

DESENVOLVIMENTO E ESTOQUE DE CARBONO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE DIFERENTES GRUPOS SUCESSIONAIS EM SISTEMA AGROFLORESTAL

Tales Henrique Dias Chaves¹

Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo²

Paulo Sérgio Cordeiro Júnior³

Angela Cristina Bieras⁴

Fernanda Fernandes Salazar⁵

Antônio Lucio Mello Martins⁶

Everton Luis Finoto⁷

Lucas Zambelli Migliaccio Miguel⁸

Mônica Helena Martins⁹

¹Graduando Curso de Agronomia, UNIRP, Centro Universitário de São José do Rio Preto-SP, Bolsista PIBIC-CNPq. E-mail: taleshenrique06@gmail.com

²Engenheira Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal, Pesquisadora Científica no Polo Centro Norte-APTA, Pindorama– SP. E-mail: mtvilela@apta.sp.gov.br

³Graduando Curso de Agronomia, UNIRP, Centro Universitário de São José do Rio Preto-SP. E-mail: paulo-gege@hotmail.com

⁴Engenheira Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal, Docente UNIRP, Centro Universitário de São José do Rio Preto- SP. E-mail: acbieras@gmail.com

⁵Tecnóloga em Gestão do Agronegócio, Bolsista FAPESP, Polo Regional Centro Norte, Pindorama– SP. E-mail: feersalazar@hotmail.com

⁶Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, Pesquisador Científico no Polo Centro Norte-APTA, Pindorama– SP. E-mail: lmartins@apta.sp.gov.br

⁷Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Pesquisador Científico no Polo Centro Norte-APTA, Pindorama– SP. E-mail: evertonfinoto@apta.sp.gov.br

⁸Engenheiro Agrônomo, Bolsista no Polo Centro Norte-APTA, Pindorama– SP. E-mail: lucaszambelli@ig.com.br

⁹Engenheira Agrônoma, Bolsista no Polo Centro Norte-APTA, Pindorama– SP. E-mail: mo-martinss@hotmail.com

RESUMO

Um sistema agroflorestal (SAF) com árvores nativas, urucum (*Bixa orellana*), seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) e acerola (*Malpighia puniceifolia*), sob diferentes manejos foi plantado no Polo Centro Norte, Pindorama, SP, em fevereiro de 2011 para revegetação das margens de açudes. Os diferentes tratamentos foram T1: árvores plantadas sem revolvimento do solo, em covas de 0,30 m x 0,30 m x 0,60 m, espaçamento 3 x 2m, com controle de plantas daninhas por roçadeira, sem culturas entre as linhas; T2: árvores plantadas em covas, espaçamento de 2 m x 3,5m, controle de plantas daninhas com o herbicida Roundup WG e plantio de milho entre linhas em sistema de plantio direto; T3 : árvores plantadas em sulcos com preparo do solo usando grade e sulcador, espaçamento de 3,5 x 2m, e milho plantado no preparo convencional; T4: árvores plantadas em sulcos, espaçamento de 3,5 x 2m sem culturas entre as linhas. Das 33 espécies nativas, 24 eram pioneiras, 6 climácicas e 3 espécies comerciais: urucum, seringueira e acerola. Mediu-se o diâmetro à altura do peito (DAP) de árvores e calculados a biomassa e estoque de carbono para todas as árvores vivas e depois para as espécies pioneiras e não pioneiras. A biomassa acumulada (4,59 t / ha) e estoque de carbono (2,06 t / ha) foram maiores no tratamento 2. O estoque total de carbono para todas as árvores vivas do sistema agroflorestal em quatro anos (2011-2015) foi 46,82 t / ha e a biomassa total da árvore foi 104,04 t / ha.

Palavras-chave: Estoque de carbono. Mudanças climáticas. Florestas tropicais. Espécies nativas. Sistema agroflorestal.



DEVELOPMENT AND CARBON STOCK OF TREES FROM DIFFERENT SUCCESSIONAL GROUPS IN AGROFORESTRY

ABSTRACT

An Agroforestry System (AFS) with native forest species, annatto (*Bixa orellana*), rubber tree (*Hevea brasiliensis* L.) and *Malpighia puniceifolia* was planted under different managements in the Polo Centro Norte, Pindorama, SP, Brazil in February 2011. Tree rows were composed of native forest species, interspersed with rubber tree, *Malpighia* and annatto. The 4 treatments: T1/Dam1: trees planted without tilling the soil, in hollows of 0.30 m x 0.30 m x 0.60 m deep, spaced 3 x 2m, with control of weeds using mower coupled to the tractor, without crops between rows; T2/Dam2: trees planted in hollows, spaced 3.5m x 2m, weed control with herbicide Roundup WG and annual crops (corn) between rows in no-tillage system; T3/Dam 3: trees planted in furrows with soil tillage and furrow opening using soil disk and trencher, spaced 3.5 x 2m, annual corn crop under conventional tillage; T4/Dam4: trees planted in furrows with soil tillage using soil disk and trencher, spaced 3.5 x 2m with no annual crops between rows. From 33 native species, 24 were pioneer, 6 climax and 3 commercial species: annatto, rubber tree and *Malpighia*. It was taken the diameter at breast height (DBH) of trees and biomass and carbon stock calculated. The biomass production (4.59 T/ha) and carbon stock (2.06 T/ha) were higher in Treatment 2 probably due to annual crop fertilization. The total stock of carbon for all living trees of the agroforestry system in four years (2011-2015) was 46.82 T / ha and the total tree biomass was 104.04 T /ha.

Keywords: Carbon stock, climate changes mitigation, tropical forest, native species, agroforestry system

INTRODUÇÃO

A restauração de áreas degradadas deve induzir o processo de sucessão natural, restaurando a estrutura e composição da floresta por meio da regeneração natural. Sistemas Agroflorestais (SAFs) são alternativas para essas situações, uma vez que incluem a produção agrícola utilizando diferentes culturas e árvores assegurando a biodiversidade do ecossistema e otimizando o uso da terra. Este sistema é uma estratégia prática para minimizar o uso intensivo da terra com monocultura, além de servir como uma estratégia para compor projeto de restauração florestal (ABDO et al., 2008).

O sucesso desses projetos depende da escolha acertada das espécies que serão plantadas e suas interações o que torna esse trabalho um desafio para obter a composição adequada tanto na estrutura como na função. Além de vegetação nativa e de reflorestamento misto, sistemas agroflorestais que integram floresta com a produção de alimentos consistem em uma cobertura interessante para áreas ribeirinhas otimizando o uso da terra e reduzindo o impacto das atividades ambientais além de gerar renda e produção de alimentos. A diversificação de culturas leva a uma melhoria significativa das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo através de ciclagem de nutrientes e controle de erosão (ABDO et al., 2008).

Com o surgimento de clareiras no interior das florestas instala-se o processo de regeneração da floresta natural denominado sucessão secundária e que tem sido usado como fundamento para o plantio misto de espécies nativas quando se procura recompor áreas de florestas (ABDO, 2009). O comportamento das espécies nativas quanto à exigência de condições ideais para sua germinação e estabelecimento em áreas de florestas levou a separação do grande número de espécies da floresta tropical em grupos ecológicos cujo conceito tem sido fundamental para processos de restauração florestal.

A separação das espécies arbóreas em grupos ecológicos é uma maneira de possibilitar o manuseio do grande número de espécies da floresta tropical, mediante seu agrupamento por funções semelhante e de acordo com exigências. Diferentes critérios para a classificação das espécies têm sido utilizados, com base principalmente na resposta à luz das clareias ou não sombreamento do dossel (ABDO, 2009).

Basicamente as espécies são classificadas em três grupos: pioneiras, com rápido crescimento, germinação e desenvolvimento a pleno sol e produção precoce de muitas sementes pequenas, normalmente com dormência, as quais são predominantemente dispersadas por animais; climácicas que apresentam crescimento lento, germinando e se desenvolvendo à sombra e produzem sementes grandes, normalmente sem dormência e ocorrendo no subosque ou no dossel da floresta onde espécies desse grupo ocorrem também em pequeno número, com



médias e altas densidades e indivíduos; e o terceiro grupo, as secundárias que está entre esses dois grupos e engloba a maioria das espécies, também denominadas intermediárias, e têm como principal característica a capacidade de suas sementes germinarem à sombra, mas requerendo a presença da luz para seu desenvolvimento, são características do dossel ou do estado emergente e são responsáveis pela alta diversidade dessas florestas.

Portanto em projetos de revegetação deve-se envolver os diferentes grupos ecológicos sucessionais, arranjados de forma tal que suas exigências sejam atendidas pelos modelos adotados no plantio. As espécies do estágio inicial da sucessão – as pioneiras ou sombreadoras – são importantes para que as espécies dos estágios finais (não pioneiras ou sombreadas) tenham condições adequadas para seu desenvolvimento (ABDO, 2009).

O que se pretende criar, desde o começo do processo de recuperação, um bosque rico em espécies nativas endêmicas, em geral escolhidas de acordo com suas aptidões ecológicas e seu potencial em atrair a fauna de dispersores de sementes que, vindos de áreas de vizinhas, podem trazer novas sementes e acelerar o processo de recuperação e revegetação do local.

O interesse por áreas de floresta têm crescido ultimamente, uma vez que podem contribuir significativamente para reduzir as emissões de carbono e mitigar a mudança climática uma vez que a sua manutenção reduz a emissão de carbono, como o dióxido de CO₂, a principal fonte de emissões de gases de efeito estufa em países tropicais. Florestas sequestram e estoque mais carbono do que qualquer ecossistema terrestre e muitos esforços têm sido feito para preservar estas áreas, bem como aumentá-los através de projetos de reflorestamento e incluindo incentivos econômicos uma vez que estes ecossistemas além de evitar as alterações climáticas promovem a manutenção da biodiversidade e outros serviços dos ecossistemas. Para quantificar a eficiência da redução das emissões de CO₂ a partir dessas áreas de florestas naturais ou plantadas, é necessário realizar um levantamento, estimar os estoques de carbono na biomassa florestal e propor métodos relacionando-os com as estimativas do carbono florestal sequestrados e, portanto, redução de emissões de CO₂ (PAIXÃO et al., 2006).



De acordo com os autores o Brasil é um país privilegiado para reverter processo de mudanças climáticas globais, tanto de reduções de emissões (evitando a queima) e seqüestro de carbono (por meio de reflorestamento) já que poucos países têm condições climáticas e tecnológicas adequadas para a produção florestal como o Brasil. A possibilidade de utilização das florestas como mitigação de problemas climáticos baseia-se no desenvolvimento de técnicas, identificação de oportunidades e da utilização de diferentes produtos que as florestas podem fornecer. Mas, apesar desses poucos estudos que mostram potenciais o real potencial das florestas estão disponíveis. A maioria dos estudos é baseada na estimativa volumétrica de troncos de árvores, que são convertidos em biomassa e carbono. Funciona incluindo estimativas precisas dos vários compartimentos da floresta (solo, raízes, copas de árvore, orgânico lixo etc.) ainda são escassos. Considerando este fato, os projetos que medem floresta relacionada com o desenvolvimento de técnicas e métodos para a estimativa do estoque de carbono de árvores individuais e os diferentes componentes da floresta, bem como estudos de viabilidade econômica, incluindo o seqüestro de carbono são necessários (PAIXÃO et al., 2006).

A Lei do Estado de São Paulo (12.927 / 2008) possibilitou o uso de plantas exóticas em projetos de sistemas agroflorestais na reserva legal, que correspondem a 20% das áreas em todas as propriedades em que estado e também permitiu a instalação de sistemas agroflorestais em até 50% dos a área das áreas de reserva área de preservação permanente quando localizadas em uma pequena propriedade .Assim o proprietário pode receber uma renda de atividades agrícolas ao plantar algumas espécies florestais nativas em vez de serem obrigados a plantar apenas espécies florestais nativas para restauração florestal.

Em 1998, um projeto estabilizado um voçorocas degradada no Polo Centro Norte-APTA, Pindorama, Brasil com a construção de quatro açudes a fim de minimizar a erosão provocada pelo escoamento da água da chuva (ABDO et al., 2013). Em fevereiro de 2011, na margem destes açudes foi plantado um sistema agroflorestal com 33 espécies de árvores nativas de diferentes espécies para restaurar a vegetação (ABDO et al., 2012) onde cada açude recebeu um manejo diferenciado interferindo de forma diferente no crescimento das árvores.



Após quatro anos avaliou-se o crescimento das árvores como o manejo adotado em cada açude influenciou na taxa de mortalidade, na biomassa e no estoque de carbono das diferentes espécies dentro dos grupos sucessionais distintos.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em um sistema agroflorestal plantada no Polo Centro Norte- APTA localizado na cidade de Pindorama, SP, Brasil. O Polo Centro Norte é um centro de pesquisa agrícola com uma área total de 532 ha onde 141 ha são fragmentos de floresta (Figura 1). A área Polo está destacada em verde na Figura 1 e área de construção dos açudes em amarelo.

A região de Pindorama apresenta problemas de erosão devido ao fato de o solo nessa região ser classificado como argissolos que são solos muito susceptíveis à erosão (VIEIRA et al., 1999).



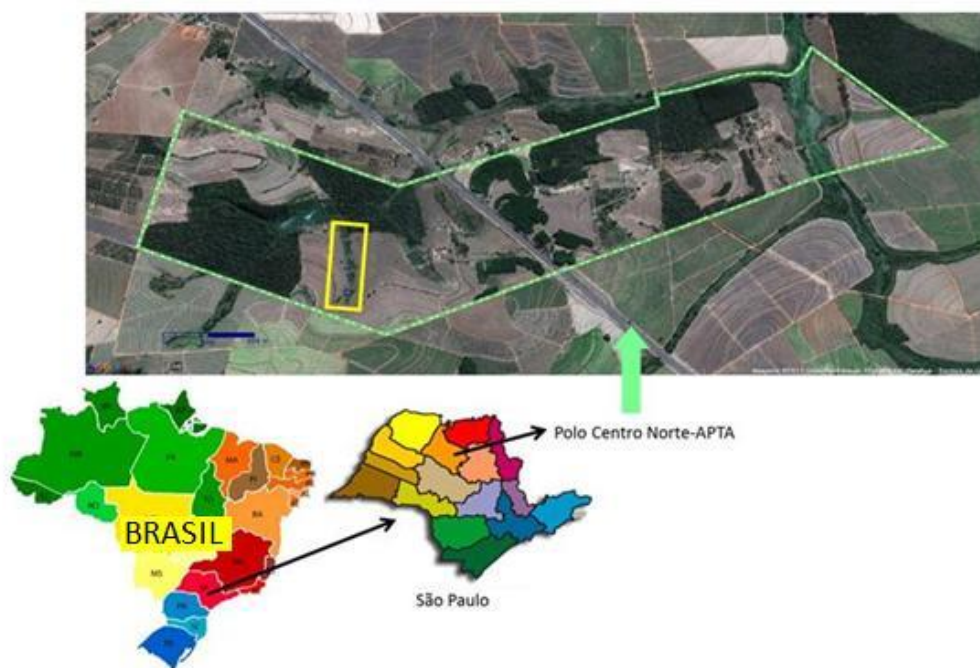


Figura 1. Área do Polo Centro Norte/APTA, Pindorama destacada em verde claro e área de instalação do sistema agroflorestal destacada em amarelo.

Em uma área da unidade de pesquisa houve a formação de uma voçoroca de 700 metros de comprimento e 15 m de profundidade e para controlá-la em 1998, foram construídas quatro barragens e quatro açudes com a finalidade de reduzir a velocidade da água (Figura 2). Após a construção de barragens um Sistema Agroflorestal foi plantado nas margens dos açudes para recuperação da vegetação e proteção do solo (Figura 2)



Figura. 2: Construção dos açudes para estabilização de voçoroca em 1998, após a finalização da obra em 2008 e após a implantação do Sistema Agroflorestal em 2014

Aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos

Na sub-bacia do Rio São Domingos, segundo Meirelles Neto (2000), preponderam camadas do Arenito da formação Bauru, cuja espessura em certos locais são reduzidas a zero, exumando a laje basáltica subjacente, seja devido ao abaixamento da altitude, como nas proximidades da foz com o rio Turvo, seja pela elevação dos blocos falhados na própria laje.

Quanto à geomorfologia, a sub-bacia do Rio São Domingos, apresenta características distintas em ambas as margens. Na margem direita, observa-se: relevo ondulado a forte ondulado; colinas médias e morrotes, localmente escarpas; encostas convexas e retilíneas; declividades superiores a 15%; rampas curtas a médias. Já na margem esquerda pode-se observar: relevo suave e suave ondulado; colinas médias a amplas; encostas retilíneas a convexas; declividades inferiores a 15% e rampas médias (CBH-TG/IPT, 2000).



Segundo o mapa de Erosão do Estado de São Paulo, elaborado em 1995, pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) e o DAEE (IPT/DAEE, 1995), a região abrangida pela sub-bacia Hidrográfica do Rio São Domingos está classificada na CLASSE II – Subclasse IIa, apresentando as seguintes características: suscetibilidade à erosão: alta; pedologia: apresentam solos arenosos (podzólicos, de textura média/argilosa, não abrupticos, vermelho-amarelos) e lençol freático raso; processo de erosão: voçorocas de encosta, ravinas e sulcos muito frequentes, voçorocas de drenagem menos frequentes, erosão laminar intensa, assoreamento intenso nos cursos d'água e pequenos reservatórios.

Clima e Relevo

De acordo com Lepsch e Valadares (1976), o Polo Centro Norte está localizado nas coordenadas 48 55 'W e 21 13' S, o clima é Koeppen Aw, tropical chuvoso (inverno seco, mês mais frio acima de 18 ° C, com chuvas mais seco mês menos do que 60 mm).

A altitude varia 498-594 m, a maioria das pistas de entre 2% e 10%. A região é uma área de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica (IBGE, 2015).

Aspectos socioeconômicos

Em 2010, de acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, na UGRHI 15, as principais atividades econômicas na sub-bacia eram, no setor primário, a cana-de-açúcar, a cultura predominante na região, e outras culturas (laranja, café, banana, uva e seringueira), além da criação de bovinos. O setor secundário era representado por segmentos de indústria e construção civil. O setor terciário englobava comércio, serviços e administração pública (CBH-TG, 2010).



Implantação do Sistema Agroflorestal

A restauração da mata ciliar nos açudes foi feita com a implantação de um sistema agroflorestal (SAF) com diferentes manejos (Figura 3) cujo objetivo era a implantação de um manejo diferenciado partindo da menor interferência no solo (Açude1) para cultivo intensivo e sem proteção da vegetação (Açude 4).



Figura. 3: Manejo diferenciado adotado nos quatro açudes durante a instalação do sistema agroflorestal. (Adaptado de Abdo et al. 2012)

Para compor o Sistema Agroflorestal foram escolhidas 33 espécies: 24 espécies pioneiras nativas, 6 espécies climácicas nativas e 3 espécies produtivas: acerola (*Malpighia emarginata*), seringueira (*Hevea brasiliensis*) e urucum (*Bixa Orellana*).



Os nomes científicos das espécies pioneiras nativas que entraram na composição do Sistema Agroflorestal são: *Guazuma crinita*, *Joannesia princeps*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Psidium acutangulum*, *Schinus terebinthifolia*, *Myrciaria dubia*, *Peltrophorum dubium*, *Mabea fistulifera*, *Croton floribundus*, *Cecropia pachystachya*, *Albizia haslerii*, *Guajava pynifera*, *Inga edulis*, *Inga laurina*, *Syzygium malaccense*, *Jaracatia spinosa*, *Dilodendron bipinnarum*, *Acacia polyphylla*, *Ceiba Samauma*, *Chorisia glaziovii*, *Gallesia integrifolia*, *Caesalpinia ferrea*, *Triplaris americana*, *Rapanea guianensis*.

Os nomes científicos das espécies nativas climáticas que entraram na composição do Sistema Agroflorestal são: *Gustavia augusta*, *Hymenaea courbaril*, *Cariniana legalis*, *Casearia gossypiosperma*, *Tabebuia heptaphylla*, *Cariniana estrellensis*.

O Sistema Agroflorestal foi implantado à partir de 17 de fevereiro de 2011 onde cada margem dos açudes teve quatro parcelas compostas por 10 linhas com sete plantas. O espaçamento entre as linhas de plantio foi de 3,0 m no Tratamento 1 onde não haveria uso de implementos agrícolas após a instalação e de 3,5 m nos tratamentos 2, 3 e 4 para facilitar tráfego implementos agrícolas como roçadeira, aplicador de herbicida, plantadeiras e sulcadores. O espaçamento entre as espécies arbóreas na linha foi de 2m. No total foram instaladas 32 parcelas com oito parcelas de cada tratamento. Na implantação foi realizada a seguinte adubação:

Tratamentos 1 e 4: 300 g de calcário e 200g de super fosfato simples na cova das espécies arbóreas e sem adubação entrelinhas.

Tratamentos 2 e 3: aplicação a lanço de calcário e de torta de filtro de usina sucroalcooleira na quantidade de 2000 kg/ha

No ano de 2012 foi realizada o plantio da cultura de milho entre as linhas de árvores nos tratamentos 2 e 3 quando foi realizada uma adubação da cultura intercalar (milho) com 300 Kg da fórmula (8/28/16). O esquema de plantio com a distribuição das espécies nas parcelas está representado na Figura 4.



Jambo <i>Syzygium malaccense</i>	Algodão do mato <i>Guazuma crinita</i>	Paineira branca <i>Chorisia glaziovii</i>	Farinha seca <i>Albizia hasterii</i>	Araça pera <i>Psidium acutangulum</i>	Embaúba <i>Cecropia pachystachya</i>	Angico vermelho <i>Anadenanthera macrocarpa</i>
Andá-assu <i>Joannesia princeps</i>	SERINGUEIRA	Maria mole <i>Dilodendron bipinnatum</i>	Ingá de metro <i>Inga edulis</i>	Angico vermelho <i>Anadenanthera macrocarpa</i>	SERINGUEIRA	Andá-assu <i>Joannesia princeps</i>
Paineira barriguda <i>Ceiba samauma</i>	Jatobá <i>Hymenaea Courbaril</i>	ACEROLA	URUCUM	ACEROLA	Jequitibá vermelho <i>Cariniana Legalis</i>	Aroeira pim inteira <i>Schinus terebinthifolia</i>
Angico vermelho <i>Anadenanthera macrocarpa</i>	SERINGUEIRA	URUCUM	SERINGUEIRA	URUCUM	SERINGUEIRA	Monjoleiro <i>Acacia polyphylla</i>
Jaracatiá <i>Jaracatia spinosa</i>	URUCUM	ACEROLA	Ipê Roxo sete folhas <i>Tabebuia Heptaphylla</i>	ACEROLA	URUCUM	Canudeiro <i>Mabea fistulifera</i>
Goiaba <i>Psidium guajava</i>	SERINGUEIRA	URUCUM	SERINGUEIRA	URUCUM	SERINGUEIRA	Pau d'algo <i>Galesia integrifolia</i>
ACEROLA	Espeteiro <i>Casearia gossypiosperma</i>	ACEROLA	URUCUM	ACEROLA	Espeteiro <i>Casearia gossypiosperma</i>	ACEROLA
Farinha seca <i>Albizia hasterii</i>	Algodão do mato <i>Guazuma crinita</i>	SERINGUEIRA	URUCUM	SERINGUEIRA	URUCUM	Pau ferro <i>Caesalpinia ferrea</i>
Canafistula <i>Pekophorum dubium</i>	ACEROLA	Geniparana <i>Gustavia Augsta</i>	ACEROLA	Jequitibá branco <i>Cariniana estrellensis</i>	ACEROLA	Camu-camu <i>Myrciaria dubia</i>
Embaúba <i>Cecropia pachystachya</i>	Pororoca <i>Rapanea guianensis</i>	Ingá mirim <i>Inga laurina</i>	Embaúba <i>Cecropia pachystachya</i>	Ingá de metro <i>Inga edulis</i>	Pau formiga <i>Triplaris americana</i>	Capixingui <i>Croton floribundus</i>

LEGENDA Pioneiras Climáticas Acerola Seringueira Urucum

Figura 4. Distribuição das espécies e dos grupos sucessionais dentro de cada parcela do Sistema Agroflorestal.

. Em cada um dos açudes foram instaladas quatro parcelas na margem esquerda e quatro parcelas na margem direita conforme já descritos na figura 1. Nos tratamentos 2 e 3 foram utilizadas entre as linhas das árvores sementes de Milho Híbrido 2B710HR da Dow AgroSciences, no espaçamento de 0,90 metro entre ruas e 5,4 sementes por metro. No açude 2 o milho foi plantado no esquema de plantio direto sobre a palha e no tratamento 3 no esquema convencional após preparo de solo com (Figura 5)



Figura 5. Área após plantio de cultura intercalar (milho) em plantio direto no açude 2 em janeiro de 2012.

Inventário das espécies arbóreas

Todas as árvores foram inventariadas em janeiro de 2015. Para medir a altura das árvores foi utilizada uma régua de madeira graduada de 3 metros de comprimento e a medição da circunferência à altura do peito (CAP) foi feita com uma fita graduada (Figura 6).

O diâmetro a altura do peito (DAP) de cada árvore foi calculado pela fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{3,1416}$$



Figura 6. Tomada de dados das árvores durante o inventário de espécies arbóreas, altura com régua de madeira e circunferência a altura do peito com fita graduada.

Metodologia para determinação da biomassa das árvores por métodos indiretos

Para se estimar a biomassa das espécies arbóreas foi empregado o método indireto desenvolvido pelo ICRAF (AREVALO et al., 2002) onde a partir de dados de um inventário aplica-se a metodologia descrita a seguir e os resultados são obtidos em toneladas de carbono por hectare (TC / ha).

Biomassa das árvores vivas

Para estimar o carbono armazenado na biomassa de todas as árvores vivas inicialmente foi realizado um inventário onde fez a medição da altura medida com a régua de campo e a circunferência à altura do peito (CAP) com fita graduada para todas as árvores que apresentaram DAP maior que 2,5 centímetros à altura do peito medido por paquímetro no local. Quando ocorreu bifurcação foi realizada a medida dos ramos individuais e aplicada a fórmula do diâmetro total da árvore: quadrado da soma dos diâmetros dos ramos individuais.

Para cada indivíduo as seguintes informações foram registradas: nome, localização de espécies florestais por coordenadas geodésicas geradas por GPS de árvores (mortas ou vivas), altura em metros, CAP e DAP em centímetros.

Cálculo da biomassa arbórea viva (BA) (kg/árvore) das áreas florestais:

Para calcular a biomassa de cada uma das árvores vivas e mortas em pé, utilizou-se a seguinte equação:

$$BA \text{ (kg/árvore)} = 0,1184 \text{ DAP}^{2,53}$$

Onde: BA = biomassa de árvores vivas e mortas em pé;

0,1184 = constante;

DAP= diâmetro da altura do peito DAP (cm)

2,53 = constante

Depois calculou-se a biomassa por hectare, relacionando a biomassa de todas as árvores e a área de cada parcela*

*Área das parcelas no tratamento 1 = 420 m²

*Área das parcelas nos tratamentos 2, 3 e 4= 490 m².

Quando houverem árvores mortas em pé de proporções consideráveis a biomassa dessas árvores poderão ser determinadas pela mesma formula acima e essa biomassa de árvores mortas deverão entrar no cálculo do estoque de carbono de árvores descrito a seguir.

Cálculo do carbono:

O cálculo do estoque de carbono em cada árvore foi realizado pela fórmula proposta por AREVALO et al.(2002) à partir da biomassa total de cada parcela, já expressa em t/ha:

$$CBA \text{ (t/ha)} = BAT * 0,45$$

Onde: CBA (t/ ha) = carbono da biomassa das árvores

BAT = Biomassa total de árvores vivas e árvores mortas

0.45 = constante

Análise Estatística

Para o número de árvores vivas dentro de cada grupo sucessional foram considerados os valores de todas as árvores vivas na parcela. Para os resultados de diâmetro, biomassa e estoque de carbono, foram considerados os dados apenas das árvores que apresentavam diâmetro à altura do peito $\geq 2,5$ cm (DAP). Todas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados apresentados foram coletados em janeiro de 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram avaliados os números de árvores vivas de cada grupo ecológico: pioneiras, climácicas assim como as espécies comerciais. Os diferentes manejos adotados em cada açude influenciaram mais as espécies não pioneiras do que as pioneiras. Na tabela 1 pode-se observar que houve diferença significativa para número de árvores vivas quando se somam todas as espécies não pioneiras: espécies nativas climácicas, seringueira, urucum e acerola, sendo que os tratamentos 1 e 3 apresentaram valores estatisticamente maiores.



Tabela 1. Número de árvores vivas para espécies pioneiras e espécies não pioneiras nos diferentes tratamentos de um Sistema Agroflorestal, Pindorama, SP.

Análise de variância	Pioneiras		Não Pioneiras			
		Climácica	Seringueira	Urucum	Acerola	Total
GL resíduo	28	28	28	28	28	28
F tratamentos	1,19	3,51*	4,59**	5,36**	1,19	6,66**
Média geral	13,72	1,84	2,41	6,66	1,44	12,34
Desvio-padrão	2,25	0,94	2,12	2,65	1,53	4,60
DMS (5%)	3,08	1,29	2,89	3,62	2,09	6,28
CV (%)	16,44	51,12	88,12	39,79	106,40	37,27
Teste de Tukey a 5%						
T1	13,25 a	2,50 a	4,75 a	7,75 a	1,88 a	16,88 a
T2	13,13 a	1,38 a	1,13 b	6,38 ab	0,63 a	9,50 bc
T3	15,00 a	2,25 a	2,00 ab	8,75 a	1,88 a	14,88 ab
T4	13,50 a	1,25 a	1,75 b	3,75 b	1,38 a	8,13 c

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: grau de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.

Quando comparados os tratamentos 2 e 3 que apresentam cultura intercalar de milho, o sistema de plantio convencional apresentou diferença significativa para o pegamento das árvores no grupo das não pioneiras. Já para as espécies pioneiras, não houve diferença significativa entre o número de árvores vivas nos diferentes tratamentos.

O manejo diferenciado também influenciou o pegamento de mudas de seringueira e urucum que apresentaram valores estatisticamente diferentes entre si. Para a seringueira os tratamentos 1 e 3 apresentaram valores estatisticamente maiores para pegamento das árvores e para a cultura de urucum embora os tratamentos 2 e 4 tenham apresentado valores menores da média geral do número de árvores pegadas, observa-se valores estatisticamente menores apenas no tratamento 4.

Quando são agrupadas todas as espécies não pioneiras o tratamento quatro, com maior revolvimento de solo, menor proteção contra a erosão e sem cultura intercalar apresenta o menor valor de árvores pegadas (Figura7).

O tratamento 3 apresentou maior número de árvores pegadas para as espécies pioneiras mostrando que o cultivo de milho entre as linhas de plantio não prejudicou o crescimento das espécies arbóreas nas linhas, o que poderia ter sido causado pelo sombreamento temporário pela cultura intercalar (milho), pelo contrário, o cultivo favoreceu o pegamento das espécies provavelmente pela adubação na entrelinhas.

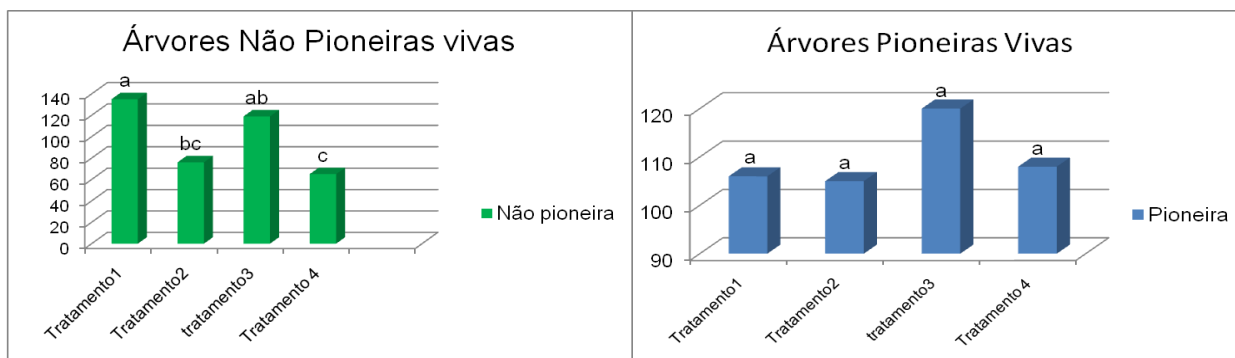


Figura 7. Número de árvores vivas para espécies não pioneiras com agrupamento de espécies nativas climácicas, urucum, seringueira e acerola nos diferentes tratamentos de um Sistema Agroflorestal, Pindorama, SP.

Quando todas as árvores vivas são agrupadas, independentemente do grupo sucessiona a que pertencem, os tratamentos 1 e 3 apresentam valores estatisticamente superiores aos outros tratamentos (2 e 4) apresentando maior porcentagem de árvores vivas (Tabela 2).

O tratamento 4 apresenta uma diferença significativamente menor para o pegamento das árvores (Tabela 2) sendo o tratamento que de maior revolvimento e exposição de solo e menor proteção contra a erosão.

O tratamento 1 teve um manejo menos intensivo do solo sem exposição do mesmo à erosão já que a área foi roçada e as mudas foram plantadas em covas abertas após a roçada, sem revolvimento do solo. O tratamento 4 foi um tratamento com maior revolvimento e menor proteção do solo uma vez que não houve cultura intercalar deixando-o exposto após o preparo. No tratamento 3 a adubação da cultura intercalar parece ter favorecido o pegamento das árvores.

Essa situação também influenciou a biomassa e o estoque de carbono quando se considera todas as árvores vivas no período avaliado com valores estatisticamente menores no tratamento 4.

Tabela 2: Crescimento das árvores e estoque de carbono para todas as árvores vivas do sistema agroflorestal após quatro anos de plantio em quatro sistemas de plantio diferenciados: coeficiente de variação (CV), média geral (MG), árvores vivas (AV), média de diâmetro a altura do peito \geq 2,5 cm (DAP), média de altura das árvores (H), biomassa acumulada pelas árvores (B), estoque de carbono das árvores (C) em janeiro de 2015.

Varição	AV	DAP(cm)	H (cm)	B (T/ ha)	C (T/ha)
CV %	20,83	17,25	12,02	47,07	47,07
MG	26,06	7,22	3,68	3,25	1,46
Tratamento 1	30,12 a	7,01 a	3,11 a	3,30 ab	1,48 ab
Tratamento 2	22,62 bc	8,20 a	2,87 ab	4,59 a	2,06 a
Tratamento 3	29,87 ab	6,72 a	2,30 c	2,68 ab	1,21 ab
Tratamento 4	21,62 c	6,97 a	2,45 bc	2,42 b	1,08 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças significativas pelo método de Tukey ($p > 0,05$)

Embora os tratamentos tenham influência no número total de árvores vivas, quando os grupos de árvores pioneiras e árvores não pioneiras são avaliados separadamente, não há diferença estatística entre os tratamentos para valores de biomassa acumulada e estoque de carbono em toneladas por hectare no período de quatro anos (Tabela 3).

Tabela 3: Valores de biomassa acumulada e estoque de carbono para árvores pioneiras e árvores não pioneiras do sistema agroflorestal após quatro anos de plantio em quatro sistemas de plantio diferenciados: coeficiente de variação (CV), média geral (MG), B Pio (biomassa acumulada árvores pioneiras), C Pio (estoque de carbono árvores pioneiras), B não Pio (biomassa acumulada árvores não pioneiras) e C não Pio (estoque de carbono árvores não pioneiras) em janeiro de 2015.

Análise de variância	B Pio	C Pio	B não pio	C não Pio
GL resíduo	28	28	28	28
F tratamentos	2,59	2,59	1,59	1,59
Média geral	2,48	1,11	0,78	0,35
Desvio-padrão	1,11	0,50	0,79	0,35
DMS (5%)	1,51	0,68	1,08	0,48
CV (%)	44,72	44,72	101,35	101,35
Teste de Tukey a 5%:				
A1	2,59 a	1,17 a	0,71 a	0,32 a
A2	3,32 a	1,49 a	1,28 a	0,57 a
A3	2,02 a	0,91 a	0,67 a	0,30 a
A4	1,97 a	0,89 a	0,45 a	0,20 a

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.

Quando se compara os valores de biomassa acumulada em toneladas por hectare pelo número de árvores de cada tratamento, verifica-se que as árvores pioneiras contribuíram com valores bem superiores aos valores de biomassa acumulada pelas árvores não pioneiras.

CONCLUSÕES

- O monitoramento do nível de mortalidade de espécies arbóreas dentro do sistema agroflorestal é uma ferramenta importante para a gestão ambiental da área, uma vez que detecta quais espécies tiveram o melhor desenvolvimento no consórcio escolhido para cada parcela.
- Diferentes manejos podem interferir no crescimento das árvores e conseqüentemente a produção de biomassa e estoque de carbono ao longo do tempo.
- Manejos que priorizem a proteção do solo favorecem o crescimento das espécies arbóreas e a produção de biomassa independente do grupo ecológico delas.

- O seqüestro de carbono para árvores pioneiras foi bem mais eficiente, pois pa
- O plantio de milho no sistema convencional entre as linhas de árvores favorece o pegamento e crescimentos das espécies arbóreas.

REFERENCIAS

ABDO M. T. V. N. et al Sistemas Agroflorestais e Agricultura Familiar: Uma Parceria Interessante. **Revista Tecnologia & Inovação-Agropecuária**. v. 1, n. 2, p. 51-59. 2008.

ABDO M. T. V. N. et al. Implantação de Sistema Agroflorestal com seringueira, urucum e acerola sob diferentes manejos. **Revista Pesquisa & Tecnologia**. V. 9, n.2. p. 1-16. 2013.

ABDO M. T. V. N. Gully erosion stabilization in a highly erodible kandiuistalf soil at Pindorama, São Paulo state, Brazil. **Ecological Restoration**. v. 31, n.3, p.246-249. 2009.

PAIXÃO F. A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**. v. 30 n.3, p.411-420. 2006.

IBGE. Cidades. 2015.
<http://ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?lang=&codmun=353810&search=sao-paulo|pindorama>. Acesso em 10. 04. 2015

VIEIRA S. R. et al. 1999. **Relatório de Implantação do Projeto de Recuperação Ambiental da Estação Experimental de Agronomia de Pindorama**, Pindorama, São Paulo, 13p. 1999.

