição. Quando ocorre o fechamento das copas, diminui-se a luminosidade nas entrelinhas de plantio, evitando a incidência de ervas espontâneas.

O objetivo de plantio de espécies arbóreas na recuperação de áreas degradadas é criar uma estrutura capaz de manter o solo permanentemente sombreado, pois um rápido recobrimento do solo significa menores custos com o manejo de plantas daninhas e um ambiente mais propício para estabelecimento de outras formas de vida (RODRIGUES et. al., 2009). No entanto, o controle de daninhas e a fertilização dos indivíduos arbóreos aumentam os custos do processo de restauração, mesmo que essas práticas são cruciais para o sucesso da atividade,

elas podem onerar o custo de manutenção dos reflorestamentos. Independente do custo das operações, as práticas silviculturais realizadas no período de manutenção, aceleram o fechamento das copas das árvores.

A dinâmica do crescimento radicular de plantas jovens é diretamente influenciada com as operações silviculturais, podendo ser positiva ou negativamente quanto ao seu desenvolvimento. Proporcionar um ambiente de solo adequado para o desenvolvimento radicular é essencial para a produtividade florestal. A fertilização mineral deve ser aplicada visando facilitar a disponibilidade de nutrientes para a planta, mas deve-se atentar para as quantidades, local e forma de aplicação. Lembrando que os fertilizantes alteram pH do solo e da rizosfera, dependendo do manejo utilizado é possível estressar a planta com o uso demasiado de adubos, influenciando seu comportamento no crescimento (GONÇALVES et. al., 2003).

A necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos nutrientes, situação comum em solos degradados (GONÇALVES et. al., 2003). Dessa forma, sempre que possível deve ser realizada a análise prévia do solo que pode resultar numa maior eficiência do uso de adubos (RODRIGUES et. al., 2009).

Em relação à fertilização, a demanda por nutrientes varia entre espécies, estação climática e estágio de crescimento (BASTOS-NETO, 2000). Essa demanda é mais alta na fase inicial de crescimento e por espécies dos estágios iniciais da sucessão; as espécies pioneiras possuem maiores taxas de crescimento e por isso são mais responsivas à adubação (BASTOS-NETO, 2000; GONÇALVES et. al., 2003). Espécies do início da sucessão apresentam maiores quantidades de raízes finas, que são ramificadas, longas e claras em relação às espécies do final da sucessão (GONÇALVES et. al., 2003).

Segundo GONÇALVES et. al. (2003), são essas razões que justificam a realização de adubações distintas entre os grupos de crescimento de espécies nativas, objetivando o uso mais eficiente dos adubos.

Quanto ao método de aplicação dos fertilizantes, o mais indicado, dependendo da solubilidade do adubo, é a aplicação localizada (principalmente das fontes de fósforo), em filetes contínuos, no interior dos sulcos de plantio ou em covetas laterais. Para a adubação em covetas laterais devem-se abrir duas covetas por planta, a uma distância aproximada de 15 a 20 cm do colo, a dose de adubo

deve ser dividida igualmente nas duas covetas, sendo que depois de aplicado o fertilizante, as mesmas devem ser cobertas com solo. Alternativamente, pode-se fazer as aplicações nas covas de plantio. Estas recomendações são válidas para adubos simples ou mistos, que têm como fontes de fósforo, fertilizantes com alta solubilidade em água, por exemplo, superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato diamônio, dentre outros. Com relação às fontes de nitrogênio e potássio, estas podem ser aplicadas, juntamente com o fósforo, em filetes, nas covetas laterais ou no interior dos sulcos de plantio, ou incorporadas ao solo, o que irá preencher as covas de plantio. Neste último caso, principalmente nas regiões com maiores deficiências hídricas, a aplicação do adubo deverá ser mais criteriosa, para evitar perdas de mudas por seca fisiológica causada pelo efeito salino das fontes de nitrogênio e potássio (GONÇALVES, 1995).

A realização de manejo máximo, que associa o controle de mato competição à fertilização potencial, se mostra fundamental para o fechamento das copas em menor tempo e aumento da produtividade de biomassa. Além disso, o processo de restauração se torna mais eficaz e com menores riscos de insucesso com a aplicação de tal manejo silvicultural (CAMPOE, 2008).

2.4.3 Fator controle de ervas espontâneas

Segundo BLANCO (1972), é considerada uma planta daninha... *"Toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira prejudicialmente nas atividades agropecuárias do homem"*.

As plantas daninhas ou plantas espontâneas se desenvolvem com grande agressividade, com elevada e prolongada capacidade de produção e dispersão, com alta viabilidade e longevidade. São também capazes de germinar de forma descontínua na maioria dos ambientes nos quais se dispersam, apresentando um rápido crescimento vegetativo e desenvolvimento reprodutivo, além da possibilidade de apresentarem alelopatia, habito trepador, entre outras características que potencializam a capacidade de competição pela sobrevivência. (PITELLI, 1987)

Isso porque no primeiro ano de vida, a água e a luz são os principais fatores responsáveis pela sobrevivência e desenvolvimento das plantas, de forma que o

controle das comunidades infestantes nessa primeira fase tem um maior impacto negativo em relação à eficiência da atividade e ao custo-benefício, que se reflete até o terceiro ano do plantio. Entre os efeitos da mata-competição, também nesse primeiro período, está a redução do diâmetro do caule, da altura das plantas, da área basal, do volume e conseqüentemente a redução da produtividade, que não é interessante em termos de fixação de carbono, inclusive, é constatado um índice de mortalidade de até 20% em tratamentos sem controle de plantas daninhas, em experimentos com eucalipto, constituindo o efeito mais drástico da interferência (MARCHI et. al., 1995; TAROUÇO et. al., 2009; TOLEDO et. al., 2000).

Esses prejuízos são causados devido às interferências que realizam nas diferentes atividades, que podem ser diretas ou indiretas. Entre as interferências diretas se encontram características como a competição, que consiste na disputa por recursos naturais, água, luz e espaço, até de nutrientes minerais essenciais, com a cultura principal. Como interferências indiretas essa comunidade pode constituir hospedeiros alternativos de pragas, moléstias, nematóides e plantas parasitas da atividade de interesse, podendo prejudicar as práticas culturais. (PITELLI, 1987; TOLEDO et. al., 2000).

Deve-se ressaltar, no entanto, que essas plantas invasoras passam a configurar fatores negativos ao crescimento e a produtividade das atividades de interesse e mesmo a operacionalização do sistema produtivo, principalmente por atingirem elevadas densidades populacionais e alta distribuição (MARCHI, 1995).

Às diversas estratégias de controle envolvem medidas preventivas, mecânicas, físicas, químicas e mesmo biológicas, de maneiras isoladas ou combinadas, sendo que, o objetivo básico do manejo não é a erradicação das plantas espontâneas, mas sim a redução de suas populações a níveis que não interfiram na produtividade das atividades de interesse (MARCHI, 1995).

As medidas preventivas se baseiam tanto no impedimento do aumento das populações de plantas espontâneas, quanto no controle à introdução de novas espécies (PITELLI, 1987; TOLEDO et. al., 2000).

As técnicas de controle mecânicos consideradas mais eficientes são aquelas baseadas no controle das plantas daninhas após a germinação. Para isso são utilizados implementos de controle, como enxadinha de linha, implementos de disco, lâminas, grades, roçadeiras ou roçadeiras costais, entre outros. O controle

mecânico também deve ser aplicado na época certa, já que visa à morte e o retardamento do crescimento inicial de plantas espontâneas, antes que as mesmas possuam reservas suficientes para se tornarem competitivas. Nesse mesmo sentido a frequência e o intervalo dos controles mecânicos também se tornam relevantes para garantir a eficiência do processo (PITELLI, 1987; CHRISTOFFOLETI et. al., 1994).

Em áreas de reflorestamento, os herbicidas mais empregados são o Oxyfluorfen e o Glyphosate, sendo o último mais amplamente aplicado por se tratar de um herbicida não seletivo, sistêmico, de pós-emergência, utilizado em plantas espontâneas tanto anuais, quanto perenes (TOLEDO et. al., 2000; MONQUERO e CHRISTOFFOLETI, 2001).

Estudos mostram que em plantios considerados de sucesso, com cobertura de copa acima de 50% em áreas com três anos de idade em média, obtiveram atenção especial e periódica quanto ao controle da mato-competição e de formigas, incluindo reposição das mudas, sendo que as perdas estimadas quando essas atividades não são realizadas, atinge o valor de 30% inferior. Além disso, nesses plantios considerados como de maior sucesso, tem sido mostrado uma tendência de aumento na riqueza da diversidade de espécies, na biomassa e na proporção de espécies tolerantes a sombra, com a diminuição da concentração de espécies pioneiras (IGNÁCIO et. al. 2007).

Segundo MACIEL et. al. (2011) a interferência que as plantas daninhas exercem em espécies perenes é maior em plantações jovens, porém, os sistemas de controle da mato-competição dependem de vários fatores, como gênero/espécie cultivada, idade do plantio, topografia do terreno, taxa de colonização da vegetação invasora, dentre outros. As empresas florestais vêm empregando herbicidas para controle de plantas daninhas, a fim de suprir o déficit de mão-de-obra, altos custos e baixo rendimento, resultante do uso de capinas manuais, que são mais eficientes para o desenvolvimento da cultura. Quando o controle químico ocorre, a vegetação espontânea que se desenvolve na área, pode ser manejada sem a total eliminação do local.

Ainda nesse estudo, visando um melhor desenvolvimento em altura e diâmetro de caule, os coroamentos com diâmetros de 1,5 m e 2,0 m ao redor da

planta, demonstram como os mais adequados ao desenvolvimento das mudas das duas espécies nativas estudadas, ingá e aroeira pimenteira.

Nesse mesmo estudo, o ingá apresentou menor porte comparado à aroeira pimenteira, a espécie não sofreu interferência no desenvolvimento ao conviver com a infestação de plantas daninhas até os 90 dias para a altura e 120 dias de idade de plantio para o diâmetro do caule, já a aroeira pimenteira não sofreu interferência no desenvolvimento até os 240 dias para altura e 150 dias para o diâmetro do caule. Entretanto, segundo ZEN (1987), PITELLI et. al. (1988) e TOLEDO et. al. (2001), em resultados observados sobre o parâmetro alturas das plantas foi a características que mostrou menor sensibilidade aos efeitos da competição das plantas daninhas.

Segundo PITELLI e MARCHI (1991), quando sob intensa infestação de plantas daninhas algumas espécies florestais como *Eucalyptus* deixam de emitir ramos e tendem a perder folhas da base do caule, em resposta ao estiolamento. Os tratamentos de coroamentos em diâmetros de 1,5 m e 2,0 m, proporcionaram resultados significativamente semelhantes em altura aos 120 dias de idade até os 420 dias, enquanto que para o diâmetro de caule a semelhança foi mantida apenas aos 120 até 180 dias, evidenciando interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento da aroeira pimenteira a partir dos 180 dias.

Assim, para efetividade dos plantios de restauração ecológica, bem como para redução do custo final de implantação e inclusive para maior incremento da biomassa dos plantios, é essencial maiores estudos a respeito das técnicas e métodos de manejo mais ideais e aplicáveis, para que se atinja, da melhor maneira possível, a finalidade almejada com os plantios de restauração ecológica.

3. Material e Métodos

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado na cidade de Borborema-SP nas áreas do entorno de um reservatório de água que abastece a UHE (Usina Hidrelétrica) de Promissão, da empresa AES-Tietê. A área de instalação do experimento era considerada como de pastagem degradada.

Durante o período de instalação desse reservatório, as áreas ciliares originais foram inundadas a um nível operacional normal da linha de água, que foi

determinado por estudos técnicos, abrangendo áreas não ciliares. Essas faixas contidas entre o nível máximo e o nível normal de cheia dos reservatórios, correspondem à área de implantação dos reflorestamentos da empresa. Essas faixas são extensas, porém muito estreitas.

O limite da linha da água do reservatório não é afetado por flutuações sazonais como as precipitações. Como a extremidade inferior do projeto é definida pelo nível normal da planta hidrelétrica, não existe a possibilidade das áreas do projeto serem alagadas sazonalmente, mesmo sabendo que as bacias do Rio Tietê, Grande e Pardo, sofrem flutuações entre as estações, sendo a mais úmida no período de Outubro-Abril e a mais seca de Maio-Setembro.



Figura 1: Mapa do Estado de São Paulo destacando a cidade de Borborema localizada às margens do Rio Tietê.

3.1.1 Características climáticas

Segunda a classificação de Koeppen o clima da região de Borborema- SP é Aw, com máxima de 29,7°C, mínima de 16,4°C e temperatura média de 23,1°C. A precipitação anual é de 1.278 mm. A mínima precipitação mensal é de 23,4 mm e a máxima pode chegar a 250 mm. Os dados mensais referente ao ano de 2010 é da cidade de Araraquara que está a 113 Km de distância de Borborema, na mesma

bacia hidrográfica. Os dados de janeiro de 2011 a janeiro de 2012 são referentes à cidade de Borborema. Seguem os gráficos referentes à deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo desses anos.

Tabela 2 - Dados de temperatura máxima, mínima e precipitação por mês em 2010, da cidade de Araraquara, que se encontra na mesma bacia hidrográfica.

Meses	Precipitação	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
Janeiro	264,0	29,9	22,0
Fevereiro	80,9	31,1	21,9
Março	112,0	30,9	21,5
Abril	88,0	29,7	18,4
Maio	8,0	24,5	15,8
Junho	20,0	25,7	14,4
Julho	10,0	28,1	16,4
Agosto	0,0	29,9	15,4
Setembro	138,9	28,9	19,1
Outubro	49,0	27,9	18,3
Novembro	11,0	30,3	20,1
Dezembro	201,0	30,5	21,7
Acumulado	982,8	29,0	18,7

Fonte: CIIGRO – IAC

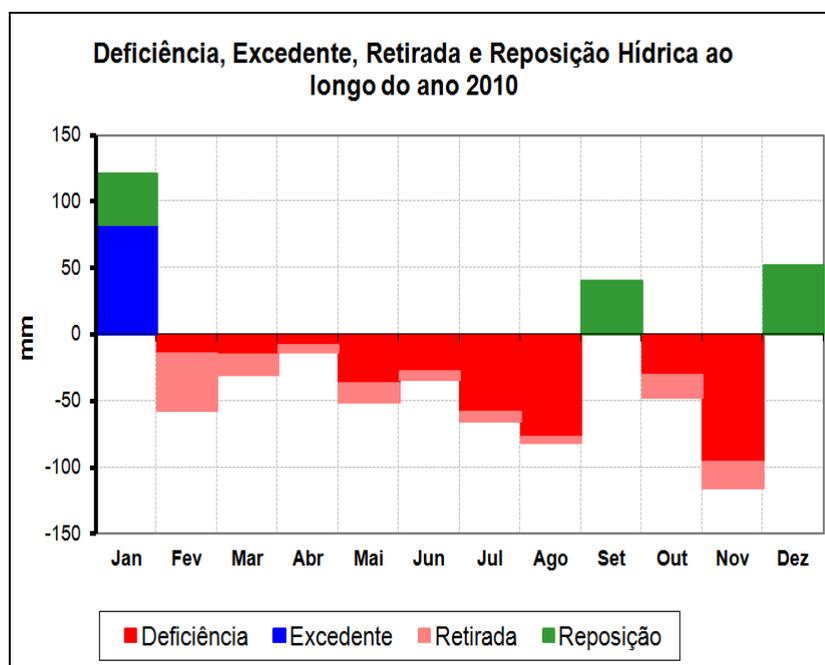


Figura 2: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano 2010, da cidade de Araraquara, localizada na mesma bacia hidrográfica de Borborema.

Tabela 3 - Dados de temperatura máxima, mínima e precipitação por mês da cidade de Borborema em 2011 e Janeiro de 2012.

Meses	Precipitação	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
Janeiro	339,2	31,3	21,6
Fevereiro	175,6	33,1	20,6
Março	173,0	29,2	20,2
Abril	72,4	30,7	17,2
Maio	3,8	28,5	11,6
Junho	32,6	27,1	7,7
Julho	1,4	29,7	10,2
Agosto	6,4	30,8	11,8
Setembro	20,0	32,8	13,5
Outubro	136,4	31,7	18,2
Novembro	81,6	30,9	17,3
Dezembro	165,6	32,1	18,4
Acumulado	1208,0	30,7	15,7
Jan/2012	169,2	30,8	18,9

Fonte: CIIGRO – IAC

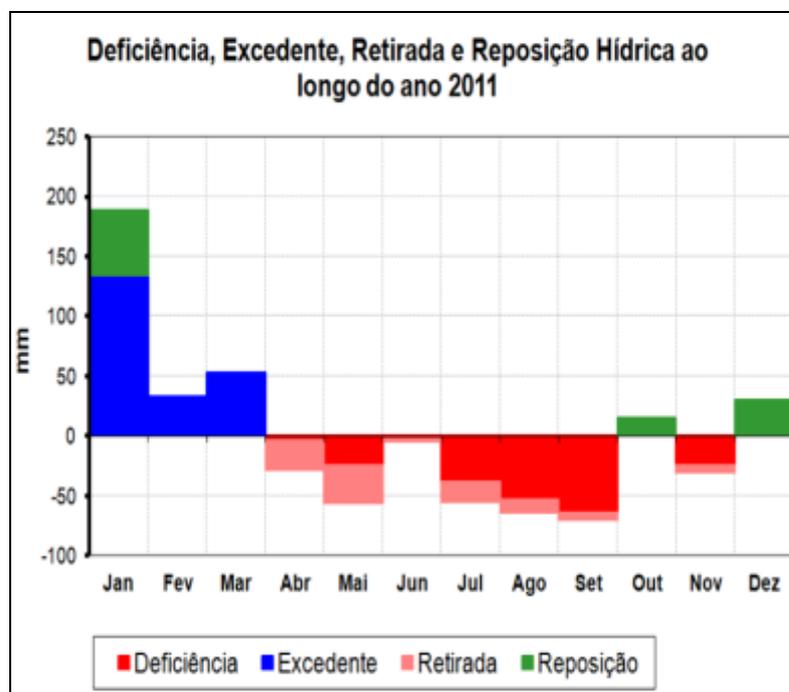


Figura 3: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano 2011, da cidade de Borborema.

3.1.2 Características de solo e relevo

Segundo dados topográficos do Estado de São Paulo, a Região de Borborema está a 429 m de altitude em relação ao nível do mar. (PERROTTA et. al., 2005), dados do SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission).

Segundo dados publicados pelo Governo do Estado de São Paulo, Borborema está sobre a formação geológica do Grupo Bauru (DAEE –Departamento de Águas e Energia Elétrica : IG-Instituto Geológico : IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005).

Segundo dados fornecidos pela empresa, as principais características dos solos encontrados em suas áreas têm as seguintes características: Profundidade; Friabilidade e alta drenagem. Os principais tipos de solo encontrados são: latossolo, argissolos e nitossolos. Tipos de rochas encontradas na região são as basálticas. (AES-Tietê. Formulário do Documento de Concepção do Projeto para Atividades do Projeto de Florestamento e Reflorestamento (MDL-F/R-DCP), 2009).

Em abril de 2011 foi realizada uma análise química do solo na área do experimento. A análise foi realizada no Laboratório de Ecologia Aplicada da ESALQ-USP (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise química do solo encontrado na área do experimento

Identificação	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	Sat. Al ⁺³
Bloco	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmolc dm ⁻³					___ % ___			
Área seca												
B 1	6	8	4,5	1,8	4	2	20	2	8	28	30	18
B 2	3	6	4,4	1,6	3	1	17	2	6	23	26	21
B 3/4	3	6	4,6	1,3	5	2	17	1	9	26	34	12
Composto	6	5	4,3	1,2	5	2	18	2	8	26	32	20
Área úmida												
B1	3	8	4,5	1,1	3	2	16	1	6	22	26	20
B 2/3	3	7	4	1,4	5	1	19	2	7	25	27	22
B 4	3	7	4,3	1,2	4	2	18	2	7	25	30	24
Composto	2	5	4,3	1,2	5	2	19	3	9	28	31	23

Extratores: M.O: Oxi-Red.; pH: Sol. CaCl₂; S-SO₄⁻²; BaCl₂ em pó; P, K, Ca, Mg: Resina; Al: KCl; H+Al: Tampão SMP; SB (Soma de Bases), T (Capacidade de Troca Catiônica); V (Saturação de Bases): Cálculo

O relevo da região é classificado como plano a suavemente ondulado. A região se encontra no Planalto Centro Ocidental do estado de São Paulo (CRISCUOLO E HOTT, 2005).

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi instalado em dois sítios com umidades de solo distintas, nomeados de área seca e área úmida. O ensaio possui delineamento fatorial completo 2 X 2, com dois fatores e dois níveis de cada fator, totalizando 4 tratamentos.

Na área seca, o delineamento se baseou em 4 blocos casualizados com os 4 tratamentos distribuídos em parcelas aleatórias, totalizando 16 parcelas.

Os dois fatores do estudo são:

- i) Sistema silvicultural, denominado **Manejo**, refere-se aos tratamentos silviculturais de controle de mato competição e fertilização; e
- ii) Qualidade das mudas implantadas, fator caracterizado pelo tipo de recipiente de produção de mudas, denominado **Tubete**.

Os dois níveis de cada um dos fatores são:

Manejo potencial – Sistema silvicultural que minimiza os estresses ambientais das plantas. Foram realizados maiores números de controles de mato competição e aplicadas maiores quantidades de fertilizantes evitando deficiências nutricionais.

Manejo convencional - Sistema silvicultural recomendado pelas especificações técnicas da empresa, seguindo um padrão mínimo de práticas silviculturais.

Tubete pequeno – Mudanças produzidas em recipientes com 56 cm³, com menor biomassa aérea e radicular.

Tubete grande – Mudanças produzidas em recipientes com 290 cm³, com maior biomassa aérea e radicular.

Os tratamentos são:

- CP- Manejo convencional da empresa com mudas de tubete pequeno (56 cm³).
- CG- Manejo convencional da empresa com mudas de tubete grande (290 cm³).

- PP- Manejo potencial sugerido com mudas de tubete pequeno (56 cm³).
- PG- Manejo potencial sugerido com mudas de tubete grande (290 cm³).

Para a área úmida foram instalados os 4 tratamentos inteiramente ao acaso diferenciados por zona de alagamento.

- Zona de alagamento 1 – Baixo nível de alagamento
- Zona de alagamento 2 – Médio nível de alagamento
- Zona de Alagamento 3 – Total nível de alagamento

A disposição das parcelas e dos blocos é demonstrada na figura 04.

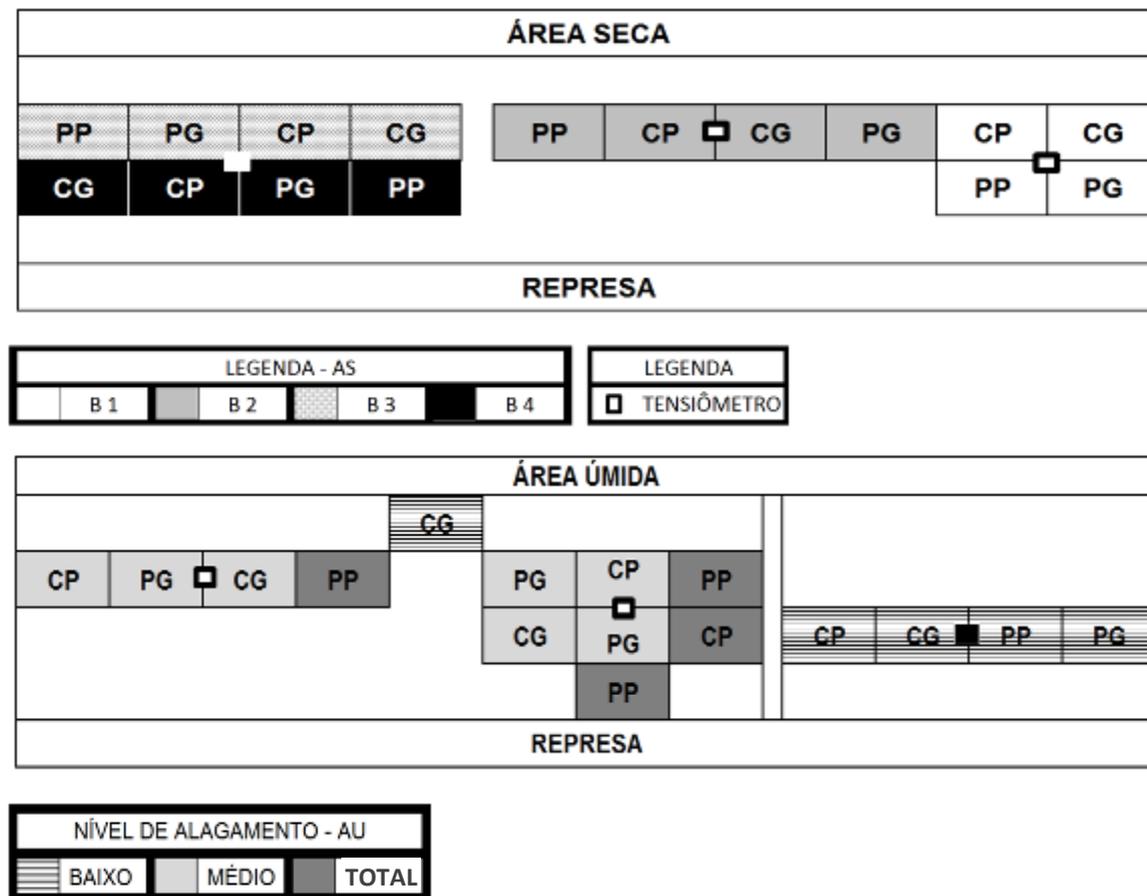


Figura 4 - Disposição das parcelas e dos blocos. Croqui de instalação. CP- Manejo convencional da empresa com mudas de tubete pequeno (56 cm³). CG- Manejo convencional da empresa com mudas de tubete grande (290 cm³). PP- Manejo potencial sugerido com mudas de tubete pequeno (56 cm³). PG- Manejo potencial sugerido com mudas de tubete grande (290 cm³). Blocos: B1, B2, B3 e B4. Zonas de alagamento da área úmida: Baixo, Médio e Total. Grupo de tensiômetros instalados.

Foram utilizadas 30 espécies nativas da região.

As parcelas eram retangulares, cada parcela possui 12 linhas de 20 plantas cada, totalizando 240 plantas por parcela. Para os levantamentos de dados, mediu-

se a parcela útil, que exclui uma bordadura simples, dessa forma existem 180 plantas na parcela útil. Cada parcela útil possui seis indivíduos por espécie. A área total da parcela é de 1.200 m² e da parcela útil 900 m².

3.2.1 Composição florística

O modelo de plantio aplicado nos reflorestamentos convencionais da empresa determina uma classificação das espécies em grupos silviculturais, de acordo com aspectos relacionados ao comportamento ecológico e a seu potencial de fixação de carbono atmosférico. A nomenclatura sugerida aos grupos é: Grupo A, B e C (A- crescimento rápido; B- crescimento médio; C- crescimento lento).

Nesse estudo, inicialmente adotou-se a classificação das espécies conforme as especificações da empresa. Porém, com os resultados desse experimento era pretendido verificar se a classificação adotada para esse grupo de espécies é válida.

A partir dos resultados obtidos as espécies foram reclassificadas em dois grupos: crescimento acelerado e lento.

Foram trinta espécies nativas implantadas em ordem idêntica nos tratamentos. No grupo de espécies de crescimento acelerado encontram-se principalmente as espécies pioneiras e secundárias iniciais e no ultimo grupo nomeado de crescimento lento principalmente as espécies classificadas como secundárias tardias e clímax (Tabela 05). Como todas as áreas disponíveis nas margens dos reservatórios da empresa são estreitas, dificulta a implantação desse experimento incluindo um maior número de espécies, por esse fato, as 30 espécies escolhidas representam as características ecológicas principais das espécies 120 espécies implantadas nos projetos de reflorestamento da AES-Tietê.

Tabela 5 - Espécies arbóreas nativas implantadas. Nome popular, nome científico, família, classe ecológica e sigla de identificação no experimento. Classificação de crescimento conforme especificações para os plantios da empresa AES-Tietê.

LISTA DE ESPÉCIES IMPLANTADAS				
Nome Popular	Nome Científico	Família	Classe Ecol.*	Sigla
CRESCIMENTO RÁPIDO				
ANGICO-VERMELHO	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Mimosoideae	P	ANV
ALGODOEIRO	<i>Heliocarpus americanus</i>	Tiliaceae	P	ALG
AROEIRA-PIMENTEIRA	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Anacardiaceae	P	PIM
CANAFÍSTULA	<i>Peltophorum dubium</i>	Caesalpinioideae	P	CAN
CAPIXINGUI	<i>Croton floribundus</i>	Euphorbiaceae	P	CPX
LIXEIRA	<i>Aloysia virgata</i>	Verbenaceae	P	LIX
MONJOLEIRO	<i>Acacia polyphylla</i>	Mimosoideae	P	MOJ
PAU-VIOLA	<i>Cytharexylum myrianthum</i>	Verbenaceae	P	PAV
SANGRA-D'ÁGUA	<i>Croton urucurana Baill.</i>	Euphorbiaceae	P	DAS
ANGICO-BRANCO	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Mimosoideae	NP	ANB
CRESCIMENTO MÉDIO				
AMENDOIM-BRAVO	<i>Pterogyne nitens</i>	Caesalpinioideae	P	AMB
CEDRO-ROSA	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	NP	CDR
DEDALEIRO	<i>Lafoensia pacari</i>	Lythraceae	NP	DED
FALSO-TIMBÓ	<i>Lonchocarpus guilleminianus</i>	Papilionoideae	P	FLT
FIGUEIRA-BRANCA	<i>Ficus guaranitica</i>	Moraceae	NP	FIG
GUAIUVIRA	<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae	P	GUV
PAINEIRA-ROSA	<i>Chorisia speciosa</i>	Malvaceae	NP	PNR
PAU-D'ALHO	<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	NP	PDA
SOBRASIL	<i>Colubrina glandulosa</i>	Rhamnaceae	P	SOB
TIMBURI	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Mimosoideae	P	TIM
CRESCIMENTO LENTO				
ARAÇA CAGÃO	<i>Psidium rufum</i>	Myrtaceae	NP	ARÇ
AROEIRA-PRETA	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Anacardiaceae	P	PRE
CABREÚVA	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Papilionoideae	NP	CAB
GUARANTÃ	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	Rutaceae	NP	GTÃ
GUARITÁ	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	NP	GAR
IPÊ-ROXO-DE-BOLA	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae	NP	IRB
IPÊ-ROXO-DE-SETE-FOLHAS	<i>Tabebuia heptaphylla</i>	Bignoniaceae	NP	ISF
JEQUITIBÁ-ROSA	<i>Cariniana legalis</i>	Lecythidaceae	NP	JER
LAPACHO	<i>Poecilanthe parviflora</i>	Papilionoideae	NP	LPX
PEROBA-POCA	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Apocynaceae	NP	PRP

* Classe Ecol. P- Pioneira; NP- Não Pioneira

As espécies foram distribuídas em campo como “mix” (mistura pré-organizada) dos grupos funcionais. A figura 05 refere-se à distribuição das espécies no campo, que respeitou a classificação indicada pela empresa (grupo A, B e C). Todas as parcelas possuem o mesmo “mix” de espécies e a mesma disposição.

FIG	LPX	MOJ	FLT	CAB	CAN	CDR	GTÃ	ANB	AMB	IRB	ANV	TIM	PRP	CPX	PNR	GAR	PAV	SOB	ARÇ
PRE	ANV	SOB	CAB	ALG	TIM	PRP	PIM	GUV	ISF	CAN	FLT	GTÃ	CPX	CDR	GAR	LIX	FIG	PRE	DAS
ALG	FLT	GAR	MOJ	AMB	LPX	PAV	PDA	JER	DAS	DED	LPX	ANB	SOB	PRE	ANV	PNR	IRB	DAS	AMB
PDA	ARÇ	LIX	GUV	JER	CPX	SOB	GAR	MOJ	CDR	PRE	PIM	FIG	IRB	ALG	DED	ISF	PAV	FLT	CAB
IRB	ANB	TIM	IRB	CAN	FLT	CAB	LIX	AMB	LPX	ANB	PNR	ISF	ANV	PDA	GTÃ	ALG	SOB	ARÇ	LIX
PIM	PNR	JER	ALG	CDR	PRE	CPX	FIG	ARÇ	PAV	PDA	PRP	CAN	AMB	ISF	PIM	TIM	GTÃ	LIX	DED
GUV	PRE	ANV	FIG	ARÇ	ANB	CDR	CAB	DAS	DED	GAR	PAV	PDA	JER	MOJ	FLT	PRP	MOJ	TIM	GTÃ
ISF	DAS	AMB	GAR	PAV	PNR	JER	CAN	TIM	CAB	PIM	AMB	PRP	CPX	GUV	CAB	DAS	CDR	GTÃ	MOJ
DAS	CDR	LPX	ANV	DED	GTÃ	LIX	FLT	IRB	ANB	GUV	ARÇ	DAS	PDA	JER	ALG	SOB	ISF	CPX	FIG
DED	GTÃ	PIM	GUV	CAB	MOJ	DED	ISF	CPX	SOB	IRB	CAN	PNR	PRP	ANV	FIG	LPX	ANB	GUV	ISF
JER	CAN	PNR	LPX	PIM	FIG	PRE	MOJ	PDA	PRP	LIX	TIM	GAR	PAV	DED	ARÇ	ALG	AMB	IRB	ALG
CPX	GUV	JER	ANV	PDA	PRP	PAV	PNR	ARÇ	LIX	SOB	PRE	ANB	CDR	GAR	PIM	FLT	LPX	CAN	TIM

Legenda				
Rápido	Médio	Lento	N	Parcela útil

Figura 5 - Disposição das espécies no campo conforme classificação de ritmo de crescimento adotada pela empresa AES- Tietê. Crescimento rápido, médio e lento.

3.2.2 Fatorial qualidade da muda

Para verificar se a qualidade da muda tem influência na restauração de uma área com espécies nativas, este trabalho utilizou dois tipos de qualidade de mudas para todas as espécies, aquelas produzidas em tubete pequeno com 56 cm³ e as produzidas em tubete grande com 290 cm³. O tamanho do recipiente de produção de mudas define qual o volume de substrato que poderá ser explorado pelas raízes, a maior quantidade de raízes na fase de desenvolvimento das mudas é um fator que influencia no diâmetro do colo e altura que as mudas conseguem alcançar. Por esse motivo, a qualidade da muda foi estipulada a partir do volume do recipiente de produção. As mudas foram produzidas no Viveiro Camará, no município de Ibaté – SP.

O processo de coleta de sementes para a produção de mudas nativas obedece aos critérios de diversidade genética, ou seja, procura-se coletar no mínimo 12 matrizes por espécie para compor um lote de sementes. Após a coleta dos frutos, esses foram secos ao sol ou à sombra, dependendo da especificidade da espécie, até sua abertura. Após esse processo, ocorre a retirada das sementes do fruto e beneficiamento das mesmas. O processo de beneficiamento das sementes também é específico por espécie.

As sementes foram armazenadas em câmara fria de 10°C a 12°C e umidade relativa de 60% a 70%, onde são organizadas por lote de cada espécie.

Todas as mudas foram produzidas por meio de semeadura direta, sendo que as mudas de tubete grande foram semeadas em “plugs” de bandejas plásticas, com 10 cm³ de substrato. Após a semeadura, os tubetes e “plugs” permaneceram em casa de sombra por sessenta dias em média. Após esse período os tubetes pequenos foram transferidos para o pleno sol e os “plugs” foram transplantados para o tubete grande, que são colocados em área de pleno sol também.

Os tubetes pequenos receberam espaçamento de 50%, sendo que conforme a necessidade das espécies, após três a quatro meses de idade, as mudas foram espaçadas até 25%. Após transplante dos plugs para os tubetes grandes, eles foram espaçados em 25%, em seguida saíram da casa de sombra e permaneceram assim até a expedição.

O substrato utilizado foi um composto por 20% de fibra de coco; 30% de casca de arroz carbonizada; 20% de vermiculita e 30% de material orgânico. A homogeneização do substrato foi realizada no próprio viveiro e a adubação de base foi de 2,5 kg/m³ de Osmocote 15:09:12 com micronutrientes. A fertilização de cobertura foi realizada via fertirrigação.

Em dezembro de 2009 foi realizado inventário de uma amostra de 15 mudas de cada espécie e de cada tipo de recipiente, com um total de 30 mudas por espécie. Para verificar o desenvolvimento das mudas e comparar a qualidade das mudas entre tubete pequeno e tubete grande, foram medidos os diâmetros do colo e as alturas.

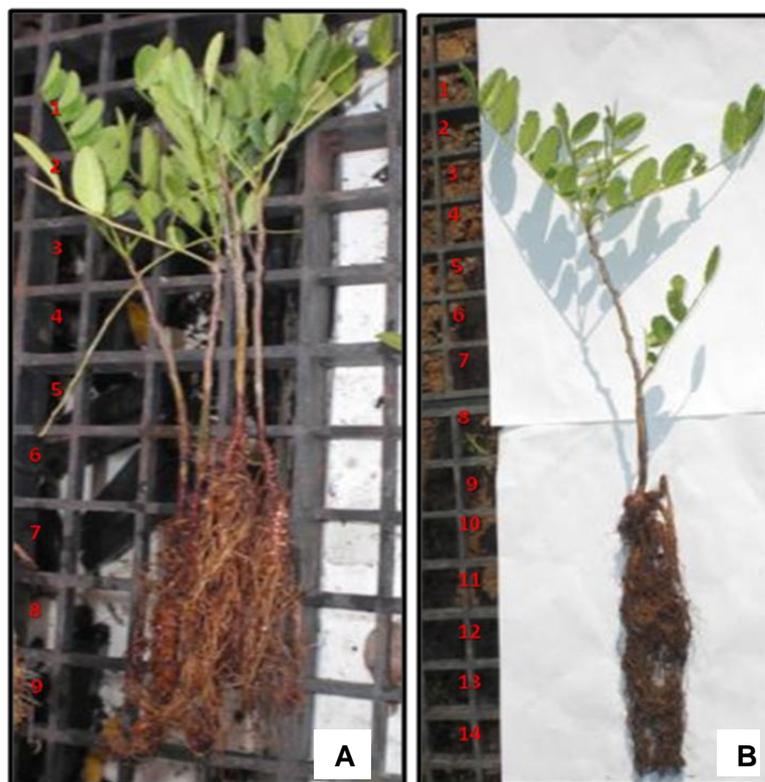


Figura 6 - Mudanças na expedição. A esquerda, A, é uma muda de tubete grande de Amendoim-bravo (*Pterogyne nitens* Tul) e a direita, B, um conjunto de 5 mudas da mesma espécie de tubetes pequenos. Pelas células da bandeja plana ao fundo é possível comparar que a muda de tubete grande ocupa, em altura, o equivalente a 14 células enquanto que a muda do tubete pequeno ocupa 9 células.



Figura 7 - Mudanças semeadas em bandejas (B) com "plugs" que após germinação são transplantadas para o tubete grande 290 cm³.



Figura 8 - Mudas P (tubete pequeno 56 cm³) e G (tubete pequeno 290 cm³). Espécies respectivamente da esquerda para direita: Figueira branca, Guarantã, Sobrasil e Amendoim-bravo.

3.2.3 Fatorial manejo Silvicultural

O preparo da área ocorreu em Janeiro 2010. Foi realizada roçada e aplicação de herbicida em área total, a dosagem utilizada foi de 2 kg ha⁻¹ do herbicida glifosato. Após o controle de ervas espontâneas, foi realizada a subsolagem com profundidade de 70 cm. Para o plantio, foi realizado o alinhamento esquadrejado entre linhas e entre plantas. As covas foram feitas manualmente com auxílio de enxadão e cavadeira. Tanto na implantação quanto nos replantios foi utilizado hidrogel na cova.

O espaçamento foi 2,5 x 2 m, totalizando 2.000 plantas por hectare. A área total do experimento é de 3.8 ha.

O combate à formiga foi realizado no pré-plantio, durante as manutenções ocorreu com uma periodicidade de três meses até o plantio completar 1,5 ano, de forma sistemática. Quando necessário era realizada a aplicação localizada e o combate era feito fora do período indicado.

O plantio foi realizado em Fevereiro de 2010. Nos meses de Maio e Setembro de 2010 ocorreu o replantio das espécies, por isso o controle de plantas espontâneas em ambos os tratamentos foi realizado em área total, sendo que ocorreu a roçada mecanizada na entrelinha e a manual nas linhas, principalmente ao redor das mudas.

Em plantios de espécies nativas é necessário esperar um período maior para análise de mortalidade do que convencionalmente é aplicado a plantios de espécies florestais exóticas (um mês). As espécies nativas possuem uma capacidade de rebrota muito eficiente, observou-se que muitas espécies perderam todas as folhas após o plantio, devido aos estresses causados no transporte de mudas, distribuição no campo e plantio. Após 2 a 3 meses a maioria das espécies recuperou suas folhas e a partir desse ponto iniciaram seu desenvolvimento em campo. Partindo dessa resposta das mudas plantadas, especificou-se nos plantios de AES que o levantamento de mortalidade e conseqüentemente o replantio devem ocorrer após três meses de plantio.

A adubação de base foi determinada a partir de experiências anteriores, de experimentos instalados oito meses antes deste trabalho nas áreas da empresa. Assim, a adubação de base foi realizada com o dobro da quantidade que a AES especificava. A adubação de base foi de 200g/cova de NPK – 06:30:06, o fertilizante foi aplicado em covetas laterais. A adubação de base foi realizada após 25 dias da data de plantio, após o estabelecimento das raízes finas.

As manutenções ocorreram de maneira diferenciada entre os tratamentos de manejo Potencial e Convencional. O tratamento potencial recebeu mais controles químicos e mecânicos de ervas espontâneas que o tratamento convencional, como é mostrado na tabela 06.

Tabela 6 - Cronograma de controle de ervas espontâneas no período de 2010 a 2012, segundo o fatorial manejo.

CONTROLE DE MATO COMPETIÇÃO					
DATA	ATIVIDADE	Manejo POTENCIAL	Manejo CONVENCIONAL		
JAN/2010	ÁREA TOTAL	X	X		
ABR/2010	COROAMENTO DAS MUDAS	X			
MAI/2010	<ul style="list-style-type: none"> • COROAMENTO NAS MUDAS; • ROÇADA MECANIZADA NA ENTRELINHA; • APLICAÇÃO DE HERBICIDA NA ENTRELINHA 	X	X		
JUL/2010	<ul style="list-style-type: none"> • ROÇADA ENTRELINHA; • COROAMENTO DAS MUDAS 	X			
SET/2010	<ul style="list-style-type: none"> • COROAMENTO NAS MUDAS; • ROÇADA MECANIZADA NA ENTRELINHA; • APLICAÇÃO DE HERBICIDA NA ENTRELINHA 	X	X		
NOV/2010	<ul style="list-style-type: none"> • ROÇADA ENTRELINHA; • COROAMENTO DAS MUDAS 	X			
JAN/2011	<ul style="list-style-type: none"> • ROÇADA NA ENTRELINHA; • APLICAÇÃO DE HERBICIDA NA ENTRELINHA 	X	X		
AGO/2011	<ul style="list-style-type: none"> • ROÇADA NA ENTRELINHA; • APLICAÇÃO DE HERBICIDA NA ENTRELINHA 	X	X		
JAN 2012	<ul style="list-style-type: none"> • ROÇADA NA ENTRELINHA; • APLICAÇÃO DE HERBICIDA NA ENTRELINHA 	X	X		



Figura 9 - Área onde a planta foi coroada no fatorial Manejo Potencial e uma área sem controle de ervas espontâneas do Manejo Convencional, aos 4 meses de idade, na área seca.

A adubação de cobertura foi diferenciada conforme os tratamentos de Manejo Potencial e Manejo Convencional. Foram aplicados fertilizantes de cada nutriente puro. Essa adubação de cobertura ocorreu aos oito meses de idade do

plântio, por esse motivo em setembro, anterior ao replântio, foi realizada a eliminação completa das ervas espontâneas. O fertilizante foi aplicado em uma única cova, localizada a 1m da planta, entre as duas plantas da linha. A aplicação de calcário ocorreu em área total nas parcelas do tratamento potencial.

A adubação de base nomeada como AES- 2010 refere-se  indicação do fertilizante que foi dado segundo a norma técnica da empresa. Nesse período a empresa indicava a aplicação de 50% da recomendação dada nesse experimento, do fertilizante NPK 06-30-06, porém outros estudos tinham apresentado melhores respostas a essa recomendação, com isso esse experimento aplicou o dobro da quantidade recomendada pelas normas tnicas da empresa. As tabelas 7 e 8 apresentam as quantidades dos fertilizantes aplicados conforme os tratamentos do fatorial manejo.

Tabela 7 - Dados de fertilização de base e de cobertura do sistema de manejo silvicultural Convencional.

Adubação de Base			
	g/planta	Kg ha ⁻¹	Fertilizante
AES- 2010	200	400	NPK 06-30-06
Adubação de Cobertura			
CONVENCIONAL	60	120	NPK 12-00-24

Tabela 8 - Dados de fertilização de base e de cobertura do sistema de manejo silvicultural Potencial.

Adubação de Base			
	g/planta	Kg ha ⁻¹	Fertilizante
AES- 2010	200	400	NPK 06-30-06
Adubação de Cobertura			
	250	500	Sulfato de amnio
	250	500	Super fosfato simples
POTENCIAL	50	100	Cloreto de potássio
	-	3.000	Calcário Dolomítico
	40	80	FTEBR 12 - micronutrientes

3.3 Avaliação da umidade do solo

Uma análise de umidade do solo foi realizada para definição dos locais: Áreas Ciliares Úmidas (U) e Áreas Ciliares Secas (S). A análise aplicada pondera o relevo do terreno e indícios de locais com nascentes ou pontos de maior acúmulo de água.

Para isso foram adquiridas cartas topográficas do Instituto Geográfico e cartográfico –SP. Essas são fotos aéreas de 1988, com restituição em 1991/92, que fazem parte do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, com responsabilidade da Coordenadoria de Planejamento Regional. São Projeções em UTM (Universal Transversal de Mercator), com referência horizontal do Córrego Alegre- MG e referência vertical do Marégrafo de Imbituba- SC, com meridiano central de 51° e de 22, com quadrícula 1000 m, em escala 1:10 000 e curvas de nível de 5 m. As folhas adquiridas foram: 047/65; 047/66 e 048/66. Essas folhas foram digitalizadas no programa de georeferenciamento ARCGIS versão 9.3, no laboratório de Métodos Quantitativos da ESALQ/USP.

A partir da carta topográfica digitalizada foi aplicada a metodologia de mapeamento das AHS – Áreas Hidrologicamente Sensíveis, desenvolvido por AGNEW et. al. (2006).

Esse método está associado ao conceito de Áreas Variáveis de Afluência (AVA); através do mesmo é possível classificar as áreas conforme dois parâmetros correlacionados: índice topográfico (verificado por dados gerados por SIG) e proximidade do córrego. A relação desses parâmetros permite determinar o quanto uma área sofre escoamento superficial, sendo considerada uma área hidrologicamente sensível. Com esse método foi possível gerar o mapa da figura 10.

O mapa da figura 10 classifica cada área conforme sua umidade do solo. As áreas com tons azulados são aquelas com maior umidade, sendo que quanto mais escura a tonalidade maior o nível de umidade. As áreas com tons avermelhados são mais secas, tendo a mesma regra de tonalidade. As áreas amareladas são intermediárias, tendendo para áreas mais secas.

Dessa forma, as áreas do experimento, foram escolhidas conforme o mapa de umidade do solo e estão destacadas na Figura 10, sendo AU – área úmida e AS – área seca.

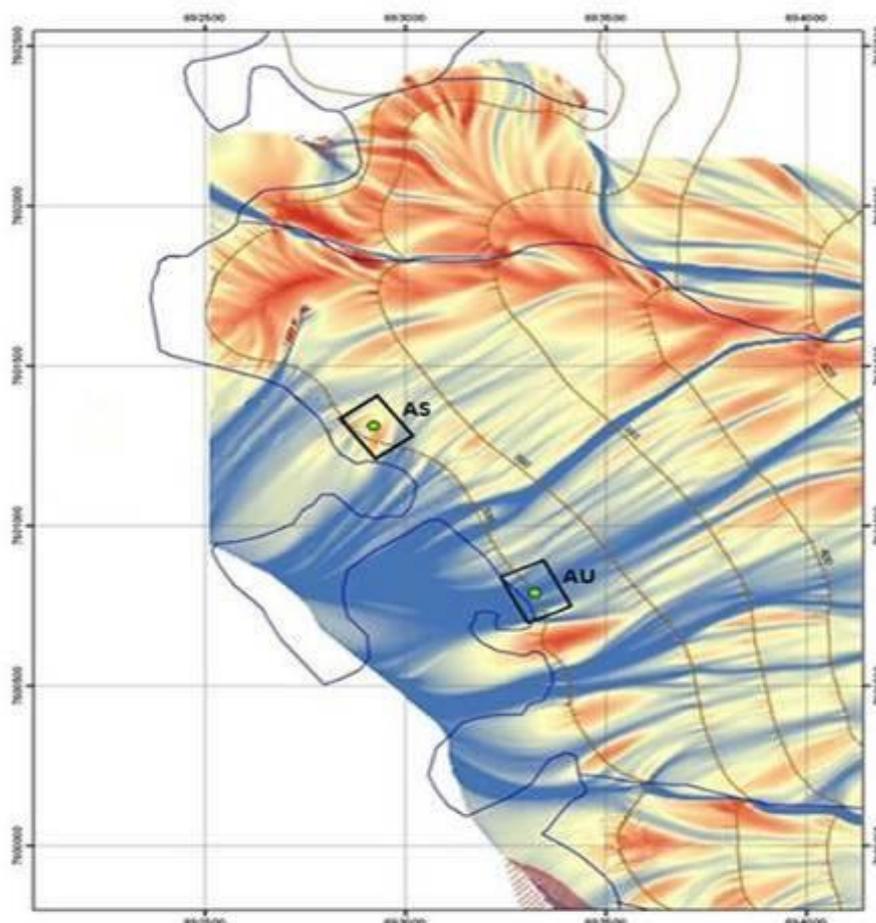


Figura 10 - Mapa de umidade do solo da área experimental, obtido segundo método de Agnew et. al. (2006). Áreas com tons azulados apresentam maior umidade, quanto mais escura a tonalidade maior o nível de umidade. Os tons avermelhados representam áreas mais secas, tendo a mesma regra de tonalidade. As áreas amareladas são intermediárias, tendendo para áreas mais secas. Destaque para: AU – área úmida e AS – área seca. Desenvolvido no Laboratório de Hidrologia Florestal ESALQ/USP.

Para verificar se as áreas selecionadas realmente representavam diferentes umidades do solo, foram instalados 9 tensiômetros em cada área, nas profundidades de 20 cm, 40 cm e 60 cm da superfície do solo.

O tensiômetro é um aparelho de fácil manuseio e instalação, que é capaz de medir uma tensão de vapor ou uma tensão superficial no solo, aferindo com que tensão/força a água esta retida, conforme a profundidade em que está instalado.

O instrumento é constituído por um tubo plástico, de comprimento variável, em cuja extremidade inferior há uma cápsula de porcelana porosa. É fechado na extremidade superior por uma rolha de borracha siliconada que o veda. Para tomada dos dados de tensão é utilizado um manômetro que possui uma agulha, que ao penetrar pela borracha na extremidade indica o vácuo existente dentro do aparelho.

Normalmente o aparelho é recomendado para o manejo da irrigação na maioria das hortaliças cultivadas em campo ou sob cultivo protegido, culturas irrigadas por pivô central, gotejamento, ou qualquer outro tipo de irrigação.

A solução do solo e água contida no aparelho entra em equilíbrio quando a cápsula porosa está em contato com o solo. Quando existe a sucção da água interna do aparelho pela tensão da água do solo, realizando força suficiente para retirar água do aparelho, observa-se que a pressão interna diminui, formando um vácuo dentro dele. Esse vácuo apresenta na leitura do manômetro a pressão negativa que está ocorrendo, indicando o potencial matricial da água no solo. As unidades de medida podem ser em kPa, cbar, mmHg e cmH₂O.

A medição que o tensiômetro realiza refere-se diretamente à tensão da água e indiretamente a porcentagem de água do solo, sendo que a indicação de valores baixos representa solo mais úmido e valores altos representam solos secos.



Figura 11: Tensiômetro instalado no solo. Conjunto de tensiômetros em cada profundidade (20, 40 e 60 cm, respectivamente) e manômetro digital que obtém a leitura do potencial matricial de água no solo.

As manutenções e leituras dos tensiômetros no campo foram realizadas semanalmente, no período de um ano a partir de março de 2010.

Para relacionar os valores obtidos da tensão que a água está retida no solo, dados pelos tensiômetros, com o teor de água no solo, é necessário desenvolver a curva de retenção de água no solo. Para isso foi aplicada metodologia segundo LIBARDI (2005).

Foram coletadas em campo em cada profundidade em que os tensiômetros foram instalados, (20, 40 e 60 cm), amostras indeformadas de solo em anéis de

alumínio. Foram três amostras por profundidade em cada local, totalizando 54 amostras. No Laboratório de Física dos Solos da ESALQ/USP, foi possível determinar a relação de retenção de água nesse solo em tensões diferentes. Para isso utilizou-se funis de placas porosas (funis de Haines) e câmaras de pressão com placa porosa (câmara de Richards).

Essas amostras foram colocadas saturadas nos Funis e na câmara de pressão, em um suporte com uma lâmina de água. Para saturar as amostras permaneciam 24 horas em recipiente com nível de água até 2/3 de sua altura.

As amostras foram submetidas a tensões de 0,005; 0,01; 0,03; 0,05; 0,08; 0,1; 0,3 e 1 bar.

Essa curva permite observar a quantidade máxima de armazenamento de água ("capacidade de campo"), o armazenamento mínimo (ponto de murchamento) ou o armazenamento em qualquer ponto da curva e assim relacionar com as medições de tensão coletadas com os tensiômetros instalados em campo.

Com esse método foi possível determinar a massa seca do solo em cada tensão aplicada e a massa de água. Com as amostras indeformadas foi possível calcular a densidade do solo. Assim foi calculado o conteúdo de água no solo baseado na massa seca do solo e também baseado no volume.

Dessa forma, foi desenvolvida a curva de retenção de água que permitiu com os dados obtidos pelos tensiômetros, confirmar a diferença de umidade entre as áreas.

3.4 Avaliação dendrometria

Foi realizada uma avaliação dendrométrica aos dois anos de idade.

Foi medido o diâmetro do colo a 30 cm do solo. Apenas três fustes foram considerados em plantas com mais de um fuste, sendo os três maiores.

Utilizou-se paquímetro, fita ou suta conforme a necessidade que os indivíduos exigiam.

As alturas das plantas foram medidas com régua de precisão de 5,0 cm.

Somente as parcelas úteis dos tratamentos, com 180 plantas, foram medidas. Eliminou-se uma bordadura simples.

3.5 Amostragem biomassa da copa

A quantidade de folhas de cada espécie é influenciada por sua arquitetura de copa, ângulo das folhas e arranjo nos ramos, esse desenvolvimento pode ou não ser em resposta ao manejo e condições edafoclimáticas encontradas (LARGER 2006).

Realizou-se inventário de todas as árvores, inclusive da bordadura aos 20 meses de idade. A partir desse levantamento foi possível classificar as plantas em cinco classes de diâmetro. As classes de diâmetro permitiram que cinco indivíduos fossem escolhidos de cada espécie representando cada classe. Desses indivíduos foram coletadas todas as folhas.

Esse processo foi realizado no período de maior quantidade de folhas (verão), pois existem muitas espécies decíduas no experimento.

As folhas da copa foram pesadas em campo, obtendo-se o peso úmido, retirou-se uma amostra que foi levada a laboratório, seca em estufa a 60°C em um período de 72 horas, ou até atingir peso constante; em seguida as amostras foram pesadas, obtendo-se a massa seca.

Com os dados de biomassa foliar de cada espécie, foi possível desenvolver uma equação relacionando o diâmetro, altura e biomassa seca de copa para as espécies de crescimento acelerado e outra equação para espécies de crescimento lento.



Figura 12: Coleta de biomassa foliar. Árvore após a coleta.

3.5.1 Cálculo de biomassa da copa

Com o peso seco das amostras e o peso úmido da copa pesado em campo, foi possível encontrar o teor de umidade de cada espécie. Com o diâmetro e altura de todas as árvores avaliadas, foi possível relacionar com o valor de matéria seca de copa, encontrando uma relação alométrica entre esses valores (Equação 1).

A base da equação estipulada foi a seguinte:

$$\text{Folhas (kg)} = \exp(a + b \cdot \ln(AT) + c \cdot \ln(H)) \quad (1)$$

$$AT = \text{área transversal (cm}^2\text{)}$$

$$H = \text{altura (m)}$$

As equações alométricas de biomassa seca de folhas, sendo uma determinada para as árvores de crescimento acelerado e outra para as árvores de crescimento lento, são:

- Equação para as espécies com ritmo de crescimento lento:

$$\text{Folha} = \exp(2.9758 + 0.40661 \cdot \ln(AT) + 1.1748 \cdot \ln(H)) \quad (1.1)$$

$$r^2 = 0.80 (N = 77, P < 0.0001)$$

- Equação para as espécies com ritmo de crescimento acelerado:

$$\text{Folha} = \exp(1.1994 + 0.22264 \cdot \ln(AT) + 3.08553 \cdot \ln(H)) \quad (1.2)$$

$$r^2 = 0.68 (N = 78, P < 0.0001)$$

$$\text{Folha} = \text{quantidade de matéria seca de folha por fuste (kg)}$$

$$AT = \text{Área transversal de cada fuste (cm}^2\text{)}$$

$$H = \text{Altura do fuste (m)}$$

Sendo que a área transversal foi obtida conforme equação 2:

$$AT = \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (2)$$

D = diâmetro a 30cm (cm)

Ambas as equação obtiveram uma correlação entre as variáveis satisfatória, que é demonstrado com o r^2 relativamente alto. Para a equação das espécies de crescimento lento o r^2 é maior, verificando uma melhor correlação.

3.6 Cálculo de biomassa do lenho

Para se obter a biomassa do tronco das espécies calculou-se o volume de cada árvore, com a equação (3):

$$V = \left(\pi \times \frac{D^2}{4} \times H \times 0,5 \right) \times 1000 \quad (3)$$

V = volume (dm³)

D = diâmetro do colo (cm)

H = altura (m)

Para o cálculo de sua biomassa multiplicou-se o volume obtido pela sua densidade básica da madeira (equação 4):

$$B = V \times db \quad (4)$$

B = biomassa Kg

V = volume (dm³)

db = densidade básica da madeira (gcm³)

A densidade básica da madeira de cada espécie que foi considerada para os cálculos, baseou-se nos dados obtidos por CAMPOE et. al. 2010 (Tabela 09).

Tabela 9 - Densidade básica da madeira por espécie, baseada nos dados obtidos por CAMPOE et. al. 2010.

DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA			
CRESC. ACELERADO	g cm⁻³	CRESC. LENTO	g cm⁻³
ALGODOEIRO	0,29	AMENDOIM-BRAVO	0,50
ANGICO-BRANCO	0,43	ARAÇA CAGÃO	0,48
ANGICO-VERMELHO	0,43	AROEIRA-PRETA	0,44
AROEIRA-PIMENTEIRA	0,44	CABREÚVA	0,48
CANAFÍSTULA	0,45	CEDRO-ROSA	0,31
CAPIXINGUI	0,43	DEDALEIRO	0,50
FIGUEIRA-BRANCA	0,38	FALSO-TIMBÓ	0,48
GUARITÁ	0,44	GUAIUVIRA	0,43
IPÊ-ROXO-DE-BOLA	0,42	GUARANTÃ	0,43
LIXEIRA	0,45	IPÊ-ROXO-DE-SETE-FOLHAS	0,42
MONJOLEIRO	0,50	JEQUITIBÁ-ROSA	0,43
PAINEIRA-ROSA	0,20	LAPACHO	0,50
PAU-VIOLA	0,45	PAU-D'ALHO	0,43
SANGRA-D'ÁGUA	0,34	PEROBA-POCA	0,48
TIMBURI	0,24	SOBRASIL	0,43

3.7 Índice de Área Foliar

Usou-se como referência os dados obtidos por IANNELLI- SERVIN (2007), de AFE (área foliar específica) em m²/Kg, apresentados na tabela 10.

Através da AFE foi possível aferir o IAF – índice de área foliar, dado em m² de folha/ m² solo, por parcela. Esse índice foi obtido a partir da biomassa de copa coletada.

Tabela 10 – Área Foliar Específica obtida por IANNELLI- SERVIN (2007), segundo o fatorial manejo silvicultural (Usual e Máximo, utiliza o mesmo conceito dos tratamentos Convencional e Potencial) e grupo de espécies (Pioneiras e não Pioneiras).

AFE- Área Foliar Específica		
MANEJO	USUAL	MÁXIMO
GRUPO	m² Kg⁻¹	
Pioneiras	8,92	10,49
Não Pioneira	9,79	10,18
Todas	9,35 b	10,33 a

3.8 Análise estatística

Aplicou-se a análise de variância (ANOVA), com quatro tratamentos (potencial, convencional, tubete pequeno e tubete grande), com quatro blocos, para todas as variáveis: altura, diâmetro, biomassa foliar, biomassa do lenho e IAF – índice de área foliar, em nível de parcela.

Aplicou-se o teste Tukey de comparação de médias, com significância em nível de 5%.

Para as análises foi utilizado o pacote estatístico SAS 9.2. Nas análises de regressão das equações alométricas utilizou-se o mesmo software. Para decisão do melhor modelo, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão residual (s).

4. Resultados e Discussão

4.1 Resultados da qualidade de mudas pré-plantio

A tabela 11 representa a média de biomassa aérea por muda de cada espécie, em cada tipo de recipiente de produção, no momento da expedição das mudas para o campo. Comparou-se o ganho em porcentagem do valor de biomassa.

É possível verificar que todas as espécies apresentaram ganho em biomassa aérea de mudas, variando entre 14% a 6300%, comparando o recipiente maior em relação ao menor.

Tabela 11. Biomassa aérea (g) das mudas utilizadas na implantação, no fatorial tubete, pequeno 56 cm³ e grande 290 cm³, comparação do ganho percentual de biomassa aérea entre os dois tipos de mudas, conforme a espécie.

BIOMASSA AÉREA (g) MUDAS PRÉ-PLANTIO			
ESPÉCIE	TUBETE 56 CM³	TUBETE 290 CM³	GANHO %
PNR	0,07	4,48	6300%
MOJ	0,08	1,12	1300%
FIG	0,22	2,64	1100%
ANB	0,08	0,89	1013%
DAS	0,09	0,97	978%
SOB	0,1	0,63	530%
PRP	0,87	5,37	517%
ANV	0,03	0,18	500%
GTÃ	0,44	2,56	482%
ALG	0,31	1,76	468%
CAN	0,15	0,82	447%
FLT	0,17	0,86	406%
ISF	0,1	0,49	390%
GAR	0,13	0,61	369%
CPX	0,53	2,42	357%
DED	0,54	2,35	335%
PAV	0,09	0,39	333%
PIM	0,7	2,52	260%
IRB	0,09	0,3	233%
PDA	0,22	0,66	200%
LIX	0,06	0,18	200%
CAB	0,25	0,68	172%
PRE	0,09	0,19	111%
TIM	0,33	0,69	109%
JER	0,29	0,53	83%
AMB	0,08	0,14	75%
LPX	0,29	0,49	69%
GUV	0,17	0,28	65%
ARÇ	0,13	0,2	54%
CDR	0,14	0,16	14%

Esse resultado demonstra o quanto o sucesso do estabelecimento dessa espécie depende da qualidade da muda implantada. A variação em média de ganho de biomassa da muda no plantio foi de 43,5% entre os recipientes de produção.



Figura 13. Mudanças de tubete pequeno no momento da expedição. Da esquerda para a direita as espécies são respectivamente: Aroeira preta, Guaritã e Guarantã. As alturas equivalem a aproximadamente 11 células da bandeja plana do viveiro, que está apoiando a muda.



Figura 14. Mudanças de tubete pequeno no momento da expedição. Da esquerda para a direita as espécies são respectivamente: Peroba-poca, Cabreúva, Sobrasil, Guaiuvira e Paineira rosa. As alturas equivalem a aproximadamente 12 células da bandeja plana do viveiro, que está apoiando a muda.

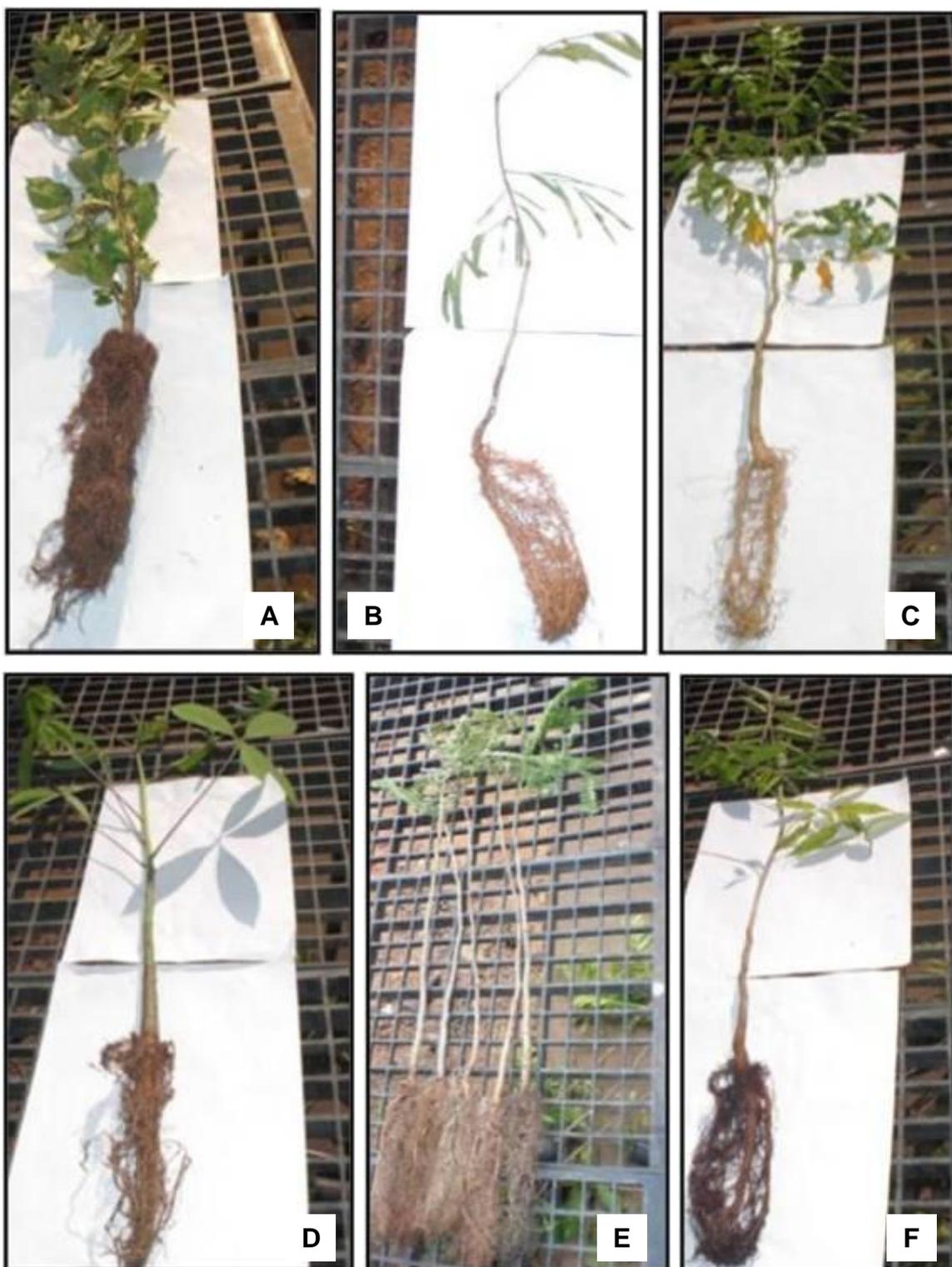


Figura 15. Mudanças de tubete grande no momento da expedição. As espécies são: A- Araça, B- Angico branco, C- Lapacho, D- Paineira rosa, E- Cabreúva e F- Guaritá.. As alturas equivalem a em média a 19 células da bandeja plana do viveiro, que está apoiando a muda.

Comparando com os resultados obtidos por CUNHA et. al. (2005), que constatou que mudas provenientes de produção com recipiente de $11,47 \text{ dm}^3$ atingiram altura superior a 15 cm, comparado com mudas produzidas em recipiente

de 5,65 dm³, além disso, em seu experimento, os tratamentos que utilizaram mudas de recipientes com 3,38 dm³ e 2,52 dm³ apresentaram comprimento de raiz inferior aos dois tratamentos anteriores, com recipientes de 11,47 dm³ e 5,65 dm³. De acordo com STURION e ANTUNES (2000), um dos parâmetros usados para avaliar a qualidade de mudas florestais é a relação altura/diâmetro do colo, que refletir o acúmulo de reservas, maior resistência às condições de campo e melhor desenvolvimento das raízes no solo. CUNHA et. al. (2005), afirma que mudas com baixo diâmetro do colo apresentam dificuldades de se manterem eretas após o plantio, sendo que o tombamento pode ser causado por essa característica também, resultando em morte ou deformações que comprometem o sucesso do reflorestamento.

Ao encontrar mudas com diâmetro do colo pequeno e alturas elevadas, sabe-se que a qualidade é inferior às mudas menores e com maior diâmetro do colo. Essa variável é reconhecida como um dos melhores, se não o melhor indicador do padrão de qualidade de mudas (MOREIRA e MOREIRA, 1996), sendo, em geral, o mais indicado para determinar a capacidade de sobrevivência de mudas no campo (DANIEL et. al., 1997).

O tempo de produção das mudas de tubetes grandes e das mudas de tubetes pequenos no viveiro Camará é o mesmo, devido ao processo de germinação das sementes em plugs e transplante das plântulas germinadas para o tubete grande no momento em que é transferido para o pleno sol. Um levantamento foi realizado para obter resultados preliminares sobre o custo de produção das mudas, observou-se que em média o custo é 60% maior no tubete grande em relação ao tubete pequeno. O custo do transporte de mudas do viveiro para o campo pode ser até 75% maior.

Segundo CUNHA et. al. (2005), recipientes de maiores volumes oferecem melhores condições para o desenvolvimento das mudas, mas é recomendado optar por eles apenas para espécies que apresentam desenvolvimento lento e que necessitam permanecer no viveiro por um tempo maior para seu desenvolvimento. Com os dados obtidos, essa não é a melhor justificativa para optar pelo tubete grande. CUNHA et. al. (2005), ainda resalta que a demanda de insumos, mão-de-obra e transporte são os pontos que impõem limites às dimensões dos recipientes

para a produção de mudas, a melhor maneira para a escolha do recipiente é verificando a melhor relação custo/benefício.

A maior biomassa encontrada nas mudas de tubetes grandes pode ser justificada pelas observações de NOVAES, REIS e GOMES (1998), que concluíram que recipientes menores reduzem a taxa de crescimento das mudas, implicando algumas vezes no aumento do ciclo de produção. Os mesmos autores desenvolveram um estudo que avaliou a qualidade de mudas de *Pinus taeda*, produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes, foi encontrada correlação positiva entre o comprimento total e o número de novas raízes, com a altura e diâmetro das mudas, alcançados aos 24 meses após o plantio. A maior biomassa das mudas produzidas em tubete grande irá apresentar respostas positivas nos resultados obtidos em campo aos 23 meses de idade, que são observados no item 4.2.5, onde algumas espécies demonstrarão a extrema necessidade de produção nesse recipiente.

4.2 Resultados Área seca

Não ocorreu interação entre os fatoriais: manejo e tubete. A figura 16 refere-se ao gráfico que comprova a inexistência de interação. Ou seja, o sistema de manejo potencial resulta em maior acúmulo de biomassa que o sistema convencional, independente do tipo de tubete. A relação entre os recipientes de produção de mudas é a mesma, o tubete grande resulta em acúmulo de biomassa maior que o tubete pequeno, independente do sistema silvicultural. Com isso ambos os sistemas proporcionaram a mesma inclinação da reta.

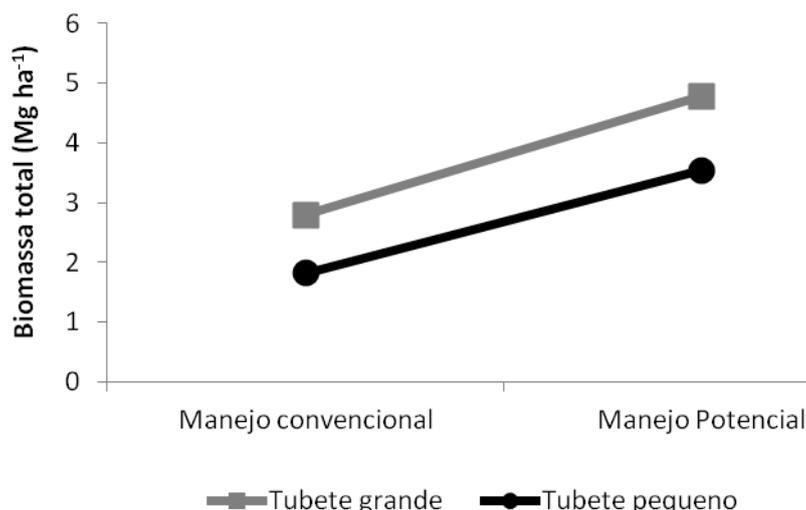


Figura 16 – Biomassa aérea total (Mg ha⁻¹) dos fatoriais manejo e tubete, aos 2 anos de idade, na área seca. Evidencia-se que não ocorreu interação entre os fatoriais, ambas os fatores proporcionaram a mesma inclinação da reta.

4.2.1 Resultados por tratamento da área seca

Para a área seca foi obtido por parcela e bloco o diâmetro médio a 30 cm do solo, a altura média, a quantidade de fustes, área basal (AB), biomassa do tronco, biomassa foliar e o IAF – índice de área foliar que é mostrado em m² de folha por m² de solo, esses valores são demonstrado na tabela 12.

Foi realizada análise estatística no SAS 9.2 com teste de comparação de médias (Tukey 95%).

A análise estatística demonstrou diferença entre blocos, o que comprova que o delineamento em blocos foi interessante.

A análise estatística demonstrou que ocorreu diferença entre os tratamentos de manejo (convencional e potencial) e entre os tratamentos de tubetes (pequeno e grande), para todas as variáveis.

Tabela 12 - Valores do Diâmetro a 30 cm médio (D30), Altura média dos fustes (Alt), Densidade de fustes (Fustes), Área Basal (AB), Biomassa de Tronco (Biom.Tronco), Biomassa de Folha (Biom.Folha) e Índice de Área Foliar (IAF) por parcela do Ensaio em Área Seca aos 2 anos.

Bloco	Trat.	Fator Silv.	Fator Tubete	D30	Alt	Fustes	AB	Biom. Tronco	Biom. Folha	IAF
				Medio	Média	Fustes há ⁻¹	m ² ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	m ² m ⁻²
				cm	m					
B1	PG	Pot	Gra	4.05	2.16	2489	5.34	3.23	0.98	1.00
B2	PG	Pot	Gra	3.30	1.71	1956	2.90	1.40	0.40	0.41
B3	PG	Pot	Gra	4.83	2.64	2778	7.81	5.33	1.66	1.71
B4	PG	Pot	Gra	6.51	3.30	2522	12.01	9.16	2.68	2.76
B1	PP	Pot	Peq	3.28	1.82	1811	2.69	1.48	0.50	0.52
B2	PP	Pot	Peq	4.28	2.24	1833	4.20	2.50	0.66	0.68
B3	PP	Pot	Peq	5.43	2.88	2189	7.33	5.10	1.63	1.68
B4	PP	Pot	Peq	5.26	2.70	2200	7.56	5.07	1.46	1.51
B1	CG	Conv	Gra	2.41	1.35	2189	1.87	0.85	0.23	0.21
B2	CG	Conv	Gra	2.95	1.56	2144	2.68	1.29	0.35	0.33
B3	CG	Conv	Gra	4.83	2.25	2444	7.06	3.63	0.74	0.69
B4	CG	Conv	Gra	5.13	2.76	2600	8.27	5.41	1.69	1.57
B1	CP	Conv	Peq	2.04	1.20	1789	1.22	0.56	0.19	0.17
B2	CP	Conv	Peq	2.39	1.35	1989	1.74	0.77	0.22	0.20
B3	CP	Conv	Peq	4.15	2.23	2022	4.39	2.58	0.69	0.64
B4	CP	Conv	Peq	4.56	2.33	2144	5.52	3.37	0.88	0.82

Tratamentos com referência Pot = Manejo Potencial; Conv = Manejo convencional; Gra = Tubete grande de 290 cm³; Peq = Tubete pequeno de 56 cm³.

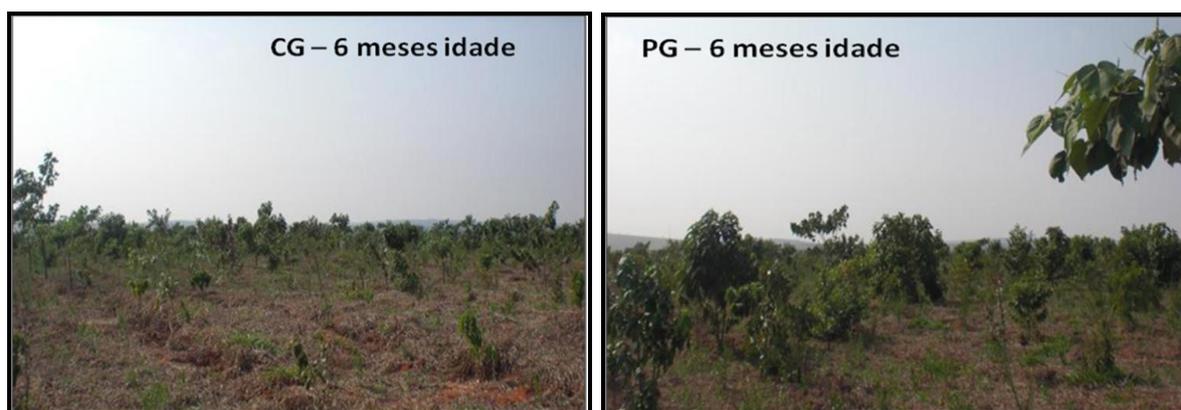


Figura 17: Tratamentos CG (Manejo Convencional com tubete grande) e PG (Manejo potencial com tubete pequeno) aos 6 meses de idade na área seca. Visualmente é possível verificar a maior cobertura vegetal no tratamento PG.



Figura 18: Tratamentos CG, PG, PP, CP do bloco 1 (B1) aos 1,7 anos de idade na área seca.



Figura 19: Tratamentos CG, PG, PP, CP do bloco 3 (B3) aos 1,7 anos de idade, na área seca.

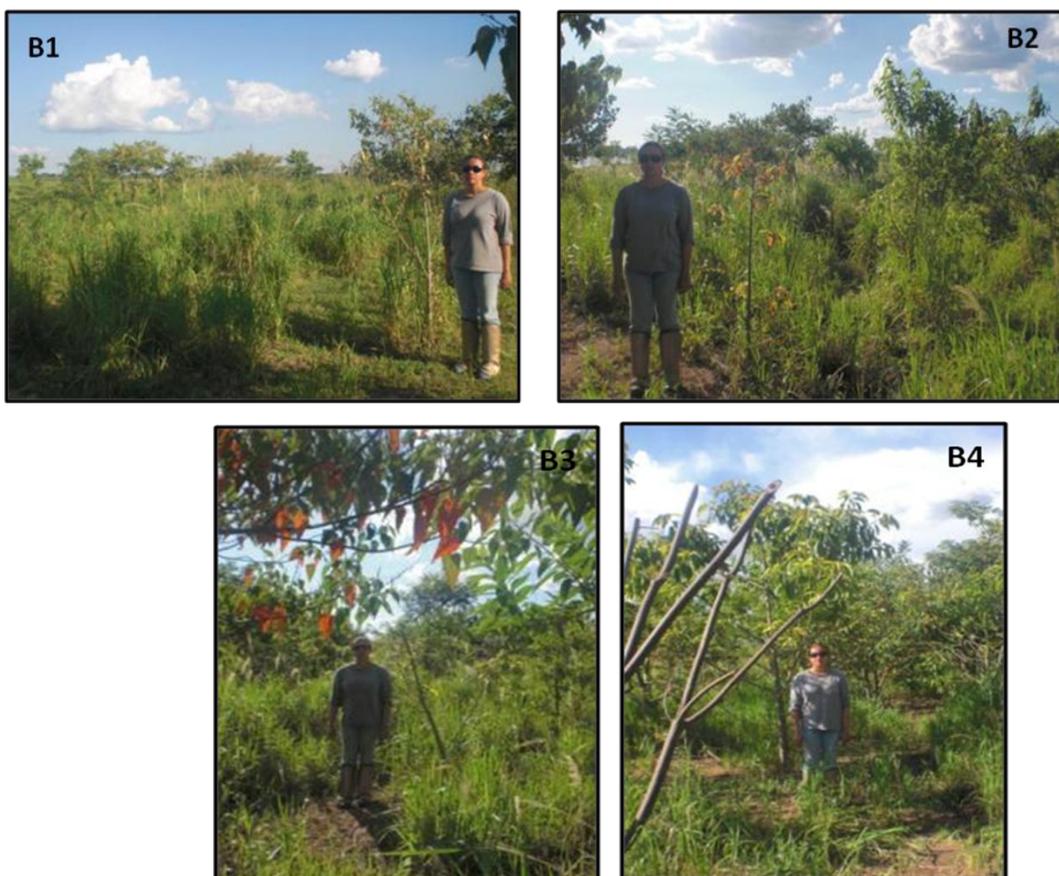


Figura 20: Tratamento CG dos blocos 1 (B1), 2 (B2), 3 (B3), 4 (B4) aos 2 anos de idade, na área seca. Visualiza-se a existência da diferença significativa entre os blocos, como foi demonstrado nos resultados.

A figura 21 é o gráfico que apresenta as médias das alturas e dos diâmetros a 30 cm do colo entre os tratamentos. Os tratamentos PG, PP, CG não diferem entre si, tanto em diâmetro quanto em altura; apenas o tratamento CP difere estatisticamente do PG e PP. As médias das alturas e diâmetros entre os tratamentos PG e CP diferem em 30% entre eles.

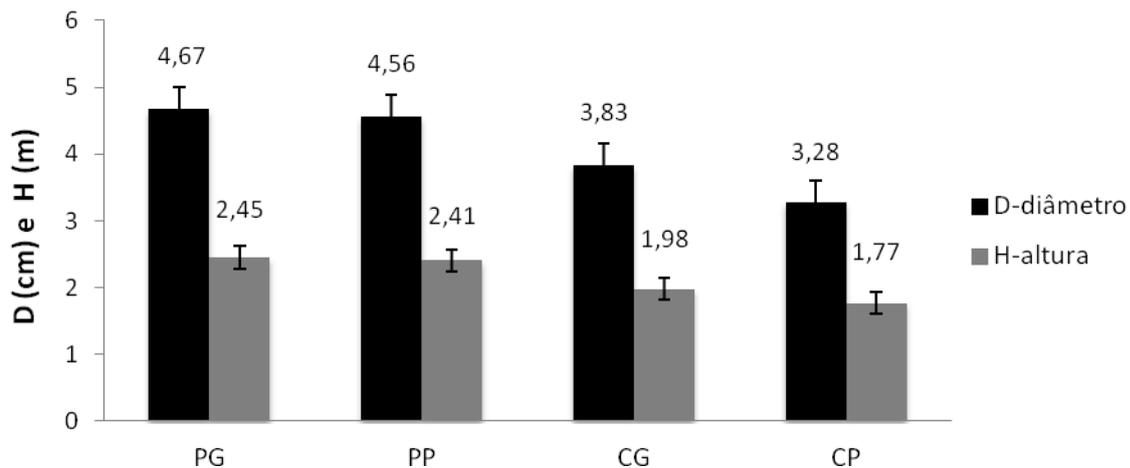


Figura 21. Média das alturas das árvores e do diâmetro a 30 cm conforme tratamento, aos dois anos de idade na área seca. PG- manejo potencial e tubete grande 290 cm³; PP- manejo potencial e tubete pequeno 56 cm³; CG- manejo convencional e tubete grande 290 cm³; CP- manejo convencional tubete pequeno 56 cm³.



Figura 22: Foto aérea do experimento com um ano de idade, obtida pelo Google Earth em 2011. A esquerda está a foto da Área Seca e a direita da Área Úmida. É possível visualizar as copas, principalmente na área seca, onde a sobrevivência foi maior.

Em todas as variáveis, ocorreu diferença estatística entre os tratamentos de manejo potencial e tubete grande (PG) e manejo convencional e tubete pequeno (CP). Na variável área basal os tratamentos manejo potencial com tubete pequeno (PP) e manejo convencional com tubete grande (CG) não demonstraram diferença estatística.

O tratamento PG apresentou número de fustes por hectare 20% superior ao tratamento manejo convencional e tubete pequeno (CP), com significância

estatística. Em relação à mesma variável os tratamentos PG e CG apresentaram uma diferença absoluta de 428 fustes/ha, como é demonstrado na tabela 13.

A área basal diferenciou-se estatisticamente entre os tratamentos PG e CP, apresentando uma diferença 121% superior.

Tabela 13. Análise estatística e teste de comparação de médias (Tukey 95%) referentes a variáveis: Densidade de fustes (Fustes) e Área Basal (AB) por tratamento aos 2 anos de idade, na área seca. Tratamentos: PG: Manejo Potencial e Tubetes Grandes; PP: Manejo Potencial e Tubetes Pequenos; CG: Manejo Convencional e Tubetes Grandes; CP: Manejo Convencional e Tubetes Pequenos.

Trat.	Fustes	AB
	fustes ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹
PG	2436 a	7.01 a
PP	2344 ab	5.44 ab
CG	2008 bc	4.97 ab
CP	1986 c	3.21 b

4.2.1.1 Resultados de biomassa por tratamento

A figura 23 mostra a biomassa Mg ha⁻¹ do tronco e da folha, entre os tratamentos.

Nas variáveis: biomassa do tronco e biomassa da folha os tratamentos manejo potencial com tubete pequeno (PP) e manejo convencional com tubete grande (CG) não demonstraram diferença estatística.

O tratamento PG obteve maior incremento de biomassa aos dois anos de idade, comparado aos demais tratamentos. Sendo que em relação ao tratamento CG, manejo convencional e tubete grande, o incremento foi 42% maior e em relação ao CP, manejo convencional e tubete pequeno, o incremento é 62% maior. Esses dados são relacionados a uma área de 900 m². Quando comparados em Mg ha⁻¹, verifica-se que apenas ocorreu diferença estatística entre os tratamentos PG e CP, sendo que as demais relações entre tratamentos não ocorreram diferença significativa.

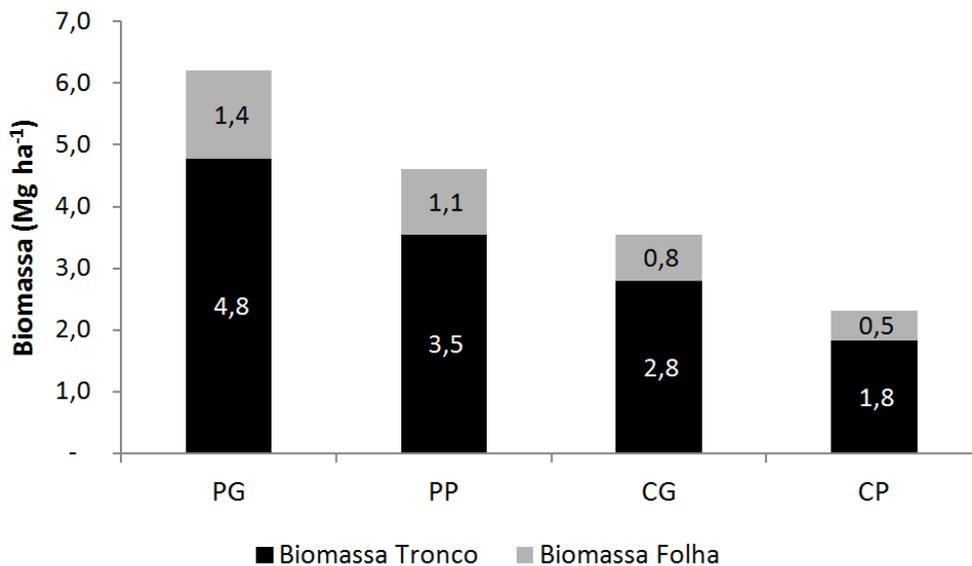


Figura 23. Biomassa aérea total (Mg ha⁻¹), tronco e folha, aos dois anos de idade na área seca. PG- manejo potencial e tubete grande 290 cm³; PP- manejo potencial e tubete pequeno 56 cm³; CG- manejo convencional e tubete grande 290 cm³; CP- manejo convencional tubete pequeno 56 cm³

Nota-se que é interessante rever o trato silvicultural que a maioria dos reflorestamentos de espécies nativas adotam atualmente, pois esse está representado pelo tratamento CP, em que há um baixo investimento em manutenções florestais, principalmente no controle da mato-competição na fase inicial do plantio.

Muitas vezes não é necessária a eliminação em área total das ervas espontâneas, ainda mais sendo uma atividade com alto custo. Em um plantio como o desse experimento, com espaçamento 2 x 2,5 m, existe a dificuldade em realizar a roçada ou aplicação de herbicida na entrelinha com qualquer trator, pois é necessário um trator pequeno. Verificou-se que após um ano de idade do plantio, o porte das árvores, os galhos e as bifurcações, não permitiram que nenhum trator operasse na entrelinha sem prejudicar alguma árvore, porém, ainda é necessário o controle da matocompetição nessa fase. Em algumas das roçadas realizadas após 2011, utilizou-se roçadeira costal, um equipamento pesado e que não é totalmente seguro para esse tipo de utilização (uma área de campo aberto), normalmente ele é usado em jardins e gramados. Ainda nesse período, optou-se por realizar a roçada manual em área total, devido a necessidade do experimento, mas sabe-se que essa atividade possui um custo extremamente alto.

Segundo CARTER et. al. (1984), a eliminação das plantas infestantes em raio de 1,5 m em volta de *Pinus taeda* reduziu significativamente a competição por

água, não havendo a necessidade da eliminação total das plantas infestantes na área. Além disso, BORTOLAZZO (2002) concluiu que a tangerina “poncã”, até o terceiro ano de implantação do pomar, necessita de capinas apenas em coroamento com raio de 75 a 100. MACIEL et. al. (2011) observou que para o melhor desenvolvimento das espécies nativas ingá e aroeira pimenteira, aos 420 dias após o plantio, foi constatado pelo controle de plantas espontâneas realizado através de capinas em coroamento de 2,0 m de diâmetro. O autor sugere a imprescindível necessidade de realização de práticas eficiente de manejo da infestação devido a alta sensibilidade das espécies a competição por recursos do meio.

A qualidade de mudas se mostrou um fator importante para o incremento de biomassa, mas entende-se que o controle das ervas espontâneas a fim de evitar a competição por recursos naturais entre as plantas, é um processo que sendo realizado adequadamente, conforme necessidade do plantio é o investimento mais indicado para manter qualquer reflorestamento até a idade de fechamento das copas.

No estudo de CAMPOE (2008) foi observado que ao restringir a entrada de plantas invasoras, a diferença de produtividade entre o manejo máximo e usual no seu estudo, atingiu uma diferença de 1400% ($7,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ versus $0,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), com esses resultados ele concluiu que a *Brachiaria decubens* apresenta elevado grau de competição na restauração de áreas degradadas, ressaltou o controle de ervas espontâneas nos estágios iniciais do reflorestamento; assim, verificou que as florestas manejadas que encontram maiores quantidade de recursos hídricos, nutrientes e luz disponíveis, resultam na rápido fechamento das copas, ganhos de produtividade e estabilização da área degradada em processo de restauração.

4.2.1.2 Resultados de IAF (Índice de Área Foliar) por tratamento

A figura 24 representa a IAF (índice de área foliar) entre os tratamentos. Os tratamentos PP e CG não apresentaram diferença estatística. Os tratamentos PG e CP apresentaram diferença estatística significativa.

Avaliando-se a variável IAF- índice de área foliar, dado em m^2 de folha por m^2 de área, é possível verificar que o tratamento com manejo potencial e com o

tubete grande, PG, obteve em média $1,47 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, sendo que os tratamentos PP, CG e CP obtiveram respectivamente: 1,09, 07 e $0,46 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Com isso pode-se observar que o manejo potencial com tubete grande obteve resultado 70% superior ao tratamento com sistema manejo convencional e tubete pequeno, CP.

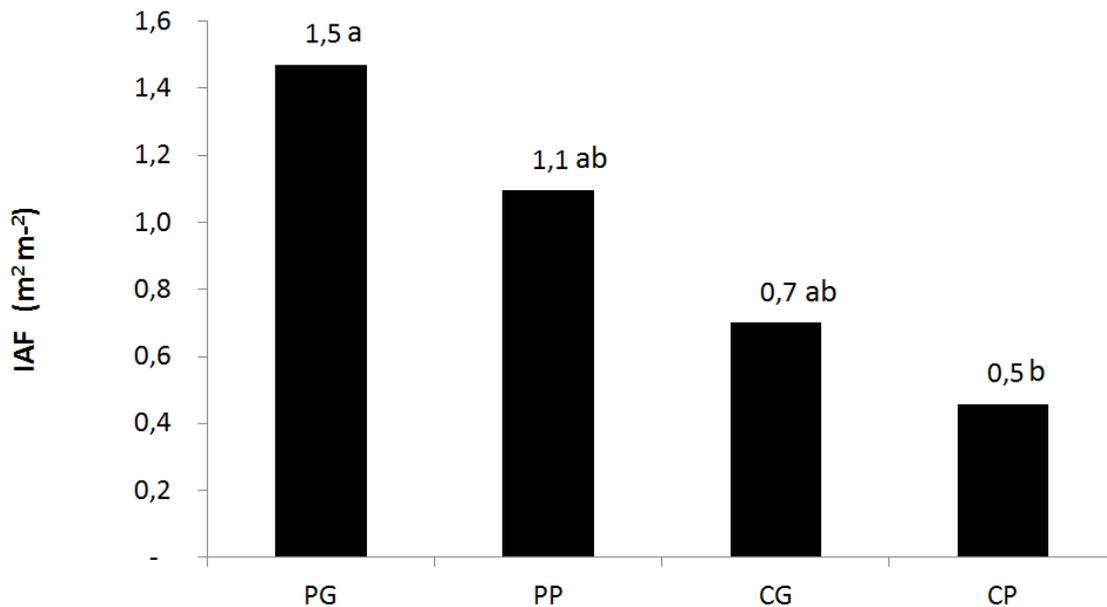


Figura 24. Índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$) conforme tratamento aos 2 anos de idade, na área seca. PG- manejo potencial e tubete grande 290 cm^3 ; PP- manejo potencial e tubete pequeno 56 cm^3 ; CG- manejo convencional e tubete grande 290 cm^3 ; CP- manejo convencional tubete pequeno 56 cm^3 . Aos dois anos de idade na área seca.

Com esse resultado é possível verificar que o tratamento PG apresenta maior cobertura vegetal da copa por área, ou seja, esse manejo possibilitou melhor desenvolvimento fisiológico das plantas, aumentando sua capacidade fotossintética, que reflete em uma produção maior de folhas. Quanto maior o desenvolvimento foliar mais rápido ocorre o fechamento das copas, esse fato interfere na disponibilidade de luz solar na entrelinha, o que limita o desenvolvimento de ervas espontâneas, principalmente gramíneas, que sendo plantas C₄, não se desenvolvem sem a luz solar incidente diretamente. Dessa forma, as manutenções de controle de mato-competição diminuem.

Esse resultado confirma o apresentado pela biomassa anteriormente, onde a silvicultura mais intensiva e uma muda de melhor qualidade, dado pelo tratamento

PG, foram fatores que garantiram a maior cobertura vegetal por área restaurada, em relação ao tratamento CP.

BEADLE (1997) e CAMPOE (2008) perceberam que o desenvolvimento do dossel de plantações florestais é dependente dos efeitos combinados de fertilização e controle de ervas espontâneas, mas a competição por recursos imposta pela erva espontânea reduz o efeito positivo da fertilização, com isso, enquanto não ocorre o fechamento das copas do reflorestamento, este sofre com a competição da *Brachiaria spp*, que por ser uma planta C4, permanece até que o dossel elimine a luz nas entrelinhas.

BINKLEY, STAPE e RYAN (2004) examinaram a eficiência do uso de recursos pelas florestas de *Eucalyptus*, sobre o padrão global entre o IAF e a produção de biomassa do tronco, observaram que, a produção de madeira aumenta com o IAF em uma escala de 2 a 10, com o maior aumento no crescimento de madeira por unidade de IAF ocorrendo em cerca de 4 vezes. Justificam que a eficiência nos processos fisiológicos da planta diminui a utilização de recursos, e que o uso da luz não se relaciona linearmente com a IAF. Os autores explicam que a luz interceptada por unidade de área foliar declina exponencialmente à medida que aumenta o IAF, esse fato mostrou um aumento sustentado da produção de madeira por unidade de luz interceptada, bem como o aumento da eficiência do uso da luz.

4.2.2 Resultados do fatorial manejo silvicultural

A tabela 14 refere-se às variáveis biométricas entre os tratamentos de manejo convencional e potencial, quantidade de fustes por hectare, diâmetro médio a 30 cm do solo e altura média.

A média das alturas e do diâmetro do colo a 30 cm do solo no sistema de manejo potencial mostrou superioridade em 23% entre o manejo convencional. Essa diferença tem nível de significância estatística.

Tabela 14. Valores do Diâmetro médio a 30 cm (D30), Altura média dos fustes (Alt) e Densidade de fustes (Fustes) pelo Fator Manejo em Área Seca aos 2 anos e teste de comparação de médias (Tukey 95%).

Fator Silvicultural	D30 Medio	Alt Média	Fustes
	cm	m	Fust ha ⁻¹
Potencial	4.62 a	2.43 a	2222
Convencional	3.56 b	1.88 b	2165

4.2.2.1 Resultados de crescimento do fatorial manejo silvicultural

O sistema silvicultural potencial mostrou maior incremento em biomassa que o sistema convencional, com nível de significância estatística.

O gráfico da figura 25 compara a área basal, a biomassa do tronco e a biomassa da folha, entre os tratamentos com manejo potencial e manejo convencional. O tratamento potencial destaca-se com biomassa do tronco superior em 1,85 mg ha⁻¹ e 0.63 mg ha⁻¹ em relação à biomassa de folha, esses resultados apresentam significância estatística.

A área basal apresentou resultado 32% maior no manejo potencial em relação ao manejo convencional, isso equivale a 2,14 m² ha⁻¹ de superioridade. Novamente, deve-se aferir esse resultado com o gasto superior em carbono e energia, para a realização do processo de manejo silvicultural.

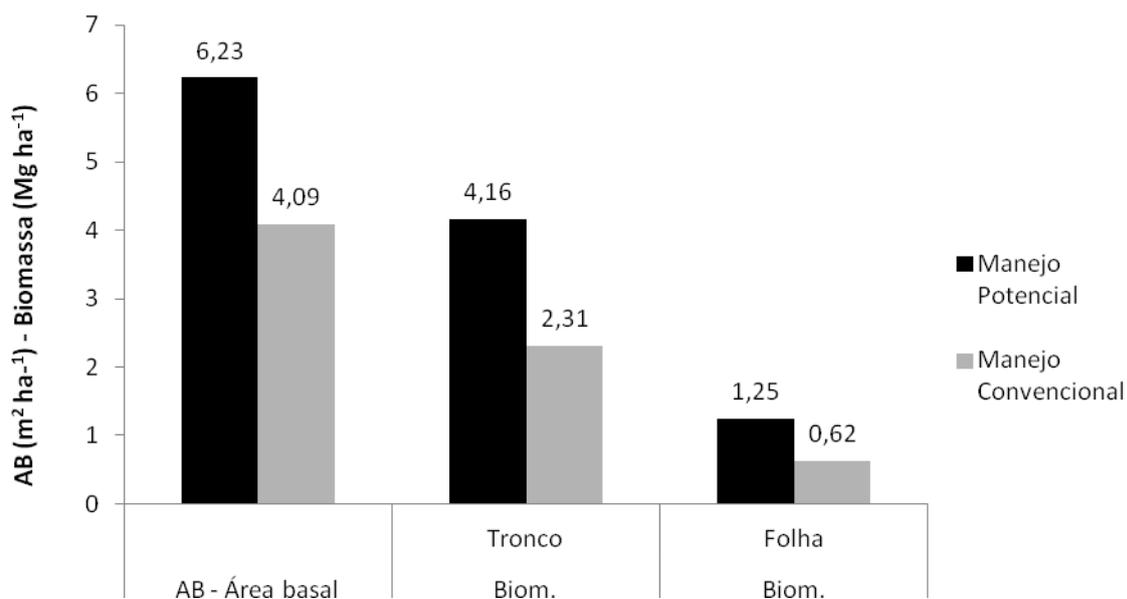


Figura 25. Área Basal (m² ha⁻¹), biomassa do tronco (Kg) e biomassa da folha (Kg), segundo fatorial Manejo: Potencial e Convencional. Aos dois anos de idade na área seca.

Avaliando a análise química do solo da área seca, da tabela 4, segundo VAN RAIJ et. al. (Boletim 100 do IAC -Instituto Agrônômico de Campinas, 1997), para espécies florestais no Estado de São Paulo, conclui-se que: a concentração de fósforo está média para o bloco 1 e para o composto, está baixa para o bloco 2 e bloco 3/4; a matéria orgânica está baixa no bloco 1 e muito baixa nos demais blocos; o pH está alto nos três blocos e o composto está muito alto; em relação ao potássio os blocos 1 e 2 estão com concentrações médias, o bloco 3/4 e o composto estão baixas; em relação ao cálcio os blocos 1, 3/4 e o composto estão médias e o bloco 2 a concentração está baixa; em relação ao Mg, H+Al, T, V e Sat.Al⁺³ as concentrações estão baixas em todos os blocos e no composto; em relação ao Al em todos os blocos e no composto as concentrações estão muito baixas e em relação a SB o bloco 2 apresenta concentração muito baixa e os demais blocos são baixas.

A fertilização de base aplicada no tratamento de manejo Convencional se resume a: 24 Kg/ha de N; 120 Kg/ha de P₂O₅ e 24 Kg/ha de K₂O. A fertilização de cobertura foi: 14 Kg/ha de N; 0 Kg/ha de P₂O₅ e 28 Kg/ha de K₂O. A recomendação segundo a análise de solo, baseada em VAN RAIJ et. al. (Boletim 100 do IAC - Instituto Agrônômico de Campinas, 1997), seria em média: 60 Kg/ha de N; 50 Kg/ha de P₂O₅ e 60 Kg/ha de K₂O. Segundo a recomendação para plantios comerciais de *Eucalyptus* dada por BARROS, NEVES, NOVAIS. (2000) deveria ser feita a seguinte fertilização de base: 9 Kg/ha de N; 60 Kg/ha de P₂O₅ e 13 Kg/ha de K₂O ou 215 Kg/ha com 04-28-06; a fertilização de cobertura seria: 40 Kg/ha de N; 00 Kg/ha de P₂O₅ e 40 Kg/ha de K₂O.

No tratamento de manejo Potencial foi realizada a mesma adubação de base e a adubação de cobertura foi a seguinte: 100 Kg/ha de N; 90 Kg/ha de P₂O₅ e 60 Kg/ha de K₂O.

A partir dos dados de fertilização, nota-se que a nutrição aplicada no tratamento Convencional foi adequada a esse sítio.

Dessa forma, confirma-se que o controle de ervas espontâneas foi a prática silvicultural que mais influenciou nos resultados obtidos de maior incremento de biomassa e área basal no tratamento Potencial.

STAPE et. al. (2002) constatou que povoamentos de *Eucalyptus* com poucos recursos podem igualar a produtividade de povoamentos com mais recursos no

momento em que as copas atingem a mesma estrutura. O controle da matocompetição proporciona limpeza da área evitando que a muda recém-implantada seja sufocada pelas plantas invasoras, evita a competição por recursos hídricos e nutrientes. A ausência de restrições desses recursos permite que os processos fisiológicos da planta tenham máxima eficiência, facilitando o fechamento das copas em reflorestamentos.

É fundamental associar ao reflorestamento um sistema de manejo que garanta o máximo de incremento de biomassa para a floresta. Esse fato irá atender as demandas da restauração de uma área degradada.

4.2.2.2 Resultados de IAF (Índice de Área Foliar) do fatorial manejo silvicultural

Pode-se observar na tabela 15 que o IAF apresentou diferença estatística entre os tratamentos de manejo Potencial e Convencional, sendo que o manejo potencial, o qual diminui os estresses ambientais, mostrou um IAF 140% superior ao manejo convencional.

Tabela 15. Análise estatística e teste de comparação de médias (Tukey 95%) segundo os valores do Índice de Área Foliar (IAF) pelo Fator Manejo em área Seca aos 2 anos.

Fator Silvicultural	IAF
	$m^2 m^{-2}$
Potencial	1.28 a
Convencional	0.58 b

Segundo os resultados obtidos por CAMPOE (2008), onde testou-se espaçamento, manejo e composição florística em 20 espécies nativas da Mata Atlântica, foi verificado que a interação entre o espaçamento e manejo apresentou melhor resultado com o espaçamento mais aberto (3 x 2 m) com manejo máximo, potencializando o IAF e a produtividade da floresta. CAMPOE (2008) também verificou que o manejo máximo (controle das gramíneas e fertilização) proporcionou um aumento de 4 vezes na biomassa de madeira aos 42 meses, comparado com o manejo usual e em relação ao IAF a diferença foi de $1,34m^2m^{-2}$ versus $0,34m^2m^{-2}$. CAMPOE (2008) constatou que o espaçamento 3 x 2 com manejo máximo não ocorreu competição entre as árvores pois a densidade de plantio estava adequada, disponibilizando os recursos do sítio, com a eliminação da matocompetição e sem

restrições nutricionais, as árvores apresentaram copas maiores e fisiologicamente mais ativas (resultados apresentados pelo IAF e EUL - eficiência do uso da luz) provavelmente dadas pela maior disponibilidade de água e nutrientes aos indivíduos.

IANNELLI- SERVIN (2007) também observou que ocorreu um maior crescimento no ambiente onde tinha menores estresses ambientais, devido o manejo aplicado. Em relação à AFE- Área Foliar Específica, ela observou que ocorreu uma tendência de aumento em 10% em todas as espécies de seu estudo, quando em condições com menor nível de estresse, indicando maiores valores de metabolismo e crescimento foliar.

Segundo estudo de TOIT e DOVEY (2005), sobre crescimento de *Eucalyptus grandis* na África do Sul, o tratamento melhor fertilizado apresentou em relação ao tratamento controle um aumento de IAF de 127% e um aumento em altura em 64%, em relação à biomassa o ganho foi de 22%. Os valores de IAF obtidos variaram entre 1,1 a 2,5 m²m⁻² nesses tratamentos.

4.2.3 Resultados do fatorial qualidade da muda

Nas variáveis: diâmetro médio a 30 cm do solo, altura média e número de fustes ha⁻¹ ocorreu diferença estatística, demonstrados na tabela 16.

Verifica-se que o número de fustes ha⁻¹ dos tratamentos com o recipiente tubete grande, resultou em 393 fustes ha⁻¹ a mais que o tratamento que utilizou tubetes pequenos.

Em relação ao D30, o tubete grande apresentou aproximadamente 10% de superioridade ao tubete pequeno, em plantas com 2 anos de idade.

Tabela 16. Valores do Diâmetro a 30 cm médio (D30), Altura média dos fustes (Alt) e Densidade de fustes (Fustes) pelo Fator Tubete em área Seca aos 2 anos e teste de comparação de médias (Tukey 95%).

Fator Tubete	D30	Alt	Fustes
	Médio cm	Média m	Fust ha ⁻¹
Grande	4.25 a	2.21 a	2390 a
Pequeno	3.92 b	2.09 b	1997 b

Esse experimento apresentou 26% de falhas aos dois anos de idade. O tratamento que utilizou tubete pequeno apresentou 32% de falhas enquanto que o tratamento com tubete grande apresentou 20%. Em números absolutos a diferença

atinge 13% entre a maior sobrevivência no tratamento de tubete grande e o tratamento de tubete pequeno.

Na tabela 17 é possível verificar que as últimas 17 espécies da lista, apresentaram diferença de sobrevivência entre 10% a 38% entre os tratamentos tubetes grandes 290 cm³ e tubete pequeno 56 cm³. Destaca-se a cabreúva – CAB- *Myroxylon peruiferum* L.F, que sobreviveu 30% mais com tubetes grandes e o araçá-ARÇ - *Psidium rufum* DC, que sobreviveu 38% a mais.

A escolha inadequada do recipiente pode causar deformações no sistema radicular que, por sua vez, contribui para reduzir a capacidade de translocação dos nutrientes (CUNHA et. al. 2005). Tais resultados corroboram com os relatos de CÂNDIDO e GOMES (1993), que sugerem o uso de recipientes plásticos de altura maior que o diâmetro para o ipê-felpudo (*Zeyhera tuberculosa* Vell. Bur.), em função do potencial crescimento de sua raiz pivotante. Segundo MATTEI (1999), a capacidade de estabelecimento e de competição de uma espécie florestal, em determinado ambiente, depende, em grande parte, do tamanho, da forma, do tipo e da eficiência do sistema radicular.

Um estudo realizado por PAULINO et. al. (2003) avaliou plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) com 3 anos de idade que estavam sofrendo tombamento ocasionado por ventos, no Rio Grande do Sul, sendo que essas plantas eram oriundas de mudas produzidas em recipientes com diferentes dimensões, sendo eles com 353 cm³, 50 cm³ e 180 cm³. O maior recipiente favoreceu a melhor formação inicial das raízes e a melhor distribuição do sistema radicular no campo. Quando foram comparadas as quantidades de raízes por recipiente e por profundidade, os autores observaram que não houve diferença significativa de raízes nas entrelinhas, mas na linha o maior recipiente proporcionou maior comprimento de raízes e maior distribuição, diferenciando-se significativamente.

Os resultados obtidos por esses autores pode justificar a maior sobrevivência de plantas no tratamento com tubete grande. Esse recipiente permitiu uma formação de volume de raízes mais resistente as condições de campo, possibilitando rápido estabelecimento da muda.

Tabela 17. Ganho em porcentagem na sobrevivência das espécies no fatorial tubete, considerando tubete grande 290 cm³ em relação ao tubete pequeno 56 cm³.

GANHO % SOBREVIVENCIA ENTRE TUBETE GRANDE E PEQ.			
ESPÉCIE	TUBETE GRANDE	TUBETE PEQUENO	GANHO GRAN X PEQU
DAS	96%	100%	-4%
ISF	53%	56%	-3%
JER	8%	8%	0%
CAN	92%	92%	0%
LPX	79%	77%	2%
PIM	94%	92%	2%
TIM	98%	94%	4%
IRB	80%	74%	5%
GTÃ	20%	15%	6%
AMB	67%	58%	8%
GAR	92%	83%	9%
MOJ	88%	79%	9%
ALG	76%	67%	9%
DED	93%	81%	11%
PRE	100%	88%	12%
PDA	100%	88%	13%
PNR	88%	75%	13%
PAV	86%	73%	13%
FIG	98%	83%	15%
ANV	83%	69%	15%
ANB	94%	79%	15%
CDR	83%	67%	16%
LIX	61%	44%	17%
FLT	73%	52%	21%
PRP	94%	72%	22%
CPX	98%	76%	22%
GUV	94%	71%	23%
SOB	79%	50%	29%
CAB	49%	19%	30%
ARÇ	82%	44%	38%

4.2.3.1 Resultados de crescimento do fatorial qualidade da muda

O recipiente de produção de mudas com maior volume de substrato, tubete grande com 290 cm³, mostrou maior incremento em biomassa que o recipiente com

menor volume de substrato, tubete pequeno com 56 cm³, com nível de significância estatística.

Em área basal a diferença representa 1.66 m² ha⁻¹, em biomassa média total equivale a 1.41 Mg ha⁻¹.

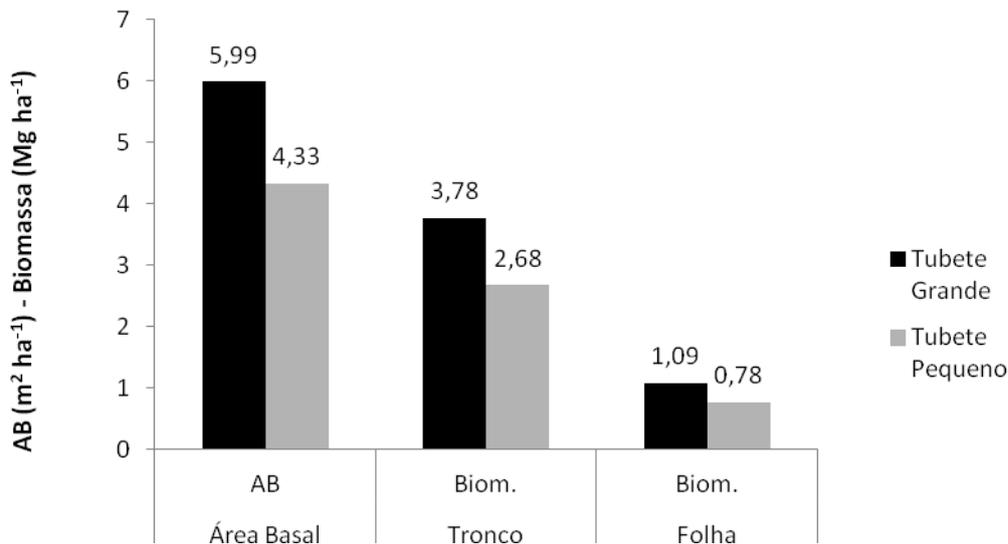


Figura 26. Área Basal – AB (m² ha⁻¹), biomassa do tronco (mg ha⁻¹); biomassa da folha (mg ha⁻¹), segundo o fatorial Tubete: grande 290 cm³ e pequeno 56 cm³. Aos dois anos de idade na área seca.

4.2.3.2 Resultados de IAF do fatorial qualidade de mudas

A variável IAF apresentou diferença estatística entre os tratamentos de tubete grande e tubete pequeno. A diferença entre os resultados de IAF desses tratamentos foi de 38%. (Tabela 18)

Esse resultado de IAF justifica a resposta das demais variáveis apresentadas. Com a maior cobertura vegetal é possível alcançar a diferença de 1.66 m²ha⁻¹ de área basal, com um dossel com maior atividade fisiológica a produção de biomassa do lenho será maior, o que reflete na área basal e no número de fustes/ha, que apresentou uma diferença em 20% nos resultados desses tratamentos.

Tabela 18. Valores do Índice de Área Foliar (IAF) pelo Fator Tubete em área Seca aos 2 anos e teste de comparação de médias (Tukey 95%).

Fator Tubete	IAF m² m⁻²
Grande	1.08 a
Pequeno	0.78 b

As observações de BEADLE (1997), STAPE et. al. (2002), CAMPOE (2008) e IANNELLI- SERVIN (2007), concluem que o dossel representa a interfase entre o ambiente biofísico e os processos fisiológicos da árvore, principalmente pela atividade fotossintética. Afirmam que é direta a relação do desenvolvimento do dossel com a produtividade de biomassa.

Segundo VERTESSY et. al. (1994), existe uma relação linear entre o IAF e o diâmetro de *Pinus spp.* No estudo de XAVIER, SOARES e ALMEIDA (2002) não foi encontrada uma mesma relação entre IAF e idade para todos os clones de *Eucalyptus* estudados, concluindo que cada grupo de genótipos apresentava uma relação específica entre essas variáveis. De qualquer maneira, aplicando as variáveis como IAF e AFE é possível verificar a qualidade do plantio de restauração florestal, observando se sofreu com fatores como competição por recursos ou sazonalidades climáticas e com isso entender as causas de produtividades menores de biomassa (BEADLE, 1997; STAPE et. al., 2002; CAMPOE, 2008 e IANNELLI-SERVIN, 2007).

4.2.4 Reclassificação das espécies

Para a instalação do experimento aplicou-se a classificação utilizada pela empresa AES-Tietê quanto ao ritmo de crescimento das espécies, sendo eles: Crescimento rápido; Crescimento médio e Crescimento lento. Escolheram-se dez espécies representativas de cada classe.

Sugere-se uma nova classificação, comprovada para este conjunto de espécies, com os resultados de acúmulo de biomassa foliar e do lenho, obtidos para todos os indivíduos de uma espécie, a partir do inventário de campo, aos dois anos, observados na área seca. Os dados de cada espécie estão apresentados na figura 27. A tabela 19 apresenta a nova classificação sugerida.

Tabela 19 - Espécies arbóreas nativas implantadas. Nome popular, nome científico, família, classe ecológica e sigla de identificação no experimento. Classificação conforme ritmo de crescimento, dada a partir dos dados obtidos de biomassa aérea.

LISTA DE ESPÉCIES IMPLANTADAS				
Nome Popular	Nome Científico	Família	Classe Ecol.*	Sigla
CRESCIMENTO ACELERADO				
ALGODOEIRO	<i>Heliocarpus americanus</i>	Tiliaceae	P	ALG
ANGICO-BRANCO	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Mimosoideae	NP	ANB
ANGICO-VERMELHO	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Mimosoideae	P	ANV
AROEIRA-PIMENTEIRA	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Anacardiaceae	P	PIM
CANAFÍSTULA	<i>Peltophorum dubium</i>	Caesalpinioideae	P	CAN
CAPIXINGUI	<i>Croton floribundus</i>	Euphorbiaceae	P	CPX
FIGUEIRA-BRANCA	<i>Ficus guaranitica</i>	Moraceae	NP	FIG
GUARITÁ	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	NP	GAR
IPÊ-ROXO-DE-BOLA	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae	NP	IRB
IPÊ-ROXO-DE-SETE-FOLHAS	<i>Tabebuia heptaphylla</i>	Bignoniaceae	NP	ISF
MONJOLEIRO	<i>Acacia polyphylla</i>	Mimosoideae	P	MOJ
PAINEIRA-ROSA	<i>Chorisia speciosa</i>	Malvaceae	NP	PNR
PAU-VIOLA	<i>Cytharexylum myrianthum</i>	Verbenaceae	P	PAV
SANGRA-D'ÁGUA	<i>Croton urucurana</i>	Euphorbiaceae	P	DAS
TIMBURI	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Mimosoideae	P	TIM
CRESCIMENTO LENTO				
AMENDOIM-BRAVO	<i>Pterogyne nitens</i>	Caesalpinioideae	P	AMB
ARAÇA CAGÃO	<i>Psidium rufum</i>	Myrtaceae	NP	ARÇ
AROEIRA-PRETA	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Anacardiaceae	P	PRE
CABREÚVA	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Papilionoideae	NP	CAB
CEDRO-ROSA	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	NP	CDR
DEDALEIRO	<i>Lafoensia pacari</i>	Lythraceae	NP	DED
FALSO-TIMBÓ	<i>Lonchocarpus guilleminianus</i>	Papilionoideae	P	FLT
GUAIUVIRA	<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae	P	GUV
GUARANTÃ	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	Rutaceae	NP	GTÃ
JEQUITIBÁ-ROSA	<i>Cariniana legalis</i>	Lecythidaceae	NP	JER
LAPACHO	<i>Poecilanthe parviflora</i>	Papilionoideae	NP	LPX
LIXEIRA	<i>Aloysia virgata</i>	Verbenaceae	P	LIX
PAU-D'ALHO	<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	NP	PDA
PEROBA-POCA	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Apocynaceae	NP	PRP
SOBRASIL	<i>Colubrina glandulosa</i>	Rhamnaceae	P	SOB

* Classe Ecol. P- Pioneira; NP- Não Pioneira

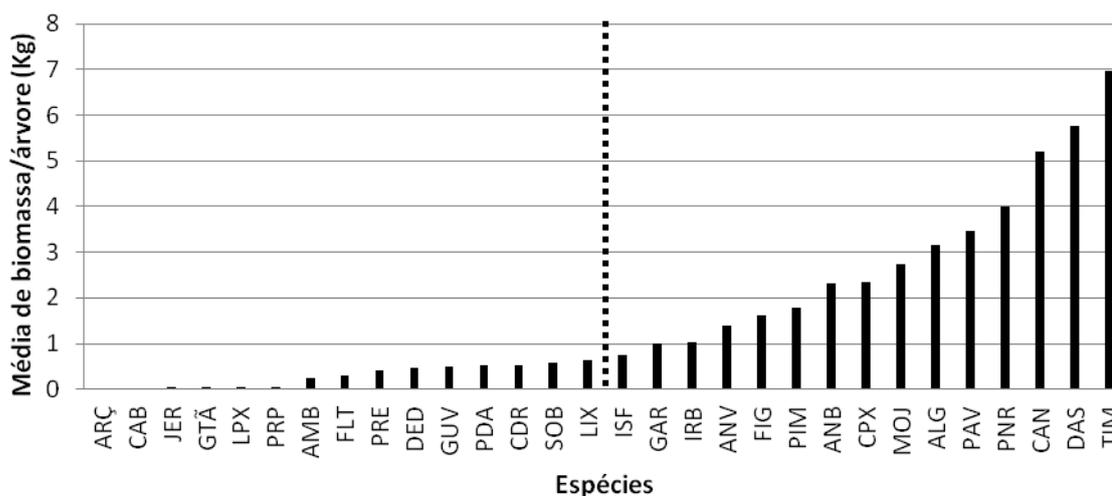


Figura 27 – Biomassa (Kg) aérea média por árvore por espécie aos 2 anos de idade na área seca. Espécies a esquerda do tracejado são as classificadas em crescimento lento e a direita espécies de crescimento acelerado.

A classe de crescimento acelerado apresenta um acúmulo total de biomassa, entre todas as espécies classificadas, de 5.555,82 kg, enquanto que para as espécies de ritmo lento o valor é de 445,06 kg. Ou seja, as espécies de ritmo acelerado representam 92,6% do acúmulo de biomassa total do reflorestamento, com idade de dois anos. O acúmulo médio de biomassa das espécies de ritmo acelerado é de 370,39 kg e a média da segunda classe é de 29,67 kg, ou seja, a média das espécies de crescimento acelerado é 12,48 vezes maior que a média das espécies de ritmo lento.

A análise nos permite concluir que as espécies de crescimento acelerado são capazes de aumentar o acúmulo de biomassa de um reflorestamento fornecendo o suficiente para rápido desenvolvimento das copas, fechamento das mesmas e sombreamento para as espécies de final de sucessão. Enquanto que as espécies de crescimento lento são as responsáveis pela diversidade do reflorestamento.

A espécie timburi – TIM, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, foi aquela que apresentou maior divergência de classificação entre a classe anteriormente aplicada e a atual, classe de crescimento médio e crescimento acelerado, respectivamente. Esta espécie foi à primeira com maior acúmulo de biomassa seca média por árvores aos dois anos, comparando com as outras trinta espécies, o que está apresentado na figura 27. A média de biomassa por árvore foi de 6.98 kg. A espécie apresentou sobrevivência do plantio de 98% e acúmulo total

de biomassa entre todos os indivíduos de 649,15 kg, o equivalente a 11% de todo o experimento. Provavelmente esse resultado se deve ao fato que essa espécie é da família Mimosoideae, considerada leguminosa.

Um estudo realizado por DIAS et. al. (2003) que avaliou duas espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio, o Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*) e Orelha de Negro (*Enterolobium contortisiliquum*) e uma não fixadora, Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*), quanto sua influência nas projeções das copas nas características químicas do solo, constatou que as duas espécies fixadoras apresentaram maior disponibilidade de nitrogênio e magnésio para a pastagem que estava sendo avaliada. Segundo CHADA, CAMPELLO, FARIA (2004), espécies das famílias Mimosoideae (40 gêneros), Caesalpinioideae (150 gêneros) e Papilionoideae (400 gêneros) estabelecem simbiose eficiente com bactérias fixadoras de N₂ atmosférico e apresentam uma vantagem adicional para plantios de reabilitação, considerando-se que em condições tropicais o nitrogênio é, em geral, extremamente limitante, dessa forma, plantios de leguminosas arbóreas fixadoras de N₂ podem funcionar como condicionadores do solo e facilitadores da sucessão natural.

4.2.5 Análise por espécie

As figuras seguintes 28 e 29 mostram o acúmulo de biomassa por espécie no tratamento que utilizou mudas produzidas no tubete pequeno com 56 cm³ e mudas produzidas em tubete grande com 290 cm³, respectivamente.

Notou-se que as espécies que obtiveram acúmulo de biomassa do lenho 15% superior entre o tratamento tubete grande em relação ao tubete pequeno, foram consideradas sem preferências quanto ao tipo de tubete. As espécies são: amendoim bravo (AMB), canafístula (CAN), garitá (GAR), jequitibá (JER), aroeira pimenteira (PIM) e timburi (TIM).

As espécies que apresentaram preferência intermediária a produção de mudas de tubete grande, com crescimento superior entre 23% a 47% foram: sangra d'água (DAS), com 23%, figueira branca (FIG), com 47%; falso timbó (FLT), ipê roxo de bola (IRB), ipê roxo de sete folhas (ISF), lixeira (LIX), monjoleiro (MOJ), pau-viola (PAV), paineira rosa (PNR) e algodoeiro (ALG).

As espécies que expressam nitidamente preferência para a produção de mudas em tubete grande mostram acúmulo de biomassa maior em relação ao tubete convencional de 52% a 79 %, sendo as espécies: araçá (ARÇ), com 79%, angico branco (ANB), com 52%, angico vermelho (ANV), cabreúva (CAB), cedro rosa (CDR), capixingui (CPX), dedaleiro (DED), guarantã (GTÃ), guaiuvira (GUV), lapaxo (LPX), pau-d'alho (PDA), aroeira preta (PRE), peroba poca (PRP) e sobrasil (SOB).

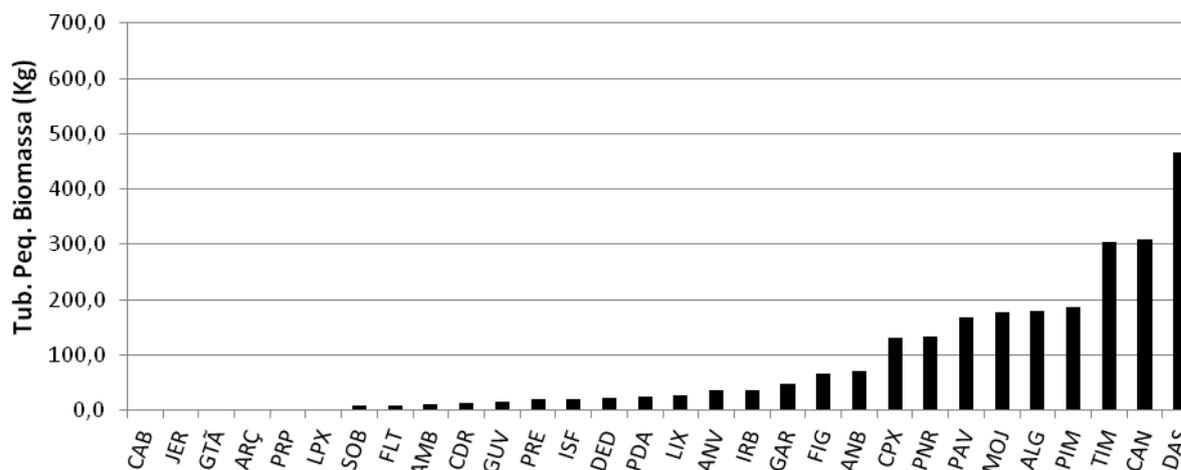


Figura 28. Biomassa aérea acumulada (Kg) por espécie (soma de todos os indivíduos) aos dois anos de plantio, na área seca, no fatorial tubete, no tratamento tubete pequeno – 56 cm³.

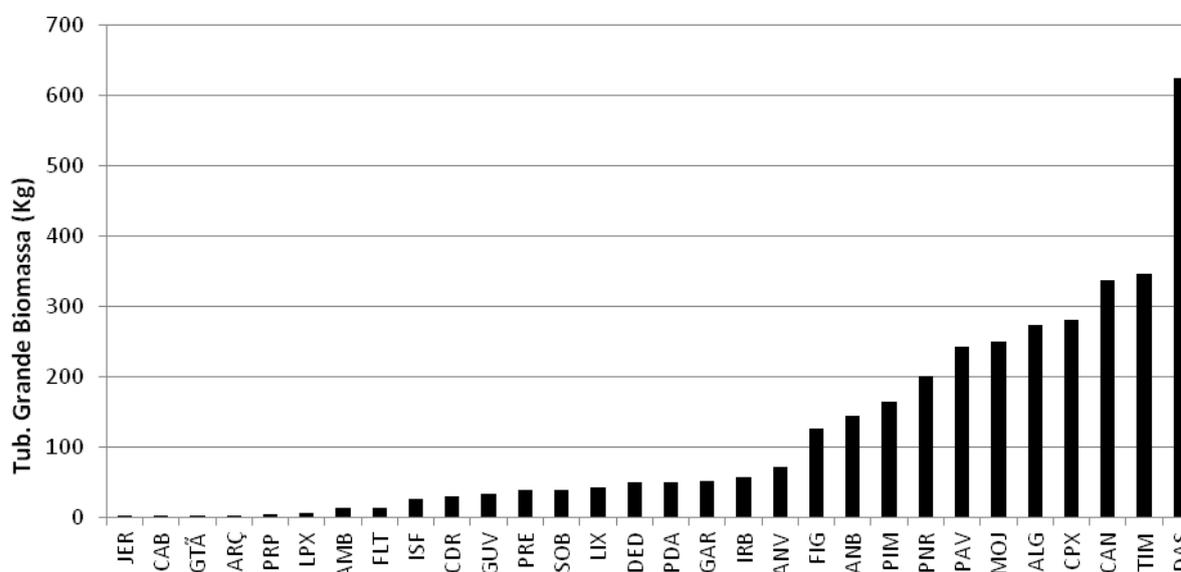


Figura 29. Biomassa aérea acumulada (Kg) por espécie (soma de todos os indivíduos) aos dois anos de plantio, na área seca, no fatorial tubete, no tratamento que utilizou tubete grande – 290 cm³.

As figuras 30 e 31 mostram o acúmulo de biomassa em Kg para cada espécie para os parâmetros de manejo convencional e potencial, respectivamente.

Notou-se que as espécies que obtiveram acúmulo de biomassa do lenho de 3% até 17% superior na relação manejo potencial e convencional, foram consideradas como espécies que não apresentam vantajosas preferências quanto ao manejo. As espécies são: araçá (ARÇ), guarantã (GTÃ), lixeira (LIX) e aroeira preta (PRE).

As espécies que apresentaram preferência intermediária entre as condições de manejo potencial e convencional, com crescimento superior entre 20% a 48% foram: timburi (TIM), dedaleiro (DED), ambos com 48%, algodoeiro (ALG) com 20%, sangra d'água (DAS), ipê roxo de bola (IRB), ipê roxo de sete folhas (ISF), monjoleiro (MOJ), pau-viola (PAV), pau-d'alho (PDA), canafístula (CAN), amendoim bravo (AMB), aroeira pimenteira (PIM), cedro rosa (CDR), capixingui (CPX) e peroba poca (PRP).

As espécies que expressam nitidamente preferência ao manejo potencial em relação ao manejo convencional demonstram acúmulo de biomassa maior entre 50% a 71 %, foram às espécies: angico branco (ANB), com 71%, cabreúva (CAB), com 50%, angico vermelho (ANV), guaiuvira (GUV), lapaxo (LPX), sobrasil (SOB), garitá (GAR), jequitibá (JER), figueira branca (FIG), falso timbó (FLT) e paineira rosa (PNR).

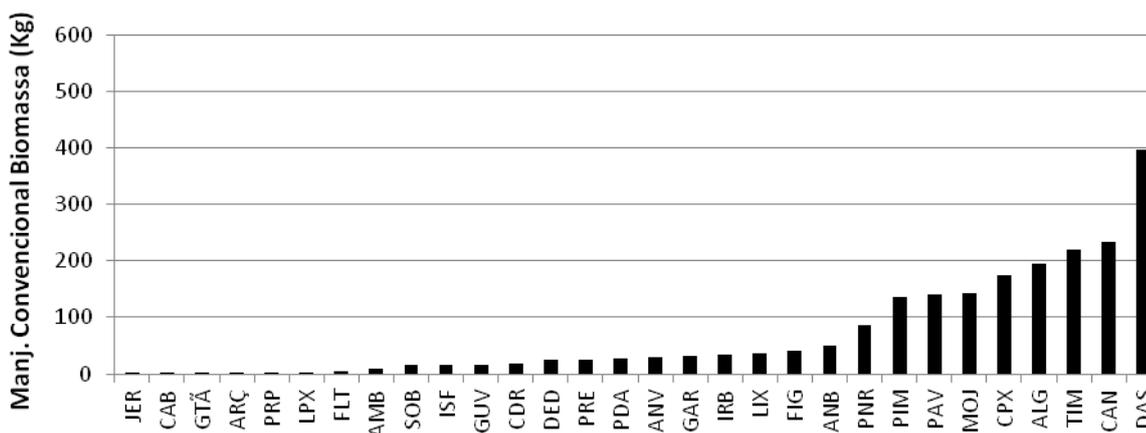


Figura 30. Acúmulo de biomassa aérea (Kg) por espécie (soma de todos os indivíduos) aos dois anos de plantio, na área seca, no fatorial Manejo, no tratamento com manejo convencional.

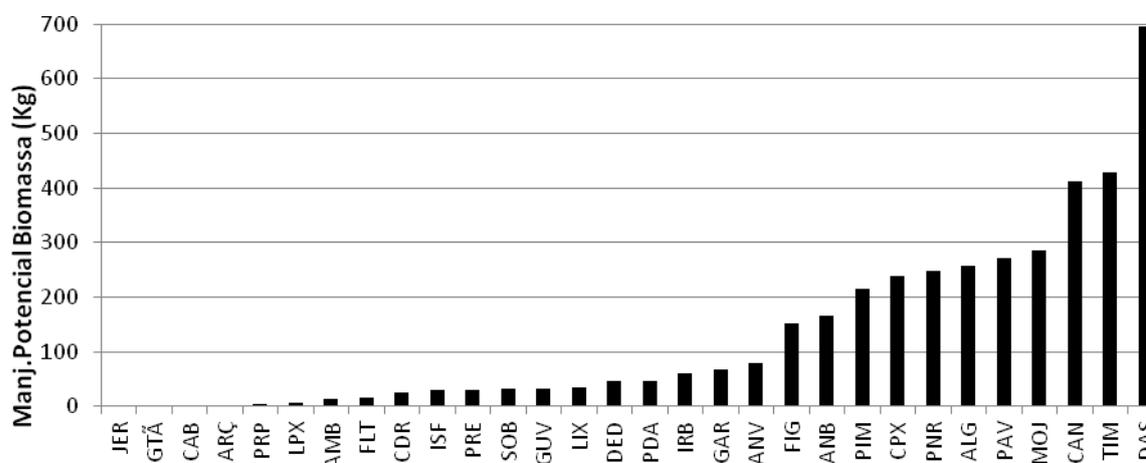


Figura 31. Acúmulo de biomassa aérea (Kg) por espécie (soma de todos os indivíduos) aos dois anos de plantio, na área seca, no fatorial Manejo, no tratamento com manejo potencial.

O ganho percentual entre o sistema de manejo e o tipo de recipiente apresentaram diferenças expressivas tanto em um fator quanto no outro, para algumas espécies. Porém para outras espécies apenas um fator teve maior expressão, seja no sistema de manejo seja no sistema de produção de mudas. O ganho para o sistema de manejo ocorre em relação ao tratamento potencial sobre o convencional e para o sistema de produção de mudas, a superioridade é do tubete grande de 290 cm³ em relação ao tubete pequeno de 56cm³. Esses dados são apresentados na tabela 20.

As espécies que foram mais responsivas aos sistemas de manejo, com ganho entre 60% a 264%, foram: FIG, FLT ANB, PNR, ANV, LPX, GAR, GUV, ARÇ, CAB, SOB, MOJ, TIM, PAV, DED, ISF, CAN, PDA, DAS, IRB, AMB e PIM.

As espécies que foram mais responsivas aos recipientes de mudas, com ganho entre 50% a 308%, foram: SOB, PRP, LPX, DED, CDR, CPX, PDA, ANB, ARÇ, CAB, GTÃ, PRE, GUV, ANV, FIG, LIX, IRB, ALG e PNR.

As espécies GTÃ – guarantã e JER – jequitibá rosa, não devem ser julgadas somente por esses resultados, pois a sobrevivência nesse experimento com o guarantã foi de 17% e do jequitibá rosa 8%, com a mortalidade elevada não é possível comparação entre os tratamentos, pois é de conhecimento que a causa da mortalidade pode não depender apenas dos tratamentos testados.

Tabela 20. Acúmulo de biomassa aérea (Mg ha⁻¹) por espécie aos 2 anos de idade, na área seca, conforme os fatores manejo e tubete. Verifica-se o ganho em porcentagem em cada fatorial: Manejo Convencional e Potencial; Tubete, pequeno 56 cm³ e grande 290 cm³.

BIOMASSA TOTAL (Mg ha ⁻¹)						
ESPÉCIE	SISTEMA MANEJO			TIPO TUBETE		
	CONVENCIONAL	POTENCIAL	GANHO %	PEQUENO	GRANDE	GANHO %
ALG	0,270	0,358	33%	0,249	0,379	52%
AMB	0,012	0,020	67%	0,015	0,017	13%
ANB	0,070	0,229	227%	0,098	0,201	105%
ANV	0,040	0,110	175%	0,051	0,099	94%
ARÇ	0,001	0,002	100%	0,001	0,002	100%
CAB	0,000	0,001	100%	0,000	0,001	100%
CAN	0,323	0,572	77%	0,428	0,467	9%
CDR	0,026	0,034	31%	0,019	0,041	116%
CPX	0,242	0,331	37%	0,182	0,391	115%
DAS	0,550	0,965	75%	0,647	0,869	34%
DED	0,034	0,065	91%	0,031	0,068	119%
FIG	0,058	0,211	264%	0,093	0,176	89%
FLT	0,007	0,023	229%	0,013	0,018	38%
GAR	0,044	0,094	114%	0,065	0,072	11%
GTÃ	0,001	0,001	0%	0,000	0,001	100%
GUV	0,022	0,045	105%	0,023	0,045	96%
IRB	0,048	0,083	73%	0,052	0,080	54%
ISF	0,022	0,041	86%	0,028	0,035	25%
JER	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0%
LIX	0,049	0,048	-2%	0,038	0,059	55%
LPX	0,003	0,007	133%	0,003	0,007	133%
MOJ	0,198	0,395	99%	0,247	0,346	40%
PAV	0,195	0,375	92%	0,235	0,336	43%
PDA	0,037	0,065	76%	0,033	0,069	109%
PIM	0,188	0,300	60%	0,260	0,228	-12%
PNR	0,119	0,343	188%	0,184	0,278	51%
PRE	0,036	0,043	19%	0,027	0,053	96%
PRP	0,003	0,004	33%	0,002	0,006	200%
SOB	0,022	0,044	100%	0,013	0,053	308%
TIM	0,306	0,596	95%	0,421	0,480	14%
TOTAL	2,930	5,405	84%	3,458	4,877	41%

A espécie PIM – aroeira pimenteira- *Schinus terebinthifolius Raddi* mostrou que independente do tipo de recipiente que a muda é produzida, seu desenvolvimento nesse experimento foi satisfatório. A espécie obteve 93% de sobrevivência considerando toda a área experimental e aproximadamente 14 fustes

ha⁻¹, além de apresentar crescimento médio anual de 21,2 dm³/ha/ano, considerando o total de indivíduos sobreviventes, esse crescimento é em média de 0,23 dm³/ha/ano por indivíduo.

As espécies de crescimento lento foram mais responsivas ao tubete de 290 cm³ que as espécies de crescimento acelerado. As espécies de crescimento lento apresentaram ganhos de 96% a 308% em 73% das espécies, enquanto que as espécies de crescimento acelerado apresentaram ganhos variando de 51% a 105%, em 53 % das espécies.

4.3 Resultados Área úmida

4.3.1 Resultados da análise de umidade do solo

Para aferição em campo se a área determinada como úmida apresentava nível de saturação de água no solo maior que da área seca, utilizou-se os dados obtidos nas coletas quinzenais dos tensiômetros instalados no campo.

Os dados do tensiômetro confirmam que a área úmida tem umidade do solo superior a área seca, atingindo uma diferença entre 8% a 12%, dependendo do bloco da área seca que é comparada.

Cada zona de alagamento possuía um grupo de tensiômetros conforme profundidade. Entre as zonas de alagamento da área úmida também se confirmou a existência de diferentes níveis de alagamento. Entre a zona nomeada de baixa umidade, existe a diferença com a zona de alagamento total de 12% e com a zona intermediária de 8%, entre as zonas de alagamento intermediário e total existem 10% de nível de saturação de água.

Esse fato confirma os resultados obtidos na análise estatística onde os blocos na área úmida não demonstraram diferença estatística, determinando que o delineamento em blocos casualizados nessa área não foi satisfatório. A partir desse dado, determinou-se que a melhor subdivisão para a área úmida seria por zona de alagamento e o delineamento se tornaria inteiramente ao acaso. Com isso o delineamento por zona de alagamento foi mais interessantes que em blocos ao acaso.

Os dados do tensiômetro não permitiram análise estatística porque a quantidade de aparelhos instalados não foi suficiente para isso.

4.3.2 Comportamento das espécies por zona de alagamento

Não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos fatoriais manejo e recipiente de produção de muda. A zona de alagamento demonstrou maior expressão sobre o desenvolvimento das plantas que os fatoriais testados. A partir dessa situação encontrada, os dados foram analisados conforme comportamento das espécies em cada zona de alagamento disposta.

Tabela 21. Acúmulo de biomassa do lenho por espécie aos 2 anos de idade, em cada zona de alagamento, na área úmida.

BIOMASSA DO LENHO Kg							
ESPÉCIES CRESCIMENTO ACELERADO				ESPÉCIES CRESCIMENTO LENTO			
ZONA DE ALAGAMENTO							
ESPÉCIES	BAIXO	MÉDIO	TOTAL	ESPÉCIES	BAIXO	MÉDIO	TOTAL
GAR	16,4	5,4	0,0	GTÃ	0,1	0,1	0,0
IRB	17,1	5,4	0,0	CAB	0,2	0,2	0,0
ANV	18,7	6,5	0,0	JER	0,3	2,3	0,0
ANB	23,0	7,4	0,2	AMB	0,6	0,3	0,7
FIG	34,3	33,6	2,6	ARÇ	0,7	0,2	0,0
MOJ	39,8	27,2	3,2	LPX	1,9	1,3	0,1
ALG	42,7	50,7	1,1	PRP	3,1	1,7	0,2
PNR	54,2	46,6	3,8	FLT	4,1	3,7	0,0
PIM	73,8	84,1	17,9	PRE	6,7	3,9	0,0
CPX	74,0	28,1	0,7	CDR	8,8	8,0	1,4
CAN	102,3	93,3	18,2	SOB	9,1	8,7	1,5
PDA	29,6	10,2	3,7	ISF	9,8	0,8	0,1
PAV	109,0	180,0	45,9	GUV	11,8	2,6	0,1
TIM	133,2	109,8	25,2	DED	23,6	14,6	3,3
DAS	249,6	205,1	52,6	LIX	24,0	13,6	0,0

Sobre os dados apresentados na tabela 21, de biomassa do lenho aos dois anos de idade, por espécie e zona de alagamento, nota-se que: as espécies de crescimento acelerado que apresentaram maior diferença entre a zona de baixo alagamento com a zona de alagamento total foram: MOJ – monjoleiro com 5 vezes mais biomassa; PIM – aroeira pimenteira com 4 vezes; CPX – capixingui com 105 vezes maior acúmulo de biomassa e ALG – algodoeiro com 39 vezes mais.

As espécies de crescimento lento que apresentaram maior diferença foram: DED – dedaleiro com 7 vezes mais biomassa; LIX – lixeira com 24 vezes mais; ISF –

ipê roxo de sete folhas com 98 vezes mais biomassa; GUV – guaiuvira com 118 vezes mais biomassa; CDR – cedro rosa com 6 vezes mais biomassa acumulada.



Figura 32: Zona de Alagamento total.



Figura 33: Zona de Alagamento total.

As figuras 34 e 35 apresentam graficamente a diferença de acúmulo de biomassa seca do lenho em kg entre as espécies das duas classes de crescimento e o zona de alagamento.

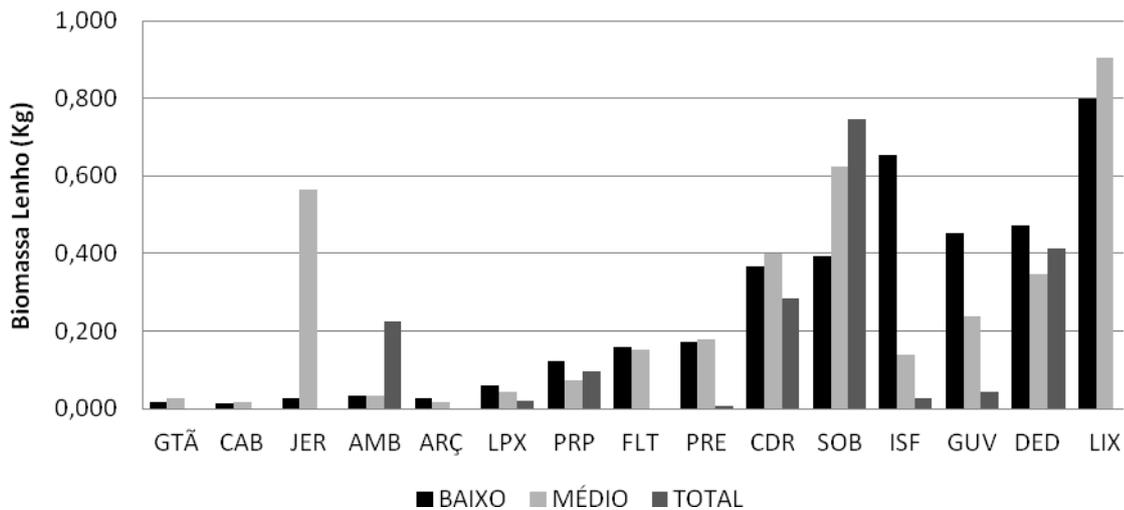


Figura 34. Acúmulo de biomassa do lenho (Kg) por espécie, por zona de alagamento (Baixo, Médio, Total), espécies classificadas em crescimento lento, aos dois anos de idade, na área úmida.

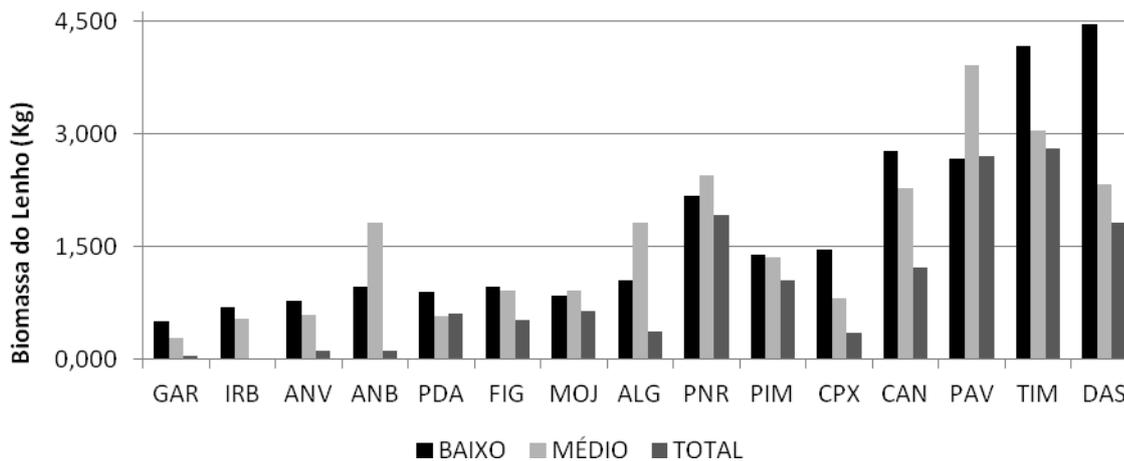


Figura 35. Acúmulo de biomassa do lenho (Kg) por espécie, por zona de alagamento (Baixo, Médio, Total), espécies classificadas em crescimento acelerado, aos dois anos de idade, na área úmida.

Nota-se na tabela 22 e no gráfico 36 que em todos os parâmetros a zona de baixo alagamento demonstrou valores superiores as demais zonas em relação ao diâmetro médio, altura média, número de fustes, área basal, biomassa do tronco, biomassa da folha e IAF- índice de área foliar. A densidade de fustes ha^{-1} na zona de baixo alagamento atinge o valor 5 vezes maior que na zona de total alagamento.

Em relação a área basal, praticamente a mesma proporção foi verificada; 4,8 vezes maior. O índice de área foliar é 7 vezes maior entre as duas zonas de alagamento e a biomassa total dada em $Mg ha^{-1}$, apresentou a zona de baixo alagamento um resultado 80% superior em relação a zona de alagamento total.

Tabela 22. Valores do Diâmetro a 30 cm médio (D30), Altura média dos fustes (Alt), Biomassa de Tronco (Biom.Tronco), Biomassa de Folha (Biom.Folha) e Índice de Área Foliar (IAF) por zona de alagamento aos 2 anos de idade na área úmida. Zonas de alagamento: baixo, médio e total.

Alagamento	D30 cm	Alt. m	BiomTronco Mg ha ⁻¹	Biom Folha Mg ha ⁻¹	IAF m ² m ⁻²
BAIXO	4,4	2,2	2,5	0,7	0,7
MÉDIO	4,4	2,2	1,5	0,4	0,4
TOTAL	3,5	1,7	0,5	0,1	0,1

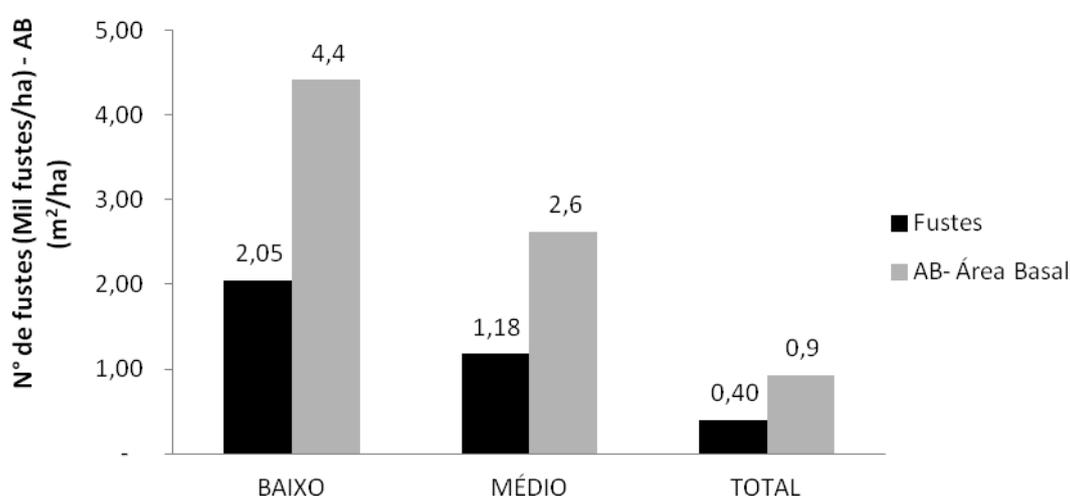


Figura 36. Densidade de fustes (mil fustes ha⁻¹), Área Basal (m² ha⁻¹), para as zonas de alagamento baixo, médio e total, aos dois anos de idade na área úmida.

O gráfico da figura 37 demonstra a quantidade de espécies por zona de alagamento que possui certa densidade de indivíduos vivos e as espécies em que ocorreu mortalidade total dos indivíduos plantados. A zona de baixo alagamento apresentou duas espécies com menos de 10 indivíduos vivos; 13 espécies com uma densidade de indivíduos vivos entre 10 a 30; 14 espécies com mais de 30 indivíduos vivos e uma espécie em que todos os indivíduos morreram. A zona de alagamento médio apresentou 5 espécies com menos de 10 indivíduos vivos; 14 espécies com uma densidade de indivíduos vivos entre 10 a 30; 9 espécies com mais de 30 indivíduos vivos e duas espécies que todos os indivíduos morreram. A zona de alagamento total apresentou 18 espécies com menos de 10 indivíduos vivos; 4 espécies com uma densidade de indivíduos vivos entre 10 a 30; nenhuma espécie com mais de 30 indivíduos vivos e 8 espécies em que todos os indivíduos morreram.

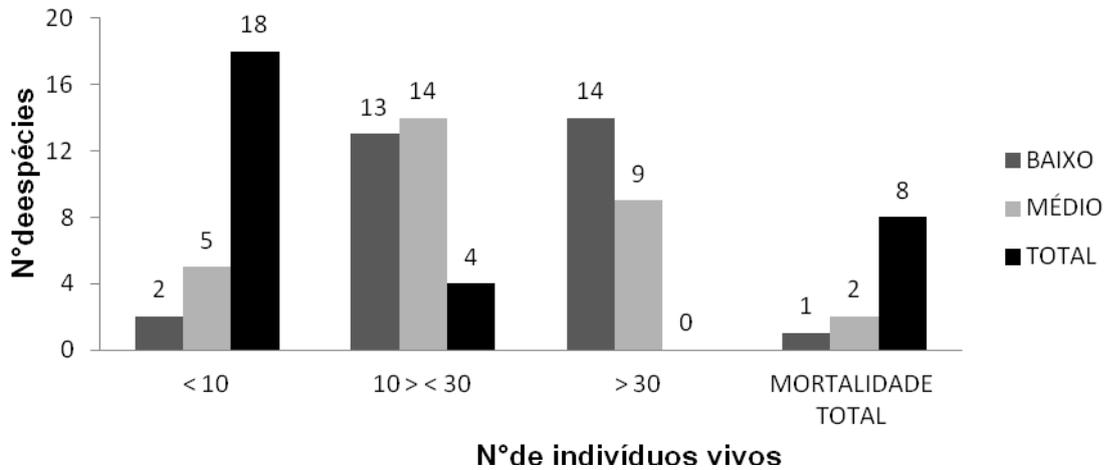


Figura 37. Número de espécies que possuem a densidade de indivíduos vivos (menos de 10, entre 10 a 30 e maior que 30), por zona de alagamento (Baixo, Médio e Total) e número de espécies que todos os indivíduos plantados morreram (Mortalidade Total).

Nota-se que a zona de alagamento é crucial para o desenvolvimento das espécies em um reflorestamento de mata ciliar. A mortalidade da maioria das espécies estudadas foi elevada na zona de alagamento total que também mostrou que nenhuma espécie conseguiu mais de 30 indivíduos vivos aos dois anos de idade. O menor nível e o nível médio de alagamento apresentaram resultados satisfatórios ao relacionar a sobrevivência de indivíduos por espécie, considerando que o sítio apresenta alto grau de estresse às plantas, devido à baixa aeração do solo.

Sabe-se que a umidade do solo não prejudica as plantas, segundo o estudo de TOIT e DOVEY (2005), sobre crescimento de *Eucalyptus grandis* na África do Sul, a maior disponibilidade de água no solo estudado apresentou melhores resultados de produtividade de biomassa do lenho. GENTIL (2010) evidenciou que a irrigação promoveu maior crescimento das plantas e maior incremento no período do estudo em clones de *Eucalyptus* aos 4 anos de idade.

Segundo LARGER (2006), as raízes consomem oxigênio do solo, que é encontrado nos microporos. Em solos encharcados a aeração diminui e a pressão parcial do oxigênio reduz extremamente, a ponto do desenvolvimento da planta ser afetado ou correr riscos. A atmosfera do solo é pobre em oxigênio em qualquer circunstância, devido ao consumo pela respiração das raízes, pelos animais e microorganismos aeróbios do solo (LARGER 2006). Em solo com baixa drenagem,

que permitem o encharcamento por um longo período de tempo, o oxigênio do solo se difunde, tornando o solo livre de oxigênio, nesse momento os microorganismos anaeróbios dominam o meio, criando um sistema redutor no qual existe a presença de Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S , sulfitos, ácido láctico, ácido butírico, entre outros presentes em concentrações tóxicas, além disso, a reposição do nitrogênio é limitada (LARGER 2006). Somente algumas espécies, por exemplo herbáceas helófitas (plantas de pântano), poucas espécies arbóreas e árvores de mangue conseguem sobreviver a solos encharcados sem oxigênio disponível para a respiração das raízes, geralmente a maioria das plantas morre em poucos dias, algumas espécies toleram inundações sazonais, mas a permanência constante em solo encharcado, a maioria das espécies não tolera (LARGER, 2006; POZZOBON et. al., 2010).

O que justifica o resultado apresentado nas zonas de total alagamento da área úmida é provavelmente a má drenagem do solo, o que evidencia falta de aeração das raízes, causando a alta mortalidade verificada. O excesso de água na área úmida em relação à área seca, não está favorecendo o crescimento das plantas, mas prejudicando o desenvolvimento das raízes, impedindo sua respiração. Indica-se nesse caso, onde margens de reservatórios apresentam encharcamento constante durante o ano, que não seja realizado o reflorestamento com esse mix de espécies estudadas, devem-se buscar na literatura espécies tolerantes a esse meio.

Aconselha-se que antes de iniciar um plantio de reflorestamento é necessário mapear a área antes de implantar, realizar o levantamento de dados do solo, microclima, relevo e balanços hídricos da região. Com essas informações é possível escolher o mix adequado de espécies nativas que se desenvolvem nas condições apresentadas pelo sítio. Esse é o procedimento adotado para garantir o sucesso do reflorestamento na restauração de áreas degradadas.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos aos 2 anos em ensaio de restauração florestal em área de boa drenagem às margens do reservatório de Borborema-SP com 30 espécies nativas e em tratamentos com dois níveis de manejo (Convencional e Potencial) e dois níveis de qualidade de mudas (Tubete grande e Tubete pequeno), podemos concluir que:

- Não houve interação entre manejo x qualidade da muda, mostrando que independentemente do sistema silvicultural o tubete grande apresenta melhor resultado no crescimento, e que independentemente do tubete a silvicultura intensiva foi a que propiciou maior desenvolvimento das plantas;
 - O aumento de área foliar por efeito da silvicultura mais intensiva foi de 121%, resultando num aumento de produção de biomassa de tronco de 80%;
 - O aumento da sobrevivência por efeito do uso de tubetes maiores foi de 20%, resultando num aumento de produção de biomassa de tronco de 40%;
 - As espécies de crescimento lento foram mais responsivas ao tubete de 290 cm³ que as espécies de crescimento acelerado. As espécies de crescimento lento apresentaram ganhos de 96% a 308% em 73% das espécies, enquanto que as espécies de crescimento acelerado apresentaram ganhos variando de 51% a 105%, em 53 % das espécies.
- No mesmo estudo, numa área de má drenagem, concluímos que:
- O alagamento representa um elevado estresse ambiental que impediu o adequado desenvolvimento das espécies nativas estudadas, apontando para a melhor caracterização dos tipos de floresta nestas condições específica;

Retornando as hipóteses iniciais do estudo, verificou-se:

i. O manejo potencial diminuirá os estresses ambientais da área degradada, acelerando o desenvolvimento e acúmulo de biomassa até o segundo ano das 30 espécies nativas. **Inteiramente corroborada na área seca.**

ii. As mudas produzidas em tubetes grandes com 290 cm³ terão maior acúmulo de biomassa, aos dois anos de idade, em relação ao tratamento que utilizou mudas produzidas em tubetes pequeno de 56 cm³. **Inteiramente corroborada na área seca.**

iii. Será notado maior desenvolvimento e melhor sobrevivência no sítio menos úmido, devido ao menor estresse de alagamento. **Inteiramente corroborada.**

iv. As espécies de crescimento lento serão mais responsivas ao tamanho do tubete de produção de mudas. **Inteiramente corroborada na área seca.**

REFERÊNCIAS

ANTIQUERA, L.R. Ensaio de espécies pionbras para a região de Paraibuna. In: KAGEYAMA, P.Y.; Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP. **IPEF Série Técnica**, Piracicaba, v.8, n.25, p. 1-43, Set.1992 ISSN 100 - 8137

AGNEW, L.J.; LYON, S.; GÉRARD-MARCHANT, P.; COLLINS, V.B.; LEMBO, A.J.; STEENHUIS, T.S.; WALTER, M.T. **Identifying Hydrologically Sensitive Areas Bridging The Gap Between Science and Application**. Department of Biological and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, NY 14853-5701, USA. Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA. Received 24 September 2004; revised 19 March 2005; accepted 8 April 2005

ATTANASIO, C.M.; LIMA, W.P. ; GANDOLFI, S. ; ZAKIA, M. J. B. ; VERIZIANI JR., C.T. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Forestalis** Piracicaba. (IPEF), v. 71, p. 131-140. 2006.

BARBOSA, L.M.; MARTINS, S.E. **Diversificando o reflorestamento no Estado de São Paulo**: espécies disponíveis por região e ecossistema. São Paulo: Instituto de Botânica, 2003. p.63

BARJA, P. R. **Produção e difusão de oxigênio : processos biofísicos da fotossíntese investigados com a técnica fotoacústica**. 2000. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física “Gleb Wataghin”. Campinas, SP. 2000.

BARROS, N. F.; NEVES, J.C.; NOVAIS, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. In. **Nutrição e fertilização Florestal**. Editores Editora IPEF. Piracicaba. 2000.

BASTOS NETO, J. **As áreas de preservação permanente do rio Itapicuru-açu: impasses e pertinência legal**. 2000. 223p. Dissertação (Mestrado na área de Política e Gestão Ambiental) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília – DF - 2000.

BEADLE, C.L. Dynamics of leaf and canopy development. In NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A. **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forest**. Canberra: ACIAR; CSIRO; CIFOR, 1997. chap. 6, p. 169-212.

BLANCO, H.G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. **O Biológico**, São Paulo.1972. v. 38, n.10, p. 343-350.

BLINKLEY, D.; STAPE, J.L.; RYAN, M.G. Thinking about efficiency of resource use in Forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p 5-16. 2004.

BORTOLAZZO, E. D. **Efeitos da área de controle das plantas daninhas (coroamento ou faixas) no desenvolvimento inicial de tangerina “Poncã” (Citrus reticulata Blanco). 2002**Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2002.

BRACHTVOGEL E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (Sprengel) taubert em viveiro. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.223-232. 2010.

BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical american rain forest species in the loght of sucessional processes.** Turrialba, v.15 p.440-442, 1965.

CAMPOE, O.C. **Efeito de práticas silviculturais sobre a produtividade primária líquida de madeira, o índice de área foliar e a eficiência do uso da luz em plantios de restauração da Mata Atlântica.** Dissertação (Mestrado na área de Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CAMPOE, O.C.; STAPE, J.L.; MENDES, J.C.T. Can intensive management accelerate the restoration of Brazil’s Atlantic forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1808 – 1814, 2010.

CÂNDIDO, J.F.; GOMES, J.M. Introdução as novas técnicas na produção de viveiros florestais II. **Documento SIF.** Viçosa: ISF, 144p. 1993.

CARPANEZZI, A.A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observação de laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990. Campos do Jordão, SP **Anais...** Campos do Jordão, SP: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p. 216-221.

CARTER, G. A.; MILLER, J. H.; DAVIS, D. E; PATTERSON, R. M. Effect of negative competition on the moisture and nutrient status of loblolly pine. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 14, n. 1, p. 1-9. 1984.

CHADA , S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.801-809. 2004.

CHRISTOFFOLETI, P.J. ; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. **Revista Planta Daninha**, Piracicaba-Sp, v. 12, n. 1, p. 13-20, 1994.

CORBERTT, E.S. ;LYNCH, J.A. **Management of Streamside Zones on Mundial Watersheds**. In: RIPARIAN ECOSYSTEMS AND THEIR MANAGEMENT. **USDA. Forest Service General Report R – 120**. 1985. p. 187 - 190.

CRISCUOLO, C.; HOTT, M.C. **Área de estudo – Geomorfologia. Embrapa monitoramento por satélite**. Sistema de gestão territorial da ABAG/RP. Disponível em: <http://www.abagrpnpm.embrapa.br/areas/geologia.htm> (Visitado em jan/2012)

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.). **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.507-516. 2005.

DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOVIS, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M. PINHEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium Willd.* **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; MOREIRA, J. F.; POLIDORO, J. C.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Influência da projeção das copas de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo. **Pasturas Tropicales**, v. 28, n. 2. 2003.

DENSLOW, S.S. **Gap partitioning among tropical rain-forest trees**. **Biotropica**, New York, v. 12, p.47-55, 1980.

ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 152, p. 169 -181, 2001.

FERREZ, A.P.C. **Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica**. 2010. 104p. Dissertação (Mestrado na área de Recursos Florestais) – ESALQ/USP, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

GENTIL, M. S.; **Transpiração e eficiência do uso da água em árvores clonais de Eucalyptus 4 anos em áreas com e sem irrigação em Eunápolis, Bahia**. 2010. 71 p. Dissertação Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- USP. Piracicaba. 2010.

GIVINISH, T.J. **Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective.** In: EVANS, J.R.; CAEMMERER, S. VON; ADAMS, W.W. **Ecology of photosynthesis in sun and shade.** Melbourne:CSIRO,1988. 358p.

GOMES, J. M. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de Ipê (*Tabebuia serratifolia*) de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de Angico Vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.14, n.1, p.26-34. 1990.

GOMES, J. M. et. al. Produção de mudas de eucalipto. **Inf. Agropec.**, v. 18, n. 185, p.15-23. 1996.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP. **Documentos Florestais.** Piracicaba, p. 1 –23. 1995.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996. Águas de Lindóia-SP. **Anais...** Águas de Lindóia: USP-ESALQ/SBCS/CEA/SLACS/SBM, 1996. 1 CD-ROM.

GONÇALVES, J.L.M; MORAES- NETO, S.P.; ARTHUR-JR, J.C.; DUCATTIS, F.; AGUIRRE-JR, J.H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, SIF. v.27, n.2, p.129-137, 2003.

IGNÁSIO, E.D.; ATTANASIO; MIRA, C.; TONIATO, M. T. Z. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo. v. 19, p. 137-148, 2007.

JESUS, R.M. de :ENGEL, V.L. Faixa Verde na Estrada de Ferro Vitória-Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 3., 1989. **Anais...** Rio de Janeiro, 1989. v.2. p. 867 - 900.

IANNELLI-SERVIN, C.M. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da mata-atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo.** Piracicaba, 2007. Tese (Doutorado na área de Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

KAGEYAMA, P.Y. ; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantação de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, v.41 / 42, p. 83-93,1989.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas: Implicações para o manejo e a conservação. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA. 3., 1993. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1993. p.1-9.

KAGEYAMA, P.Y.; REIS, A. **Areas de vegetación secundaria en el valle de Itajaí, Santa Catarina, Brasil. Perspectivas para su ordenación y conservación. Recursos Genéticos Forestales.** v.21, p.37-39, 1994.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO- FILHO, H.F. **Matas ciliares: Conservação e recuperação.** São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000. p. 249 – 269.

KAGEYAMA, P.Y.; REIS, A.; CARPANEZZI, A.A. Potencialidades e restrições da regeneração artificial na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992. Curitiba, **Anais...** 1992. p. 1-7.

LARGER, W. **Ecofisiologia vegetal.** Tradução de PRADO, C. H. B. A. Ed. Rima, 2000, 2004, 2006.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo.** São Paulo. Ed. Universidade de São Paulo. 2005. 321p.

LIMA, W.P. O papel hidrológico das florestas na conservação dos recursos hídricos. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 50., 1986, Olinda. **Anais...** Silvicultura. São Paulo : Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1986. v.11 . p. 59-62.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.10, n.29, p.11 – 21, Nov. 1996.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. - Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série técnica**, Piracicaba. v. 12, n. 31, p. 53-64, abr., 1998.

LIMA, W P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas.** 2. ed. Piracicaba – São Paulo. ESALQ - Departamento de Ciências Florestais, 2008.

LIMA, W.P. Relações hidrológicas em matas ciliares. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos.** São Carlos: Rima Editora, p.301-312. 2003.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP/ Fapesp, 2000. cap.3, p.33-44.

LUTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin, New York: Springer, 1997. 384p.

MACEDO, A.C. **Revegetação: matas ciliares e de proteção ambiental**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 27p.

MACIEL, C. D. G.; POLETINEI, J. P.; ALVES, I. M.; RAIMONDI, M. A.; RODRIGUES, M.; BUENO, R. R.; COSTA, R. S. Coroamento no controle de plantas daninhas e desenvolvimento inicial de espécies florestais nativas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 119-128, jan./mar. 2011.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do tubete no crescimento inicial de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.5, n.2, p.999-1006, 2003.

MALAVOLTA, EURÍPEDES. **ABC da adubação**. 4 ed. , Revista e atualizada. São Paulo: Editora Agronômica Ceres,1979. p. 255.

MARCHI, S.R.; PITELLI, R.A.; BEZUTTE, A.J.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S.F. Efeitos de Períodos de Convivência e de Controle das Plantas Daninhas Na Cultura de *Eucalyptus Grandis*. In: SEMINARIO SOBRE CULTIVO MINIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1995. EFEITOS DE PERIODOS DE CONVIVENCIA E DE CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DE EUCALIPTUS GRANDIS. Curitiba, PR. p. 122-133.

MATTEI, V.L. Deformações radiculares em plantas de *Pinus taeda* L. produzidas em tubetes quando comparadas com plantas originadas por semeadura direta. **Ciência Florestal**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 1999.

MINTER, _____. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnica de revegetação**. Brasília, IBAMA. 1990. 96p.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo das plantas daninhas. **Planta Daninha**, Piracicaba, v. 19, n. 3, p. 375-380, 2001

MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, v. 26,n. 1/2, p. 3-16, 1996.

MOSTER, C.; LIMA, W.P.; ZAKIA, M. J. B.; CAMARA, C.D. Determinação do ano hidrológico visando à quantificação do balanço hídrico em microbacias experimentais. **Circular Técnica (IPEF)**, Piracicaba, v. 197, P. 1-7, 2003.

NETO, C. J.G.; STAPE, J.L.; HAKAMADA, E.; Silva, S. R. Relationship between leaf area index and productivity in Eucalyptus plantations. INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESS CONTROLLING PRODUCTIVITY IN TROPICAL PLANTATIONS – IUFRO, **Anais..** 2008.

NOFFS, P.S.; GALLI, L.F.; GONÇALVES, C. **Recuperação de áreas degradadas da Mata Atlântica.** Uma experiência da CESP - Companhia Energética de São Paulo. Caderno nº 3 2ª edição CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. 2000

NOVAES, R.F.; REGO, A.K.; GOMES, J.M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, v.4, p.14-23. Viçosa- MG. 1998.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia.** 4. ed. Lisboa:Fundação Calouste Gulbenkian, 1988. 927p.

PAIVA, A.V.; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 141-151, jun. 2000. p. 142 -151.

PALMER, M.A.; AMBROSE, R.F.; POFF, N.L. Ecological theory and community restoration. **Restoration Ecology**; v.5, p. 291-300. 1997.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J.W. JONES, N. **Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands.** Forest Ecology and Management. Amsterdam, v. 99, p. 1-7, 1997.

PAULINO, A. F.; Cristiane de Conti MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; AZEVEDO, M. C. B.; HIGA, A. R.; SIMON, A. Distribuição do sistema radicular de árvores de Acácia negra oriundas de mudas produzidas em diferentes recipientes. **R. Árvore.** Viçosa-MG, v.27, n.5, p.605-610. 2003.

PERROTTA, M. M. et. al. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. São Paulo: CPRM. (PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL). 2005.

PITELLI, R.A. **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas.** IPEF. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v.4, p. 1-24, 1987.

PITELLI, R. A.; MARCHI, S. R. Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3. Belo Horizonte 1991. SIF, **Anais...** p. 1-11.

PITELLI, R. A.; RODRIGUES, J. J. V.; KARAM, D.; COELHO, J. P.; ZANUNCIO, I.; ZANUNCIO, C. C. Efeitos de períodos de convivência e controle das plantas daninhas na cultura do *Eucalyptus*. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1. Rio de Janeiro: UFRRJ, **Anais...** p. 110-123., 1988.

POZZOBON, M.; CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; GALVÃO, E. Z. Restauração de planícies do rio Itajaí-Açu, SC: sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas por tipo de solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo v. 30, n. 63. P. 171 – 189. Ago./ out. 2010.

RASCHER, U.; BOBICH, E.G.; LIN, G.H.; WALTER, A.; MORRIS, T.; NAUMANN, M.; NICHOL, C.J.; PIERCE, D.; BIL, K.; KUDEYAROV, V.; BERRY, J.A. Functional diversity of photosynthesis during drought in a model tropical rainforest-the contributions of leaf area, photosynthetic electron transport and stomatal conductance to reduction in net ecosystem carbon exchange. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.27, p. 1239-1256. 2004.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MAESTRI, M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L.M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, v.13, n. 1, p. 1-18, jan./jun. 1989.

REIS, A.; ZAMBONIN, R.M.; NAKAZONO, E.M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal – Série recuperação**. São Paulo:EDITORA, 1999. p.23. (Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 14.)

REIS, A.; KAGEYAMA,P.Y. **Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas**. In: KAGEYAMA,P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. Cap. 5, p 91-110.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (E.d.) **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004. p. 235-247.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: ESALQ, LERF; Instituto BioAtlântica, 2009. p.256.

RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 142, p. 1242 -1251, 2009.

ROSS, J. **The radiation regime and architecture of plant stands**. London: Junk, 1981. 391p.

SANTARELLI, E.G. Produção de mudas de espécies nativas. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO, H.F.F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.

SILVA, M.A. Silvicultura brasileira: trabalhos da Floresta Nacional da Tijuca. **Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura**, Rio de Janeiro, n.5, p.29-33, 1870.

STAPE, J.L.; GANDARA, F.B. **Modelos de recuperação de áreas degradadas com espécies nativas em duas regiões do Brasil visando sequestro de carbono**. Piracicaba, IPEF; ESALQ, Depto. Ciências Florestais, 2006. 164 p. Relatório Final do Projeto Petrobrás –IPEF.

STAPE, J.L. **Production ecology of clonal Eucalyptus plantations in northeastern Brazil**. 2002. Thesis (Ph.D. In Forest Sciences) – Colorado State University, Fort Collins, 225 p. 2002.

SIMÕES, J.W. Problemática da produção de mudas em essências florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba v.4 n.13 p. 1, dez.1987

STRAUSS-DEBENEDETTI, S. BAZZAZ, F.A. Photosynthetic characteristics of tropical trees along successional gradients. In: MULKEY, R.L.; CHAZDON, R.; SMITH, A.P. **Tropical forest plant ecophysiology**. New York: Chapman e Hall, 1996, chap. 6. p. 162-186.

STURION; J.A.; ANTUNES, B.M.A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais**, Colombo, p.125-150. 2000.

TAROUCO, C.P; AGOSTINETTO, D. ; PANOZZO, L. E. ; SANTOS, L. D. dos ; VIGNOLO, G. K. ; RAMOS, L.O. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Online), 2009.

TOIT, B.; DOEY, S. B. Effect of site management on leaf area, early biomass development, and stand growth efficiency of a *Eucalyptus grandis* plantation in South Africa. **Can. J. For. Res.** Canadá, v. 35, p. 891–900. 2005.

TOLEDO, R.E.B.; VICTORIA FILHO, R.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; LOPES, M.A.F. Efeito de períodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 395-404, 2000.

TOLEDO, R.E.B.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, P.L.C.A.; PITELLI, R.A. ; CADINI, M.T.D. Efeitos da faixa de controle do capim-braquiaria (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 383-393, 2000

TOLEDO, R. E. B.; DINARDO, W.; BEZUTTE, A. J.; ALVES, P. L. C. A.; PITELLI, R. A.. Efeito da densidade de plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf sobre o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 2, n. 60, p. 109-117, 2001.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. INSTITUTO AGRONÔMICO/FUNDAÇÃO IAC, Campinas, 1997, 285 p. (BOLETIM TÉCNICO, 100). 1997.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros de mudas de eucalipto e pinus. In. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização Florestal. Editora IPEF. Piracicaba. 2000.

VERTESSY, R. A.; BENYON R. G.; O'SULLIVAN S. K.; GRIBBEN P. R. Relationships between stem diameter, sapwood area, leaf area and transpiration in a young mountain ash forest. **Tree Physiology** 15, Victoria, Canadá 559—567. Heron Publishing. 1995.

WHITMORE, T.C. **On pattern and process in forests**. British Ecological Society Special Publications, n.1, p.45-49, Oxford. 1982.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A.C. Variação do índice de área foliar em clones de Eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **R. Árvore**, Viçosa-MG. v.26, n.4, p.421-427. 2002.

ZAKIA, M.J.B. – **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental**: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de matas naturais. Tese (Doutorado na área de Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

ZAKIA, M.J.B.; RIGHETTO, A.M.; LIMA, W.P. Delimitação da zona ripária em uma microbacia. In: LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. (Org.) **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento**. RIMA, p.89-106. São Carlos. 2006.

ZEN, S. **Influência da matocompetição em plantas de *Eucalyptus grandis***. **Série técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 25-35. 1987.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BROWN, S.; LUGO, A.E. Tropical secondary forest. **Journal of Tropical Ecology**. Cambridge, v.6. p. 109-114, 1990.

BROWN, JR. K.S.; BROWN, G.G. **Habitat Alteration and species loss in Brazilian Forests**. In: WHITMORE, T.C.; SAYER, J.A. **Tropical deforestation and species extinction**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 119-142.

COELHO S.L.; TEIXEIRA D.S. **Avaliação do Tensiômetro Eletrônico no Monitoramento do Potencial Matricial de Água no Solo**. Jaboticabal. Set.dez. 2004. v.24, n.3, p.536-545.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M.A.O.; BAITELLO, J.B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: Instituto Florestal, SMA, 2002, 65p.

GANDARA, F.B.; KAGEYAMA P.Y. Indicadores de sustentabilidade de florestas naturais. **Serie Técnica IPEF, Piracicaba**, v. 12, n. 31, p. 79-84, abr., 1998.

KAGEYAMA, P.Y.; BRITO, M.A.; BAPTITON, I.C. Estudo do mecanismo de reprodução de espécies da mata natural. In: KAGEYAMA, P.Y. **Estudos para implantação de matas ciliares de proteção na Bacia hidrográfica do Passa Cinco**. Piracicaba, 1986. 236p.

KAGEYAMA, P.Y. Plantações de essências nativas florestais de proteção e reflorestamento mistos. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v.8, p.1 –9, jan. 1990

KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. 340p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

MCT- Ministério da Ciência e Tecnologia – Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo. Disponível em: www.mct.gov.br/clima Acesso em: 10 jul.2009.

MCT- Ministério da Ciência e Tecnologia - Guia de Orientação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

MALAVOLTA, E.. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MELO, A.C.G.; MIRANDA, D.L.C.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio Vale do Paranapanema, SP Brasil. Sociedade de Investigações Florestais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.321-328, 2007.

Metodologia de linha de base e monitoramento aprovada para florestamento e reflorestamento AR-AM0010. "Atividades de projetos de florestamento e reflorestamento implementadas em pastagens não manejadas em áreas de reserva/protegidas". 2007. 88 p.

PDD v. 4 AES- Tietê. UNFCCC/CCNUCC. CDM – Executive Board. PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM FOR AFFORESTATION AND REFORESTATION PROJECT ACTIVITIES (CDM-AR-PDD) - Version 04. CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM FOR AFFORESTATION AND REFORESTATION PROJECT ACTIVITIES (CDM-AR-PDD) Version 04. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). MDL – Conselho Executivo AR-AM0010 / Versão 02. Escopo Setorial: 14 EB 36. 1/105

RANZINI, M.; RIHETTO, A.M.; LIMA, W.P.; GUANDIQUE, M.E.G.; ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Processo hidrológico de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. Hydrological processes of a small catchment with subtropical Forest. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.66, p.108 – 119, dez. 2004.

RODRIGUES, R.R. Avanços e perspectivas na recuperação de áreas dentro dos programas de adequação ambiental. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. 2003.local **Anais...**São Paulo: SMS, 2003. p.5.

SILVA, P.H.M.; WICHERT, M.C.P. ; GONÇALVES, J.L.M. **Indicadores estatísticos sobre viveiros florestais no Brasil**.

STAPE, J.L.; GONÇALVES J.L.M.; GONÇALVES A.N. Relationships between nursery practices and Field performance for Eucalyptus lantations in Brazil - A historical overview and its increasing importance. **New Forests**, Kluwer - Netherlands, ,v. 22, p. 19–41, 2001.