

SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES EM PIRACICABA, SP

PATRÍCIA PEREIRA VAZ DA SILVA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciências Florestais

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro – 2002

SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES EM PIRACICABA, SP

PATRÍCIA PEREIRA VAZ DA SILVA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **VIRGÍLIO MAURÍCIO VIANA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciências Florestais

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro – 2002

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Vaz da Silva, Patrícia Pereira

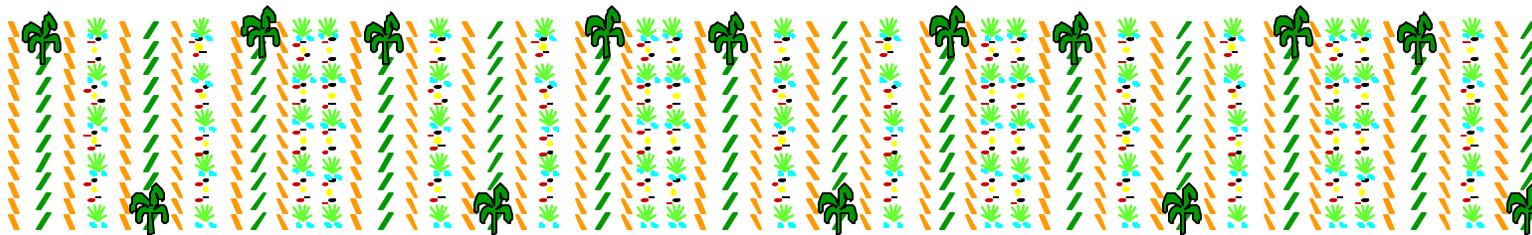
Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em
Piracicaba, SP / Patrícia Pereira Vaz da Silva. - - Piracicaba, 2002.
98 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, 2002.
Bibliografia.

1. Agrossilvicultura 2. Florestas 3. Matas ciliares 4. Proteção ambiental
5. Reservas florestais I. Título

CDD 634.99

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



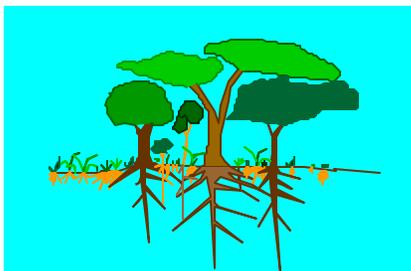
Dedico esse trabalho
e as árvores que deixei crescendo junto às águas de Piracicaba:

À Silvia e ao Carlos Alberto, meus pais, e à Themis, minha avó,
A quem devo a felicidade do meu momento presente.

Ao Felipe, meu filho,
A quem quero legar um futuro de muita harmonia.

Ao Gilberto, meu companheiro,
Ao lado de quem sigo pela estrada da vida.

Ao Grupo Mutirão,
Sonho e realidade de plenitude na arte de conviver e amar.



AGRADECIMENTOS

UFA!! TERMINEI!!

Somente aqueles que já passaram pela construtiva experiência de escrever uma tese ou dissertação (ou então que acompanharam de muito perto alguém nessa situação) sabem o sabor dessa frase tão exclamativa. Mas a sensação é que esse trabalho não é só meu, na verdade, parece que fui apenas a pessoa que o acompanhou do começo ao fim, porque muitos foram os co-autores dessa empreitada. Então, merecem mais do que um agradecimento. Gostaria de dar um abraço coletivo e dizer em conjunto: TERMINAMOS!

Tudo começou com a elaboração do projeto do experimento, em que participaram, além do Prof. Virgílio Viana, o Prof. Paulo Kageyama, Prof. João Batista, o Prof. Marcos Bernardes e o próprio Ernst Götsch, meu grande amigo e mentor intelectual da teoria em que se baseia o SAF complexo.

Em seguida, veio a tarefa da escolha do local. A Usina Costa Pinto, através do Dr. José Carlos, aceitou ceder não apenas o local, mas também maquinário, trabalhadores e infra-estrutura. Juntamente com o CNPq, foram os financiadores do projeto. Após o término da bolsa, recebi um generoso financiamento familiar e agradeço à minha avó Themis essa dívida. Também aos meus pais, Sílvia e Carlos Alberto, que sempre estiveram presentes.

Na Usina Costa Pinto, muitos são os co-autores, pois contei com excepcional ajuda e paciência dos funcionários e trabalhadores: Sr. Nunes, Sr. Murcini, Marciano, Cuica, Claudinei, Zezinho, Celso, Marcos, Mauricio, Paulo, Sr. Nelson, Sr. Pedro, Jair, Mineiro, André, Edson, Zilton e tantos outros que passaram mais rapidamente, mas não foram menos importantes. O trabalho diário no campo cria vínculos de amizade e me deixou boas lembranças das pessoas com quem convivi durante os 19 meses do experimento.

No momento de ceder mudas e sementes, vários foram os co-autores. A Arleth, do Viveiro de Mudas da Prefeitura, o Prof. Leonardo, a Prof. Vera Lex, a CESP ajudaram-me a povoar a beira do Corumbataí com mudas de árvores. O Núcleo de Produção de Sementes Ataliba Leonel, através do Dr. Silmar Denuci, cedeu as sementes de girassol. O Donizeti, da Sementes Piraí, também cedeu uma parte das sementes de feijão-de-porco e partilhou comigo muito da sua experiência nas inúmeras conversas por telefone, informações que foram muito valiosas.

Alguns amigos também foram ao campo pegar no facão: Márcio, Lena, Cimara e, em especial, o Tonhão, que trabalhou muito duro nos dois primeiros meses de implantação.

Implantado o experimento, foram conhecer de perto os SAFs desse estudo, além do Prof. Virgílio Viana, o Prof. Leonardo e o meu Professor Ernst Götsch, que honraram-me com suas visitas e sugestões de grande valia.

A tarefa de laboratório não poderia ter sido feita sem o trabalho e o companheirismo do meu grande amigo Panará, o Lauro Rodrigues Jr que, além de tudo, é uma das minhas referências bibliográficas vivas. Ikin! Nahã! A Isabel, doutoranda do Dep. de Solos também foi de extrema gentileza. No LEA, contei com a ajuda da Alba, Fernanda, Juliana, e todas as outras meninas.

Os co-autores da parte estatística, mentes de grande sagacidade, ajudaram a clarear um momento tenso e confuso. Foram eles: o Beija-Flor (vulgo Gustavo Betini), o Marcelo (Siri, do Ciagri), o Alexandre Sebben, o Luiz Fernando Abimerhi e Silvio Tavares, todos doando o seu tempo frente a um computador ou a uma mesa, tudo cheio de números e planilhas.

Ler uma tese para corrigir ou dar sugestões não é uma tarefa fácil ou agradável, mas contei com excelentes participações do Prof. Virgílio, Prof. Leonardo, Prof. Ricardo, meu Professor e amigo Ernst Götsch, e minha grande amiga Calú. João Matos foi aquele salvador da pátria que imprimiu uma versão da tese num momento dificultado por uma hepatite eventual. E a Isandra? Ah, santa Isandra, que tanto facilita a vida de todos nós mortais que passamos pelo LASTROP!

A estada em Piracicaba foi uma das melhores épocas da minha vida e isso devo aos muitos amigos que aqui cultivei e que coloriram esses tempos com música, dança, conversas, segredos e com muita alegria. Helena, Maurício, Valquíria, Márcio, Lauro, Calú, Denise, Marta, Carla, Mariana, Marina, Renata, Isandra, João Carlos, Mauro, Nenén, Valéria, Marisol, Fabiana (outra referência bibliográfica viva), Japi, Xororó, Podepô, Lia, Alessandra, nossa, é muita gente que faz parte da minha vida!

Por último, devo citar uma pessoa em especial que, além de ajudar nas análises com o SAS, na construção de gráficos e tabelas, na leitura da tese, na correção do texto, é também o meu companheiro de estrada, de sonhos, de vida e que, com uma paciência infinita, lida com essa tese e a dele próprio. Obrigada por você existir, Gilberto.

E o meu filhote, o Felipe, que suportou com coragem uma mãe em fase de implantação de experimento, depois em estado de geração de uma tese...

A todas essas pessoas, não há realmente como agradecer. Agradecer é muito pouco. Tenho, sim, muito a comemorar com o fechamento desse nosso trabalho, guardando por todos os sentimentos mais nobres que um ser humano pode vir a ter. Ainda que seja muito pouco, a todos, o meu MUITÍSSIMO OBRIGADA.

SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	viii
Summary.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema de pesquisa.....	3
1.2 Hipóteses.....	3
1.3 Predições.....	4
1.4 Objetivos.....	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Histórico de restauração de matas ciliares.....	5
2.2 Teorias sobre sucessão.....	6
2.2.1 Holismo versus “individualismo”.....	6
2.2.2 Classificações das fases da sucessão.....	10
2.3 Sucessão segundo Ernst Götsch.....	13
2.4 Sucessão e manejo à luz da Teoria de Götsch	21
2.5 Recuperação e SAFs	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Área de estudo.....	29
3.2 Delineamento Experimental.....	30
3.3 Implantação e manejo.....	35
3.3.1 Plantio.....	35
3.3.2 Manejo.....	36
3.4 Coleta e análise dos dados.....	37

3.4.1	Altura e área basal.....	37
3.4.2	Levantamento planialtimétrico.....	41
3.4.3	Solos.....	41
3.4.3.1	Liberação de CO ₂	41
3.4.3.2	Biomassa microbiana.....	42
3.4.3.3	Fertilidade.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1	Avaliação dos sistemas de restauração florestal.....	43
4.1.1	Altura.....	43
4.1.2	Diâmetro à altura do colo.....	48
4.1.3	Sobrevivência.....	52
4.1.4	Custos e receitas.....	52
4.1.4.1	Mão-de-obra.....	53
4.1.4.2	Custos	56
4.1.4.3	Cenários.....	57
4.1.5	Solos.....	59
4.1.5.1	Fertilidade.....	59
4.1.5.2	Liberação de CO ₂	64
4.1.5.3	Biomassa microbiana.....	66
4.2	Heterogeneidade do ambiente.....	67
4.3	O efeito dos blocos.....	69
4.3.1	Plantas espontâneas.....	69
4.3.2	Topografia.....	69
4.3.3	Crescimento das árvores	71
4.3.4	Solos.....	73
4.3.5	Correlações e estádios sucessionais.....	76
5	CONCLUSÕES.....	87
5.1	Considerações finais.....	88
	ANEXOS.....	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES EM PIRACICABA, SP.

Autora: PATRICIA PEREIRA VAZ DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. VIRGÍLIO MAURÍCIO VIANA

RESUMO

A necessidade de recuperação de áreas ciliares degradadas tem subsídio na legislação, porém, o uso de sistemas agroflorestais para esse fim não é permitido. O objetivo desse trabalho é comparar a capacidade de recuperação de dois sistemas agroflorestais e de um plantio florestal com espécies arbóreas nativas, também avaliando as diferenças de custos de implantação e manejo. A pesquisa foi realizada no Estado de São Paulo, município de Piracicaba, às margens do Rio Corumbataí, na propriedade da Usina Costa Pinto, onde o cultivo de cana-de-açúcar ocupa a maior parte do uso do solo. Os tratamentos foram: (1) testemunha; (2) sistema florestal, com 10 espécies arbóreas nativas; (3) sistema agroflorestal simples, com as mesmas arbóreas nativas, guandu e feijão-de-porco como adubo verde; (4) sistema agroflorestal complexo, com diversas espécies frutíferas, girassol e capim napier, além das mesmas arbóreas nativas e das duas leguminosas. Os fatores mensurados foram: altura e diâmetro à altura do colo das arbóreas nativas, custos, liberação de CO₂ do solo, biomassa microbiana e fertilidade do solo. O SAF simples apresentou as maiores alturas médias, com um aumento de 36% em relação ao sistema florestal. O SAF complexo apresentou resultados intermediários, com altura média 10% superior à do sistema florestal. Separando as espécies em pioneiras e

não pioneiras, as primeiras não apresentaram diferença entre os tratamentos, tendo as não pioneiras crescido cerca de 35% melhor no SAF simples. Supõe-se que as leguminosas tenham cumprido a função de pioneiras, melhorando o ambiente e propiciando o melhor crescimento das não pioneiras. A média do diâmetro de todas as espécies para cada tratamento apresentou diferença entre o SAF simples (51% maior) e o SAF complexo, sendo ambos semelhantes ao sistema florestal, que foi intermediário. Entre pioneiras e não pioneiras, as diferenças foram semelhantes, sendo o SAF simples 67% superior ao SAF complexo, entre as pioneiras, e 33% superior entre as não pioneiras. As análises de solo, tanto de biomassa microbiana, liberação de CO₂ ou de fertilidade, não mostraram diferenças entre os tratamentos. Numa estimativa com base nas modificações sugeridas a partir dos dados do experimento, o SAF simples pode ter um custo 16% inferior ao do sistema florestal, principalmente devido à redução da necessidade de manutenção do sistema. O SAF complexo apresentou o maior custo dos três tratamentos, pois, além da grande demanda de mão-de-obra, o sistema encontra-se fora dos padrões legais para venda de sementes. O estudo da heterogeneidade do ambiente reforça a necessidade do uso de métodos de implantação e de manejos diferentes para cada situação encontrada e permitiu inter-relacionar os blocos quanto à degradação, com base nas médias dos blocos, para todos os parâmetros avaliados. Seguindo critérios semelhantes, as espécies arbóreas nativas também foram ordenadas segundo a sucessão, de acordo com a teoria de Götsch: Sangra d'água, Embaúba, Cordia, Mutambo, Pau Viola, Tamboril, Trema, Canafístula, Aroeira, Canelinha. Em condições de grande fragmentação da matriz florestal e forte domínio de gramíneas, o uso de sistemas agroflorestais na recuperação de matas ciliares pode trazer efeitos positivos ao crescimento das árvores nativas e redução no custo de implantação.

AGROFORESTRY SYSTEMS FOR RESTORATION OF RIPARIAN FORESTS IN PIRACICABA, SP.

Author: PATRICIA PEREIRA VAZ DA SILVA

Adviser: Prof. Dr. VIRGÍLIO MAURÍCIO VIANA

SUMMARY

Riparian forest is the vegetation that borders rivers, ponds and lakes, and although it is protected by law, agricultural systems are widely used in these areas. Restoration of deforested riparian zones is requested by law, but agroforestry systems are not accepted for this purpose. The objective of this research was to compare the restoration success and the costs of three kinds of restoration management systems: two agroforestry systems and one forestry system, intending to give basis for changes in public policies. This research was carried out in São Paulo State, Piracicaba County, in the Corumbataí River watershed, in the farm of Usina Costa Pinto, where sugar cane fills most of the landscape. The treatments were: (1) control; (2) forestry system, with 10 native tree species; (3) agroforestry system 1, where two herbaceous/shrub legume species were included in addition to trees; (4) agroforestry system 2, where 10 edible fruit species, sunflower and napier grass were added. Management was evaluated by measuring height and diameter of the native tree species, soil respiration, microbial biomass and soil fertility. Comparing the mean height of all species, agroforestry system 1 showed the best results, which was 36% better than the forestry system. Agroforestry

system 2 showed intermediate results: mean height was 10% higher than the one achieved in forestry system. When the species were grouped according to ecological succession, pioneers didn't present any difference between treatments, but non-pioneers grew 35% better in agroforestry system 1. Probably, legume plants played the role of pioneers, improving the environment and supporting a better development of the non-pioneers. The mean diameter at ground level of all the species showed differences between agroforestry system 1 (51% better) and agroforestry system 2, but both were not different from the forestry system, which had intermediate results. There were similar differences when the species were grouped in pioneers and non-pioneers. For pioneers, agroforestry system 1 was 67% better than agroforestry system 2 and, for non-pioneers, this difference was of 33%. There were no differences among treatments in soil fertility, microbial biomass and soil respiration. Estimating the costs, on the basis of modifications suggested after data analysis, agroforestry systems 1 may cost 16% less than forestry system, due to less necessity of interventions for weeds control. Agroforestry system 2 had the highest cost because it demanded much more work than other treatments and this system, like agroforestry system 1, is out of legal standard for seed production. Studies on the environment heterogeneity allowed to rank blocks, based on the block means of all the measured parameters. Based on the same principles, the native tree species were also ranked according to Götsch succession theory: *Croton urucurana*, *Cecropia pachystachya*, *Cordia superba*, *Guazuma ulmifolia*, *Cytharexylum myrianthum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Trema micrantha*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius*, *Nectandra megapotamica*. In conditions of high fragmentation of natural forests and high density of weeds, agroforestry systems may cause positive effects in riparian forests restoration, favoring better growing of native trees and lower costs of restoration.

1 INTRODUÇÃO

As matas ciliares são formações vegetais que acompanham os cursos d'água ou lagos, cumprindo importantes funções na manutenção do regime hídrico da bacia hidrográfica, no sustento da fauna e na estabilidade dos ambientes. (Barbosa et al., 1992; Lima, 1989; Silva, 1992; Ziparro & Schlitter, 1992; Rodrigues, 2000).

Apesar de serem formações vegetais protegidas por legislação há mais de três décadas (Lei federal nº 4771 de 15 de setembro de 1965) e novamente contemplada na Constituição Federal de 1988, as matas ciliares vêm sendo intensamente devastadas, seja para retirada de madeira, para exploração agropecuária ou simplesmente por ação antrópica indiscriminada (Barbosa, 1992). No estado de São Paulo, estima-se que tenha-se desmatado, pelo menos, 600 mil ha em formações ribeirinhas, onde devem ser implantadas matas ciliares (Barbosa, 2000). Na bacia do rio Corumbataí, a área ciliar cobre 7,98% da área total, o que corresponde a 13.638,88 ha, mas hoje restam apenas 12,38% de mata ciliar. De toda a área ainda coberta por floresta nativa, 25,84% estão em Áreas de Preservação Permanente (Viana et al., 2002).

A necessidade de restauração das florestas ribeirinhas teve subsídio na legislação com a lei de política Agrícola – Lei nº 8171 de 17 de janeiro de 1991, que determinou a recuperação gradual das áreas de Preservação Permanente, estabelecendo um período de 30 anos para a recuperação da vegetação nativa nas áreas onde foi eliminada (Kageyama & Gandara, 2000). No entanto, diversos problemas contribuem para a pouca presteza de restauração desses ecossistemas. Um deles é o custo da implantação das florestas, atividade esta que não pode gerar renda ao agricultor, devido ao seu caráter apenas de preservação.

Nos locais onde a matriz florestal foi amplamente alterada pela agricultura, a regeneração natural encontra-se muito baixa ou nula, havendo necessidade de implantação de mudas de espécies nativas de diferentes grupos ecológicos e de manutenção periódica do plantio para controle de “espécies competidoras agressivas” (Rodrigues & Gandolfi, 2000). As diversas pesquisas realizadas obtiveram resultados importantes na diminuição do tempo e do custo de implantação das florestas de proteção no entorno de reservatórios. Em 1988, o tempo de implantação das florestas era de cerca de 5 a 7 anos, ao custo de US\$ 4.000,00/ha. Atualmente, os plantios são considerados formados, sem a necessidade de outras intervenções, com 2 anos, ao custo de US\$ 1.500,00/ha, com a perspectiva de redução para cerca de US\$ 1.000,00/ha (Kageyama & Gandara, 2000). Ainda assim, a quantia é elevada para a maioria dos produtores rurais, responsáveis por arcar com esses custos.

Atualmente, tem-se discutido muito o uso de sistemas de produção biodiversos em formações ciliares, atividades essas com menor impacto ambiental quando comparadas com os sistemas tradicionais, como os vários modelos de sistemas agroflorestais. É preciso salientar que, nas formações ciliares, áreas previstas pela lei como de preservação permanente, os sistemas agroflorestais deveriam ser cogitados, mas utilizados apenas como uma forma de restauração. A permissão do uso de sistemas agroflorestais com produção mais duradoura seria justificável somente para pequenas propriedades, onde a área agrícola disponível não é suficiente para sua sustentação econômica. Há muitas controvérsias sobre a legalização do aumento da fronteira agrícola sobre áreas de proteção permanente que devem ser recuperadas em grandes propriedades. De toda forma, são muito benéficos os sistemas temporários e destinados à diminuição dos custos de manutenção nesses casos. O uso de sistemas agroflorestais como uma estratégia de implantação ou de manutenção da restauração ecológica, utilizando-se, temporariamente, o espaço entre as mudas de nativas com culturas econômicas, “pode auxiliar no controle das espécies competidoras, diminuindo os custos da restauração” (Young, 1989; Rodrigues & Gandolfi, 2000). A possibilidade de uso de sistemas agroflorestais nessas circunstâncias provavelmente aumentaria a escala de

restauração das formações ciliares degradadas pela invasão da atividade agrícola e seria benéfica a diversos produtores.

Dividindo os produtores em dois grupos, o pequeno produtor e o empresário rural, que têm características e objetivos diferentes, supõe-se que sejam distintos os tipos de sistemas agroflorestais destinados a cada um. O pequeno produtor certamente tem possibilidade de administrar produções mais diversificadas e, na maioria dos casos, tem interesse em obter produtos agrícolas em sistemas de restauração. Nesse caso, aumentar um pouco a mão-de-obra dentro dos sistemas de restauração tem a compensação da geração de renda, que seria feita de qualquer forma na propriedade, o que significa o aproveitamento da área e da mão-de-obra utilizada. Já o grande produtor, ou empresário rural, não deve visar a produção agrícola dentro dos sistemas de restauração, mas tem grande interesse em diminuir tanto quanto possível a mão-de-obra empregada na implantação dos sistemas de restauração. No presente trabalho, ainda que tenha-se conduzido o experimento numa grande propriedade de uma usina de cana-de-açúcar, devido às circunstâncias e oportunidades do momento, cada um dos dois tipos de SAFs implantados no experimento destina-se, conceitualmente, a um desses dois tipos de produtores, sendo o SAF complexo dirigido ao pequeno produtor e o SAF simples, ao empresário rural e grande produtor.

1.1 Problema de pesquisa

A recuperação de matas ciliares em locais onde a regeneração natural é dificultada pela forte alteração da matriz florestal tem custo alto para a maioria dos agricultores que têm essa tarefa a ser cumprida, onde a necessidade de manutenção do plantio torna-se uma das principais razões de elevação dos custos. O uso de sistemas agroflorestais como estratégia para recuperação de matas ciliares não é permitido pelos órgãos ambientais, em função da ausência de informações sobre as vantagens e desvantagens para esse uso específico.

1.2 Hipóteses

O presente estudo testa as hipóteses de que sistemas agroflorestais:

- (a) não interferem de forma negativa no crescimento das mudas nativas e
- (b) diminuem os custos e/ou geram renda ao produtor rural

1.3 Predições

- a) os sistemas agroflorestais não interferem negativamente na recuperação ecológica, quanto ao crescimento das mudas de arbóreas nativas, no desenvolvimento dos microrganismos ou na recuperação da fertilidade do solo.
- b) Os sistemas agroflorestais têm menor custo na recuperação das matas ciliares degradadas que os sistemas apenas com arbóreas nativas.

1.4 Objetivo

O objetivo do trabalho foi comparar dois tipos de sistemas agroflorestais, um simples e um complexo, com o sistema florestal e com a testemunha, avaliando a capacidade de recuperação dentro dos sistemas agroflorestais e a diferença dos custos de implantação e manejo.

O experimento não teve como objetivo inicial estudar a heterogeneidade da área e as plantas espontâneas como indicadores de estágio da área em termos de sucessão natural, de maneira que o delineamento experimental não foi planejado para esse fim. No entanto, o mosaico de micro-sítios diferenciados que ocorreu nas parcelas induziu à inclusão do estudo desse tema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico de recuperação de matas ciliares

Ultimamente, a restauração de áreas deflorestadas com o plantio de árvores nativas, em especial as formações ciliares, vem sendo alvo de muitos trabalhos e pesquisas, principalmente devido à conscientização da sociedade quanto à necessidade de reverter o estado de degradação do meio ambiente e à exigência legal. Os primeiros plantios mistos de espécies nativas, ainda que sem divulgação dos métodos utilizados, foram os da Tijuca e o de Itatiaia (RJ). Numa segunda fase e já com publicação dos métodos e resultados, foram os plantios de Cosmópolis (SP), onde não se preconizava o uso de espécies pioneiras, mas uma distribuição das plantas totalmente ao acaso (Kageyama & Gandara, 2000).

A partir de 1978, a CESP vem realizando a recuperação de áreas desnudas ao redor de seus reservatórios, usando basicamente espécies arbóreas nativas da região, numa concepção de floresta mista de muitas espécies (Biella, 1981). Inicialmente, usou-se o modelo de mistura de espécies totalmente ao acaso (Nogueira, 1977), mas devido ao longo tempo para o estabelecimento da floresta e ao insucesso de determinadas espécies em crescer nessas condições, buscou-se reavaliar o método e alterar a forma de plantio de florestas mistas com espécies arbóreas nativas.

O acaso das combinações no campo permitiu separar as espécies em grupos de acordo com seus comportamentos em relação à luminosidade e esses resultados, aliados aos conceitos da sucessão secundária, levaram a mudanças no método de plantio. Usando-se a terminologia de Budowski (1965), classificaram-se as espécies em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímaxes. As espécies pioneiras e clímaxes eram sombreadoras e sombreadas, respectivamente, sendo complementares

entre si no consórcio. As espécies secundárias iniciais teriam o papel de tutorar as secundárias tardias. Dessa forma, as pioneiras, antes consideradas pouco importantes na silvicultura de espécies nativas, passaram a ser consideradas imprescindíveis ao estabelecimento da floresta (Kageyama et al., 1990),

Mais recentemente, a pesquisa tem avançado rumo à melhoria nos modelos de implantação, adequando as densidades de plantios, tanto das pioneiras como dos estágios mais avançados da sucessão, através de densidades mais altas para as espécies comuns e mais baixas para as denominadas espécies raras, tornando a estrutura da floresta implantada mais próxima dos ecossistemas naturais. Esses modelos já vêm sendo utilizados em escala operacional pelas Unidades da CESP (Kageyama & Gandara, 2000). O agrupamento de espécies se faz com base no comportamento ecológico e silvicultural das espécies, gerando dois grandes grupos:

1. Pioneiras ou sombreadoras: espécies de crescimento mais rápido, onde estão incluídas as pioneiras típicas, as secundárias iniciais, as pioneiras antrópicas (espécies não tipicamente pioneiras na floresta primária, mas que fazem o papel de pioneiras em áreas degradadas pelo homem (Kageyama et al., 1994) e as secundárias/pioneiras antrópicas.
2. Não Pioneiras ou sombreadas: espécies de crescimento mais lento, beneficiadas por um sombreamento parcial, onde estão incluídas as espécies secundárias tardias e as climácicas.

2.2 Teorias sobre sucessão

2.2.1 Holismo versus “individualismo”

McIntosh, (1981) fez uma revisão crítica sobre sucessão e teorias ecológicas, na qual discorre sobre as diversas linhas de estudo e de pontos de vista que envolvem o assunto. Segundo esse autor, a sucessão reinou como um conceito ou teoria básica de ecologia desde que Frederic E. Clements, em 1916, instituiu como “regra universal” que “em todos os locais desnudados, surgem novas comunidades, exceto naqueles em que se apresentam as condições mais extremas de água, temperatura, luz ou solo”. Odum (citado por McIntosh, 1981) observou que havia semelhança entre a sucessão e o

desenvolvimento de organismos, convergindo com Clements sobre a descrição de sucessão como (i) um processo ordenado, razoavelmente direcionado e, portanto, previsível; (ii) resultante da modificação do ambiente físico pela comunidade e (iii) culminante em um ecossistema estabilizado (climax), com propriedades homeostáticas.

Numa crítica a essa visão de sucessão, chamada de holística e em que o ecossistema é tido como um só organismo, diversos autores (McCormick, 1968; Drury & Nisbet, 1973; Horn, 1976; Pickett, 1976; Connell & Slatyer, 1977; citados por Shugart, 1984) propõem uma visão mais individualista e reducionista, na qual se enfatiza a importância dos atributos individuais dos organismos na formação dos padrões de sucessão. Dessa forma, existe uma dicotomia reconhecida, embora nebulosa, na forma como os ecólogos consideram a natureza da sucessão (Shugart, 1984).

Na visão holística, o ecossistema é visto como um organismo individual, complexo e com propriedades emergentes, não inerentes às suas partes. A idéia básica é que o ecossistema é um sistema auto-ordenado que se desenvolve em direção a uma configuração estável, através dos tempos. Considera-se que o desenvolvimento do ecossistema se dá paralelamente à sua evolução, sendo a seleção recíproca uma das causas da evolução tender à diversidade, à interdependência e à homeostase dentro de comunidades. As estratégias dos ecossistemas nem sempre podem ser inferidas a partir das estratégias das espécies. A base filosófica reside na teoria de sistemas e, sob esse ponto de vista, o ecossistema tem propriedades que não são as de suas partes, mas resultam de sua própria organização e, como consequência, os modelos devem tomar o ecossistema como um todo (McIntosh, 1981).

A teoria da sucessão, segundo essa visão, tem alguns objetivos e características (Shugart, 1984):

- (i) Existe o reconhecimento de uma regularidade nos padrões de ecossistemas e há interesse no desenvolvimento de uma teoria que permita vislumbrar a sucessão como um processo comum a inúmeros e diferentes sistemas ecológicos. A dinâmica e composição da vegetação não são os únicos objetivos da teoria de ecossistemas e nem são vistas como principais fatores que controlam as mudanças.

- (ii) Existe o reconhecimento de processos que vão além das interações planta-ambiente e planta-planta que também são importantes na dinâmica dos ecossistemas. Os modelos das interações entre espécies (a fração viva do ecossistema) não equivale ao modelo do ecossistema como um todo.
- (iii) Incorporam-se índices, métodos e abordagens da engenharia, da matemática aplicada, cibernética e teoria de sistemas em geral no estudo de sistemas ecológicos. A introdução do índice de diversidade de Margalef (1958, citado por Shugart, 1984) é um exemplo deste tipo de incorporação que produziu um rico corpo de pesquisas.
- (iv) As atividades humanas são incluídas como parte do ecossistema.

Vários autores estudaram diversos processos que interagem e direcionam as mudanças do ecossistema. Lindeman, em 1942, introduziu a definição de sucessão do ponto de vista da dinâmica trófica; Odum, em 1969, enfatizou as mudanças na produtividade, estrutura trófica, várias formas de eficiência e ciclagem de nutrientes como maiores critérios de desenvolvimento do ecossistema; Van Cleve e Viereck, em 1981, diagramaram os processos que controlam a produção de biomassa e ciclagem de nutrientes como uma teia de interações entre os processos (McIntosh, 1981; Shugart, 1984).

Na visão individualista, considera-se que, na comunidade, não há um centro de controle e organização e não há evolução direcionada a um sistema de controle central. A evolução da comunidade é o resultado da evolução e do comportamento das espécies. O complexo é visto como nada mais do que a soma dos componentes e suas interações (McIntosh, 1981) e, portanto, a sucessão, como processo ecológico, nada mais é do que o efeito em massa da ação individual das espécies (Gleason, 1928, citado por Bernal & Gomez-Pompa, 1979; Viana, 1989).

Os elementos fundamentais da teoria individualista são (Shugart, 1984):

- (i) Ênfase na importância da competição como um mecanismo básico na dinâmica de composição das espécies. Esse reconhecimento vem frequentemente associado a uma rejeição à importância da facilitação (a idéia de que as espécies alteram o ambiente,

tornando-se menos capazes em sobreviver do que as que se sucedem e que, então, as substituem).

- (ii) Reconhecimento da importância em se compreender a dinâmica de populações das espécies importantes na comunidade. As razões para esse reconhecimento incluem a facilidade com que a teoria moderna da evolução pode se vincular à teoria da sucessão baseada na população e na lógica do uso de mecanismos de população (ex: nascimento, morte, competição, predação) para originar uma teoria de dinâmica de comunidades.
- (iii) Negação do conceito de comunidade clímax e o reconhecimento da natureza de não-equilíbrio da vegetação que abrange a maioria das paisagens modernas.
- (iv) Formulação de modelos matemáticos que podem ser manipulados para explorar as implicações teóricas de longo prazo das interações entre os organismos dominantes (ex: árvores, no caso de florestas) e que podem ser utilizados no teste das teorias com os dados.

A partir dessas diferenças de visão, vários conceitos foram sendo criticados e alterados, mas o embate e a quase intransigência ainda persistem. A idéia de clímax evoluiu desde Clements que, em 1916, encarava as perturbações como eventos raros e não usuais, considerando que a maior parte das áreas estaria numa condição de clímax. Muitas críticas surgiram a esse conceito, principalmente devido a três fatores: (1) se tomadas pequenas unidades da paisagem, existe uma instabilidade com respeito à cobertura vegetal devido a perturbações, ainda que com diferentes frequências; (2) as mudanças climáticas através dos tempos geológicos, resultantes de eras glaciais, por exemplo, alteram a distribuição de espécies, alterando assim o que era considerado como “clímax”; (3) existe um desequilíbrio na maior parte dos ecossistemas terrestres devido à ação antrópica. Entretanto, mais recentemente, muitos autores assumem a tendência dos ecossistemas a direcionar-se a um equilíbrio e aumenta-se a visão de que as perturbações podem ser geradas no próprio sistema, tendo uma função no processo sucessional. Atualmente, amplia-se a escala espacial e temporal (referentes aos itens 1 e 2), considerando-se a paisagem como um mosaico de unidades menores, sendo esse o equilíbrio a que tendem os ecossistemas. A condição de clímax seria o ponto para o qual os ecossistemas em desequilíbrio se direcionam. Além disso, a inclusão das atividades

humanas (item 3), na escola holística, é análoga ao reconhecimento, pela escola reducionista, do estado de perturbação da vegetação que se encontram os ecossistemas modernos (Shugart, 1984). O conceito de clímax ainda está em processo de construção teórica, apesar de alguns autores reiterarem o ponto colocado por McIntosh (1981) de que o termo “sucessão” não requer, necessariamente, o desenvolvimento progressivo em direção ao clímax, ou a um estágio maduro (Shugart, 1984).

Atualmente, quase todas as discussões sobre sucessão consideram apenas a sucessão secundária que, por definição, segue uma ação perturbatória. Muitas das controvérsias persistentes se originam na grande diferença entre os pontos considerados iniciais, ou estágios considerados pioneiros, seguindo diversos tipos e graus de perturbação a partir dos quais as seres seqüenciais se iniciam (McIntosh, 1981).

Shugart (1984) sugere que grande parte das confusões de termos e mecanismos se deve à falta de um comum acordo da escala de tempo e espaço aplicada ao conceito de sucessão, o que dificulta uma unificação das teorias, ainda que o sistema ecológico da discussão esteja estabelecido. Também observa que, na atualidade, a escola individualista provavelmente domina a visão de sucessão. “A ecologia parece estar dividida em duas escolas, cada qual examinando um lado diferente da mesma moeda, reivindicando que o seu lado é tudo o que existe” (McIntosh, 1981). No entanto, apesar de apresentarem estudos, resultados e dados complementares, as duas escolas trazem diferenças filosóficas fundamentais, distanciando, dessa forma, o reconhecimento do outro lado da mesma moeda e dificultando a conexão dos conhecimentos gerados.

2.2.2 Classificações das fases da sucessão

Um dos pontos comuns a ambas as teorias divergentes citadas acima é a história natural das árvores. A distinção mais ampla entre as espécies arbóreas com relação ao conceito de sucessão é entre as árvores pioneiras, encontradas nas áreas abertas e ausentes nas florestas, e as árvores “da floresta”, indivíduos que contribuem na formação do dossel de uma floresta madura (Finegan, 1984). As comparações entre espécies pioneiras e tardias baseiam-se, essencialmente, na dicotomia entre as espécies adaptadas ao sol e as adaptadas à sombra (Bazzaz & Pickett, 1988).

Budowski (1965), sugeriu uma classificação relacionada à quantidade de luz requerida por cada indivíduo na fase de regeneração, separando as espécies em 4 grupos que se sucedem na recolonização de áreas desmatadas: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climáticas. Observou 21 características das espécies, relacionando-as com as classes sugeridas, como por exemplo, taxa de incremento diamétrico, mecanismos de dispersão, tamanho das sementes, dureza da madeira. Essa classificação é a base atual para definição de estratégias para revegetação com base na sucessão. Em 1991, Budowski buscou caracterizar as fases da sucessão pelas quais passa uma floresta que foi desmatada pelo homem. Foram identificadas 4 fases claramente baseadas na classificação anteriormente sugerida em 1965: comunidades secundárias imediatas, comunidades secundárias iniciais, comunidades secundárias tardias e comunidades climáticas, de acordo com 13 características, como espécies indicadoras, dureza da madeira dos dominantes, tamanho das sementes e frutos, agentes de dispersão, densidade do subosque, número de espécies e formas de associação, entre outras.

Vários autores baseiam-se nos tipos e dinâmica de clareiras para propor uma classificação de espécies na sucessão, geralmente relacionando luz com germinação e recrutamento. Vazquez-Yanes & Sada (1976) sugerem a divisão em 3 grupos: (i) pioneiras nômades, que se estabelecem em clareiras recentes; (ii) árvores de floresta madura, com estabelecimento e crescimento lento no subosque e (iii) espécies de clareira, que são intermediárias entre os dois primeiros grupos. Denslow (1980) sugere 3 grandes categorias: (i) especialistas em clareiras grandes, que germinam somente em condições de altas temperaturas e luminosidade, sendo intolerantes à sombra; (ii) especialistas de pequenas clareiras, que germinam na sombra, mas dependem da luminosidade de uma clareira para crescerem; (iii) especialistas de subosque, que não requerem clareiras para germinar ou atingir o estágio reprodutivo. Martinez-Ramos (1985) propõe a classificação das espécies em 3 grandes grupos: (i) pioneiras, que completam seu ciclo de vida unicamente nas clareiras, geralmente nas grandes (maiores que 200 m²), tendo curto ciclo de vida; (ii) nômades, que dependem das clareiras para regeneração, mas atingem o dossel superior da floresta, tendo maiores ciclos de vida e (iii) tolerantes, que são espécies do subosque e não dependem das clareiras, tolerando o

sombreamento das árvores mais altas. Viana (1989) propõe 4 grupos de espécies com base no primeiro estágio do ciclo de vida em que requerem clareiras na transição para o próximo estágio, sendo estes (i) espécies demandantes de luz, que requerem clareira para germinação das sementes e estabelecimento das plântulas; (ii) espécies oportunistas de clareiras, que não requerem clareiras para germinar e se estabelecer, mas precisam de luz no estágio pré-reprodutivo; (iii) espécies tolerantes à sombra, que não requerem clareiras para o estabelecimento, mas requerem luz para a fase reprodutiva e (iv) espécies reprodutoras à sombra, que não requerem clareiras em nenhum momento do ciclo de vida. Whitmore (1990) subdivide as espécies climáticas de acordo com o grau de tolerância das plântulas à sombra.

Os estudos se diferenciam entre clareiras formadas em ecossistemas naturais (Denslow, 1980; Martinez-Ramos, 1985) e em locais deflorestados para a agricultura (Budowski, 1991; Bernal & Gomez-Pompa, 1979), porém, sem haver clara relação entre os diversos ambientes estudados, a não ser pelo tamanho das clareiras (Bazzaz & Pickett, 1988). Pouca menção se faz em relação à forma de desmatamento ou ao grau de degradação do local a se regenerar, a não ser o tempo em que as espécies “clímax” levam para ressurgir (Whitmore, 1990), o que muitas vezes é relacionado a poucos fatores pontuais, mas não inter-relacionados, como a presença de propágulos e dispersores, temperatura, umidade, teor de nutrientes, matéria orgânica (Finegan, 1984).

Alguns autores reconhecem que essas classificações não englobam a totalidade do processo da sucessão, questionando inclusive a classificação de espécies ou estágios da sucessão com base apenas na necessidade ou tolerância à luz. Bazzaz & Pickett (1988), por exemplo, escrevem que “nas florestas tropicais, a situação é complexa devido ao grande número de possíveis posições verticais das copas e das variadas oportunidades de regeneração. Assim, existe um gradiente de adaptações à luz. O uso da dicotomia sol/sombra é simplista e pode ser enganosa. As diferenças entre as espécies adaptadas à sombra e as adaptadas ao sol não são claras nas florestas tropicais, pois um indivíduo pode germinar em um ambiente, mas demandar outro para desenvolver-se, ou mesmo demandar uma série de ambientes alternados e contrastantes, antes de ingressar no dossel. As propriedades morfológicas, fisiológicas e bioquímicas das folhas podem

mudar durante o desenvolvimento da árvore”. Whitmore (1990) também observa que os agrupamentos de espécies são arbitrariamente separados e buscam caracterizar o processo de sucessão, que é de natureza contínua. O resultado é que muitas espécies enquadram-se no limiar entre dois grupos, ou mesmo em dois deles (Denslow, 1980). Além disso, valoriza-se de maneira extrema a competição entre as espécies e a tolerância à escassez de recursos (Finegan, 1984).

A visão que o ser humano tem do comportamento de outros seres vivos pode refletir a própria sociedade em que vive. Por exemplo, Hein (2001) aborda que “uma das críticas à teoria de Darwin passa pelo fato de que os imperialistas ingleses viram que justificar a evolução pela seleção natural era uma ótima forma de justificar o imperialismo inglês e a superioridade da raça branca, justificando a exploração dos outros povos pelo mais forte”. Já há autores que questionam o extremo valor dado à competição no processo evolutivo das espécies. Margulis (2001), por exemplo, teoriza que a evolução se dá muito mais por simbiose e cooperação do que por competição. Não poderia também, da mesma forma, a valorização da competição e da divisão de classes, além da tendência a uma visão simplista do que é naturalmente complexo, estarem relacionadas à estrutura atual das sociedades humanas, ou seja, não seria essa uma visão antrópica dos processos naturais?

2.3 Sucessão segundo Ernst Götsch

A teoria de sucessão elaborada por Ernst Götsch (Götsch, 1995; Milz, 1997; Peneireiro, 1999) traz uma visão que dá ênfase aos dois aspectos: o do organismo formado pelo conjunto e o da função a ser cumprida por este, assim como por cada uma das espécies. Delineia a tendência à unidade de comportamento, não apenas dos ecossistemas, mas do próprio planeta em funcionar como um só organismo. No entanto, dentro deste funcionamento, também são considerados fatores muito enfatizados pela escola reducionista, como, por exemplo, a história de vida das espécies, sejam animais ou vegetais, que traduz a chamada função daquele ser vivo no desenvolvimento do ecossistema.

“O planeta Terra funciona como um organismo cuja estratégia de ser é a sintropia¹, a inspiração, complementar a outras formas descomplexificadoras e entrópicas de ser, que têm ênfase na expiração. A vida é considerada como um instrumento do planeta para realizar essa estratégia complexificadora, pois, através das atividades metabólicas da vida, criam-se e mantêm-se no planeta uma espécie de condensação de energia e o seu atual sistema circulatório de água e ar. O planeta, por sua vez, escoar os subprodutos do metabolismo da vida, separando os hidrocarbonos dos minerais gastos, armazenando os primeiros dentro da sua crosta e recomplexificando, digerindo, os segundos. Em seguida, leva-os de volta para novo uso, realizando isto via movimentos tectônicos, vulcanismo, etc.”²

Götsch vê a sucessão natural como o meio que a vida usa para mover-se no tempo e no espaço e aponta que a aparência de cada ser é predeterminada pelo que o antecedeu. Vivendo, cumprindo sua função, todo ser modifica, mediante o seu metabolismo, o sistema em que faz parte, definindo e determinando, assim, a próxima forma que o sucede. A sucessão teria, então, uma direção e um sentido, que leva ao aumento de qualidade e quantidade de vida consolidada no ambiente.

Götsch considera a sucessão e a instrumentalidade da vida em um contexto sintrópico, ambas em conjunto, como “vetores interrelacionados que giram a vida” (Figura 1). Agrupa as espécies, classificando-as por sua função ecofisiológica, em “sistemas” que, por sua vez, são constituídos por um ou mais ciclos de Pioneiras (normalmente, herbáceas), Secundárias I (com ciclo de vida curto), Secundárias II (com ciclo de vida médio), Secundárias III (com ciclo de vida longo), Transicionais (consórcio de espécies que domina o ciclo em sua fase adulta, pertencendo a ele, entre outros, os animais).

O sistema que agrupa as primeiras formas de vida que aparecem num lugar é denominado de Sistema de Colonizadores. Em seguida, surge o Sistema de Acumulação, pois as espécies ocupam o ambiente acumulando hidrocarbono em sistemas de vida, até alcançar o ótimo para cada lugar. Em seguida, surge o Sistema de Abundância, pois os produtos gerados pela energia materializada podem ser exportados do sistema, sem prejuízo para o mesmo (Figura 2).

¹ Termo cunhado por Ernst Götsch para o conceito inverso de entropia

² Götsch, E. (Agrossilvicultura Ltda). Comunicação pessoal, 2001.

A sucessão dos sistemas significa o desenvolvimento do ambiente e se reflete em diversas características. No Sistema dos Colonizadores, criadores das condições de vida, iniciam-se as redes tróficas com bactérias e fungos bastante resistentes e só sustentam pequenos animais no fim do sistema. No Sistema de Acumulação, o carbono se acumula nos seres vivos, que apresentam uma relação C/N alta, e não há grande disponibilidade de N e P, estando este último normalmente fixado no solo por óxidos de Fe e Al. As redes tróficas iniciam a complexidade e os animais apresentam um porte maior, mas ainda são pequenos. Podem-se seguir diversos ciclos de classes – pioneiras, secundárias, e transicionais – até que tenha se consolidado quantidade e qualidade de vida no ambiente o suficiente para que se iniciem os Sistemas de Abundância, que possuem redes tróficas bem mais complexas, alta biodiversidade e uma relação C/N bem mais estreita. Neste estágio, há maior disponibilidade de N e P, que são os nutrientes necessários aos processos de exportação, naturais dos Sistemas de Abundância. Os consórcios deste Sistema sustentam grandes e pequenos animais, situando-se aqui o ser humano e a grande maioria de suas plantas cultivadas, daí a exigência dessas em termos de fertilidade, matéria orgânica e grande inter-relação entre espécies.

“De acordo com Ernst Götsch, tudo no cosmos é inspiração e expiração. Por exemplo, o sol estaria expirando e a terra inspirando, ou seja, captando a energia cósmica (lumínica, cinética de partículas, radioativa, etc.) e transformando-a em reserva de matéria complexa, que seria o armazenamento dos sub-produtos da vida e do metabolismo, através de cadeias orgânicas complexas como petróleo, turfa, carvão, etc.” (Peneireiro, 1999). Da mesma forma, os sistemas, como um todo, inspiram (absorvendo energia e nutrientes, crescendo) e expiram, transformando toda essa biomassa e energia acumulada para o ciclo que se segue (Figura 3). As espécies de um sistema, as pioneiras, todas as secundárias e as transicionais, crescem juntas, porém, em cada fase da sucessão haverá uma comunidade dominante, dirigindo a sucessão. Os indivíduos das espécies mais avançadas na sucessão não se desenvolvem enquanto os iniciais não dominam. As plantas precisam ser tutoradas pelas antecessoras. Nesse processo, pode-se dizer que a planta não morre, mas é transformada, o que dá idéia de continuidade, de dependência entre todos os indivíduos no tempo, durante todo o processo sucessional (Götsch, 1985).

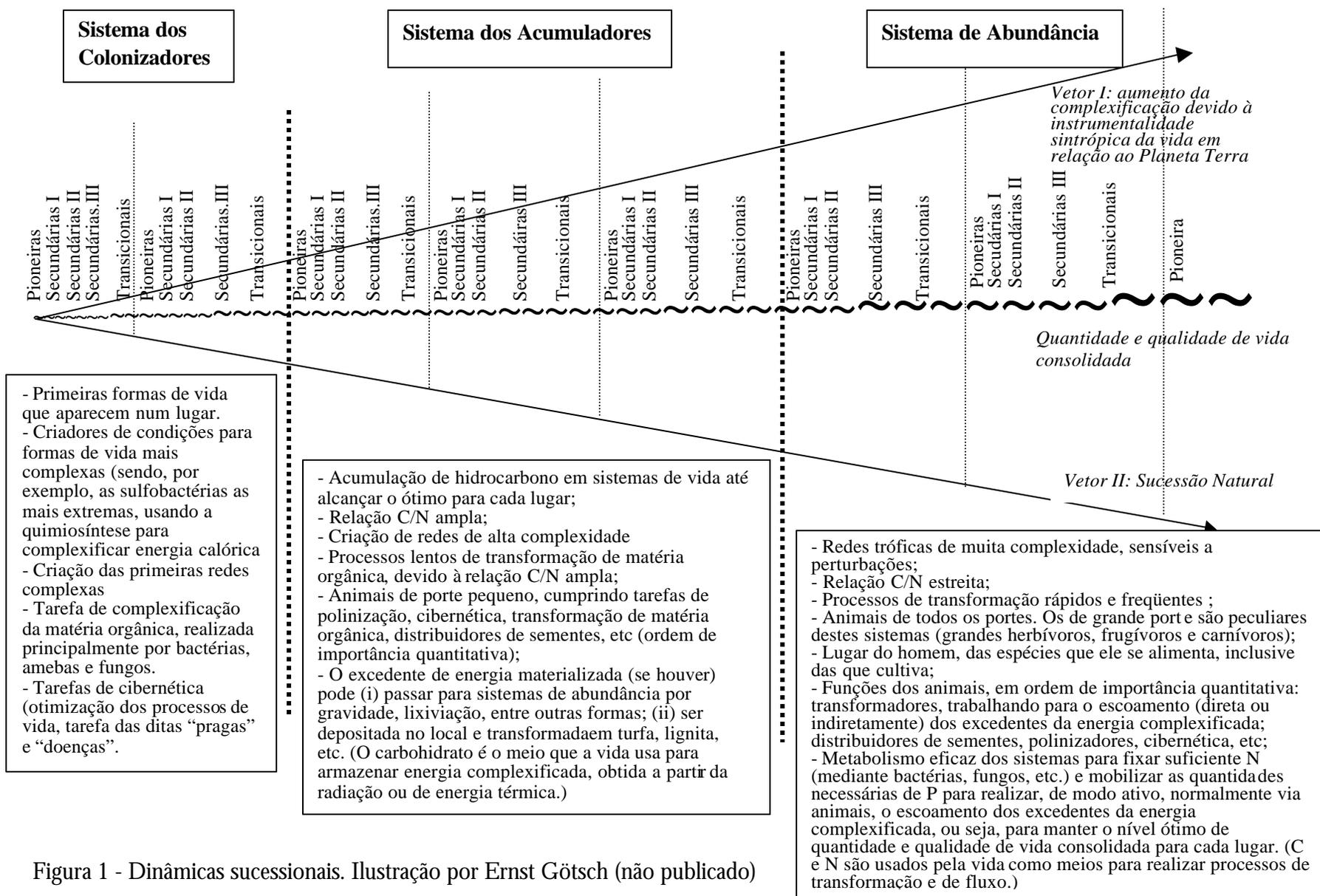


Figura 1 - Dinâmicas sucessionais. Ilustração por Ernst Götsch (não publicado)

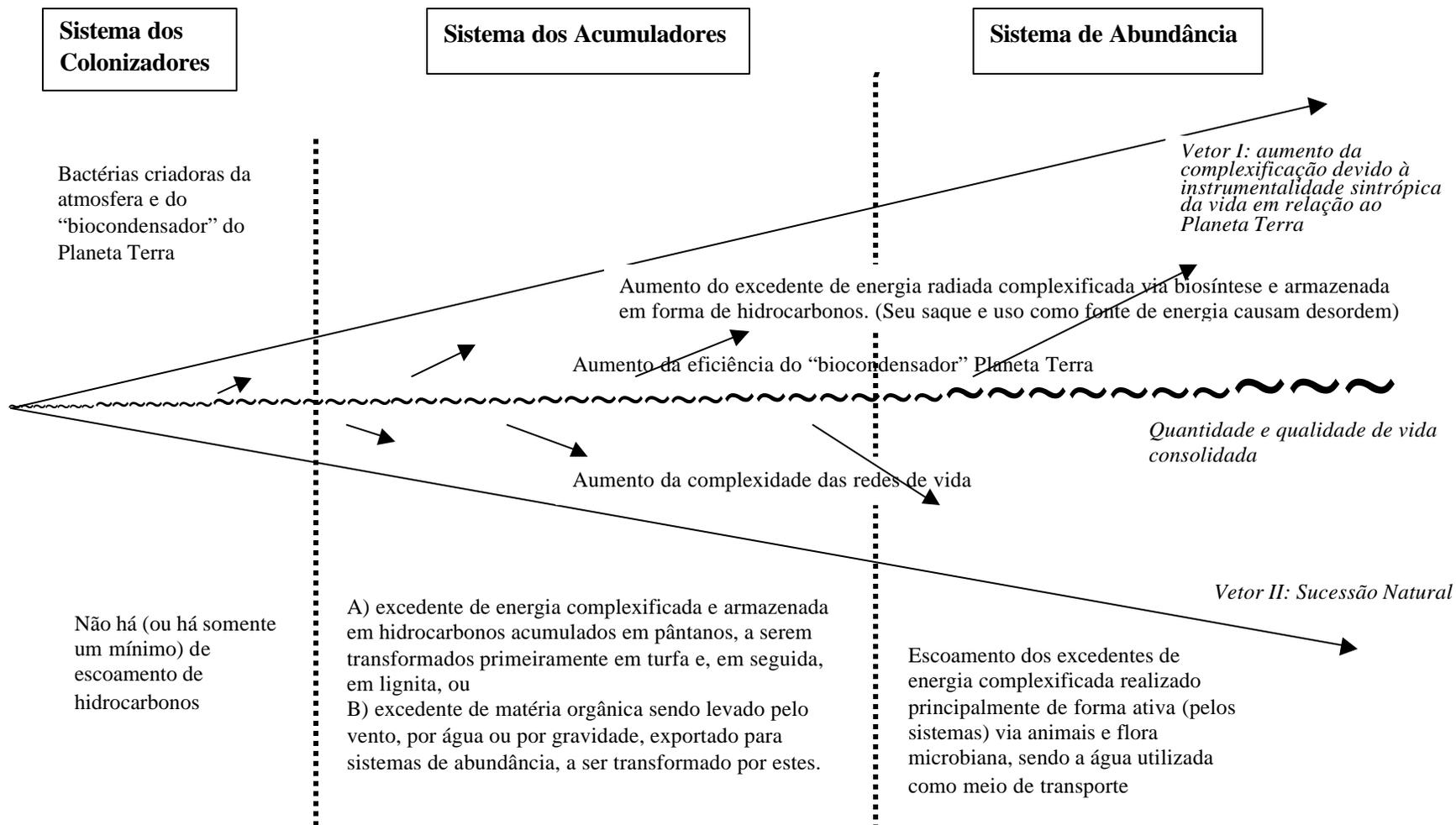


Figura 2 - Aspectos metabólicos da vida. Setas no interior do gráfico significam escoamento do excedente da energia complexificada no sistema. Ilustração por Ernst Götsch (não publicado)

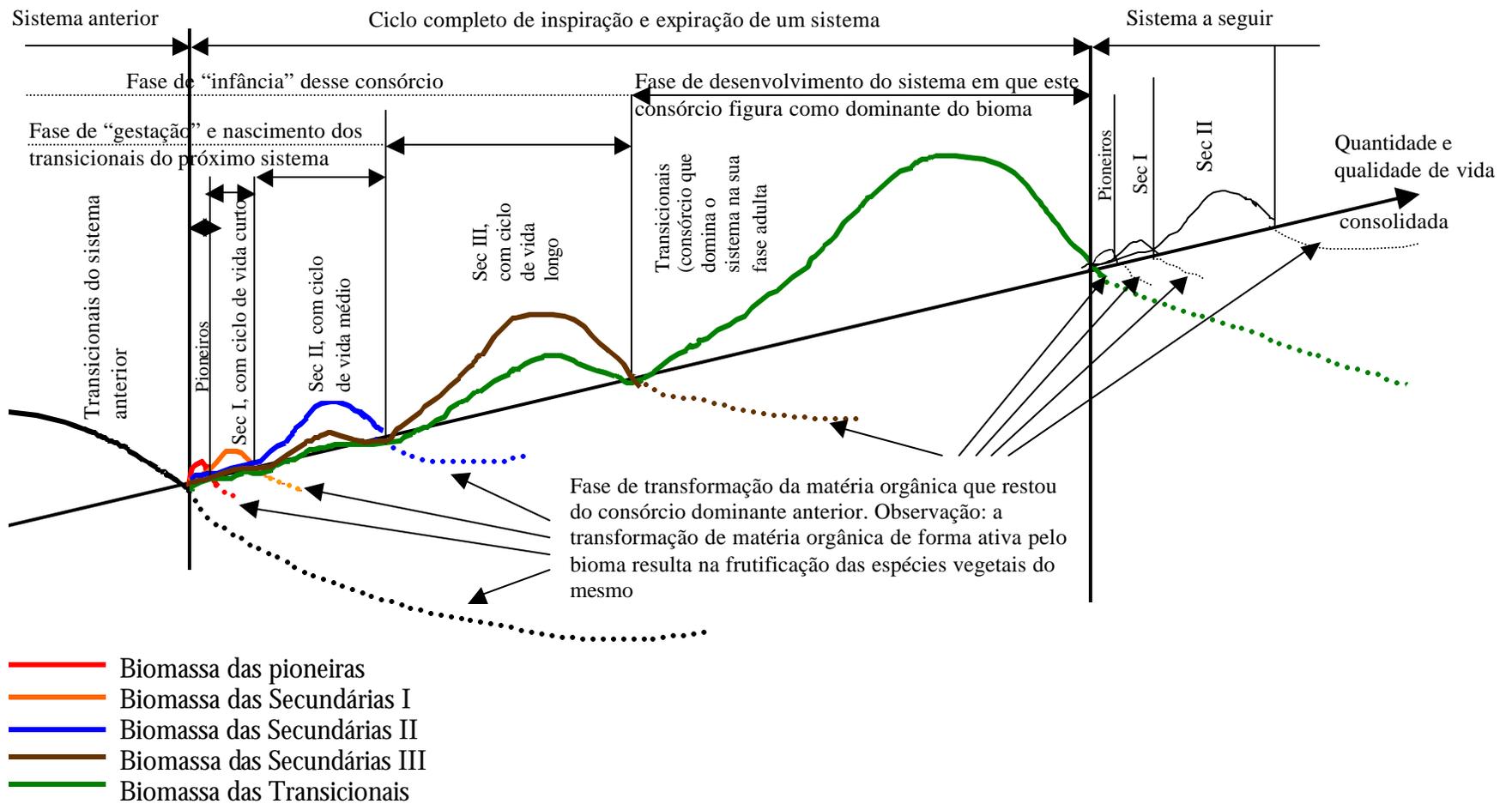


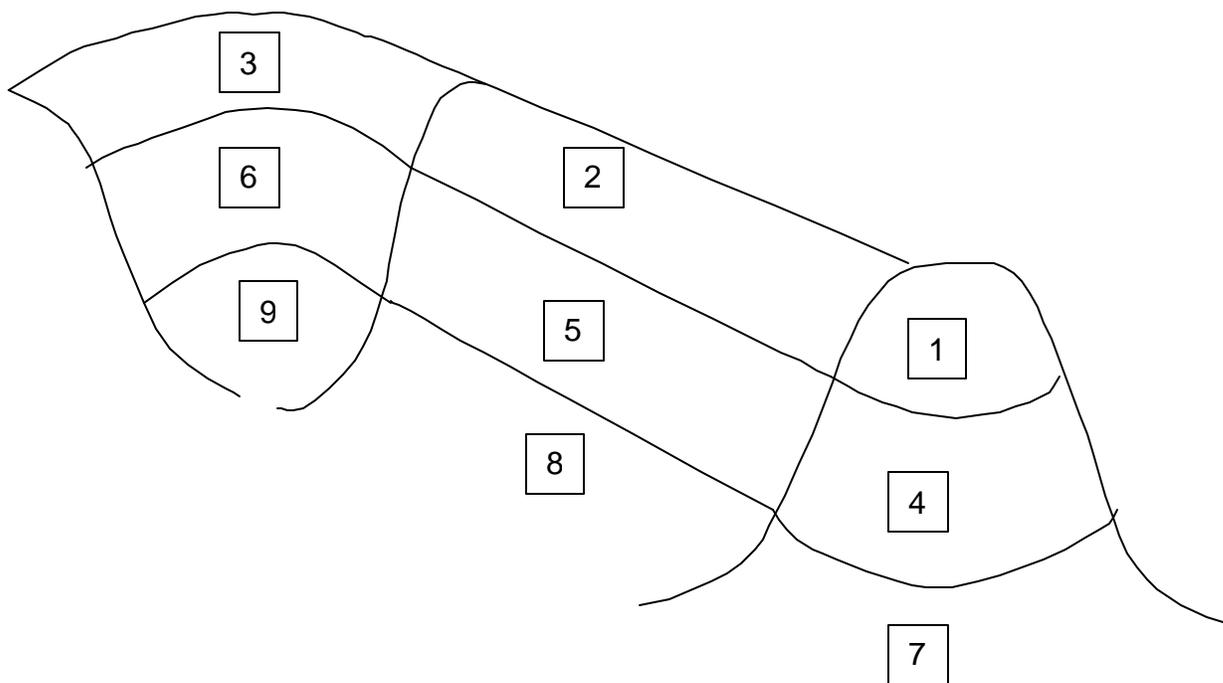
Figura 3 – Ciclo completo de inspiração e expiração de um sistema. Ilustração por Ernst Götsch (não publicado).

Na natureza, a evolução dos ambientes não se faz de forma linear, como está nos gráficos das figuras. Nos locais em que há tendência de acúmulo de água, matéria orgânica e nutrientes, a quantidade e qualidade de vida consolidada no ambiente cresce mais rapidamente, o que faz com que a vegetação alcance rapidamente o estágio dos Sistemas de Abundância. Da mesma maneira, nos locais em que a tendência é de dispersão, os solos geralmente têm menor teor de argila, principalmente no horizonte B, e a vegetação pode indicar um nível mediano de quantidade e qualidade de vida consolidada no ambiente, em que os ciclos dos Sistemas de Acumulação se reiniciam, raramente chegando a ocorrerem espécies dos Sistemas de Abundância.

Os padrões de drenagem do escoamento superficial interfluvial podem ser descritos em função do caráter de dispersão ou de concentração a eles vinculados (Colangelo, 1996). A convexidade e a concavidade das formas de relevo são os fatores que condicionam, respectivamente, os padrões de dispersão e concentração de drenagem. Considerando duas componentes de dispersão vinculadas à geometria do relevo, a radial e a longitudinal, Colangelo classificou 9 feições mínimas como unidades de relevo que se ordenam numa gama de níveis, entre condições extremas de hiperdispersão e hiperconcentração de drenagem, passando pela condição intermediária de transição (Fig. 4). Os ambientes que ocupam locais com domínio de dispersão na paisagem, como as superfícies convexas dos morros, tendem a apresentar biomas compostos por espécies do Sistema de Acumulação, segundo a teoria de Götsch, em contraste a locais com domínio de concentração, como as grotas, fundo de vales e algumas matas ciliares, onde a ocorrência de Sistemas de Abundância é mais comum.

“No desenvolvimento de um sistema, não há competição entre os diferentes consórcios de espécies e entre as espécies dos consórcios que o compõem. Existe, no entanto, uma relação de criador e criados entre os consórcios com ciclo de vida mais curto e aqueles com ciclo mais longo. Ademais, entre as espécies de cada consórcio, existem relações de natureza complementar enquanto estrato a ser ocupado e função a ser cumprida. Competição ou relações de natureza antagônica existem em casos de sobreposição no estrato a ser ocupado ou na função a ser cumprida no determinado momento. Tensões entre as espécies de um bioma, de natureza antagônica ou

competitiva, também ocorrem em casos de uma existência de dessincronia nos processos sucessionais” (Götsch ¹).



Feição Mínima	Perfil	Planta	Fluxo resultante	Domínio
1	Convexo	Convexo	Hiperdispersão	
2	Convexo	Retilíneo	Mesodispersão Longitudinal	
3	Convexo	Côncavo	Hipodispersão	Dispersão
4	Retilíneo	Convexo	Mesodispersão Radial	
5	Retilíneo	Retilíneo	Transição	Transição
6	Retilíneo	Côncavo	Mesoconcentração radial	
7	Côncavo	Convexo	Hipoconcentração	
8	Côncavo	Retilíneo	Mesoconc. Longitudinal	Concentração
9	Côncavo	Côncavo	Hiperconcentração	

Figura 4 - Feições mínimas, unidades de relevo, suas componentes elementares e classificação dos fluxos hídricos superficiais (Colangelo, 1996)

“Na história da agricultura, o fenômeno da competição entre as espécies traz grandes preocupações e é tido como um dos principais fatores que causam complicações e prejuízos a estas atividades. Isto se deve, no entanto, às dificuldades que o próprio homem tem em diferenciar os meios empregados pela vida e suas causas. As ditas

“pragas”, “doenças” e “ervas invasoras” são o meio que a vida paciente e incansavelmente emprega para realizar, naquelas situações, a sua tarefa complexificadora. Ainda que não compreenda dessa forma, o homem conhece e aproveita a dinâmica de complexificação dos processos naturais com o uso enriquecedor do pousio (quando o homem e seus aliados animais domesticados se afastam do lugar), já que suas atividades produtivas tendem a degradar os solos e o ecossistema. Observando desse ponto de vista, chegamos à conclusão que, no caso das relações entre as denominadas plantas invasoras, pragas, doenças e as plantas cultivadas, não se trata de competição, mas sim de um desacerto do homem na escolha dos modos de intervir nos ecossistemas, como agricultor, resultando em condições ecofisiológicas adequadas a espécies diferentes daquelas desejadas para seu consumo” (Götsch ¹)

2.4 Sucessão e manejo à luz da Teoria de Götsch

Com base na teoria de Götsch, a sucessão se comporta como ciclos de espécies agrupadas em consórcios adaptados a níveis crescentes de quantidade e qualidade de vida consolidada, ou seja, biodiversidade, riqueza e complexidade do ambiente. O começo de cada ciclo (Figura 1) se dá na abertura da vegetação do ciclo anterior, ou seja, na formação de uma clareira. No entanto, de acordo com o estágio em que se situa o ciclo que se findou, a clareira formada também tem determinada quantidade e qualidade de vida consolidada. Dessa forma, as clareiras podem se situar em diversos estágios da sucessão, iniciando ciclos de diversos Sistemas.

Na literatura, observa-se que há autores também considerando ciclos naturais na dinâmica das florestas. Para Oldeman (1990; Rossignol et al. 1998), a floresta é constituída de eco-mosaicos, que são formados por eco-unidades, que é uma unidade especial da vegetação que inicia seu crescimento sobre uma superfície bem definida e segue o mesmo processo de desenvolvimento. O desenvolvimento das eco-unidades pode ser dividido em quatro fases: inovação, agradação, biostase e degradação. A fase de inovação, ou iniciação, é pouco estruturada e muito dinâmica, sendo a maior parte da biomassa produzida por espécies “inovadoras” ou “iniciais”, principalmente herbáceas, lianas, plântulas de árvores e rebrota de árvores pré-existentes. A agradação é a fase de

estruturção, o dossel se fecha por conjuntos de espécies estruturais que filtram as influências externas. Nessa fase, os organismos decompositores são numerosos e ativos. Na biostase, ou fase madura, a eco-unidade está mais claramente organizada, com grupos de árvores do presente estruturando, ordenando e oferecendo diversos biótopos para outros organismos. Ecossistemas de diversos tamanhos e formas de vida marcam esta fase. Na fase de degradação, a arquitetura da floresta é “quebrada”, dissolvida em diversas eco-unidades menores, constituindo a preparação para a próxima reocupação da fase de inovação, que pode ser lenta ou rápida, dependendo do processo que a detona. Whitmore (1990) analisou a natureza dinâmica do dossel da floresta que forma um mosaico de clareiras de vários tamanhos e em várias fases de regeneração. A esse processo cíclico e contínuo, basicamente formado por três subdivisões arbitrárias, que são a formação de clareira, reconstrução e maturidade, chamou de ciclo de crescimento das florestas. Descreve diversas razões para formação de clareiras, desde morte de árvores, ventos, deslizamento de encostas, ações de vulcões, ciclones, terremotos, entre outras. No entanto, diferencia as clareiras apenas pelo tamanho associado à classe de espécies que passa a crescer no local. As espécies “clímax” germinam sob o dossel e formam um banco de plântulas que consegue crescer quando a clareira é pequena. Quando a clareira é grande, as espécies “clímax” são substituídas pelas pioneiras, que dependem desse ambiente para germinar.

O que Götsch insere, nessa idéia, é que as clareiras diferenciam-se não somente pelo tamanho, mas também pelo grau de degradação, o que também é observado por Whitmore (1990). No entanto, Götsch inter-relaciona os diversos tipos de degradação com relação à quantidade e qualidade de vida consolidada, transformando os ciclos de vida de Whitmore numa verdadeira espiral de vida, pois cada ciclo que se finda, formando uma clareira, dá início a outro ciclo mais rico em quantidade e qualidade de vida consolidada. Assim, os ciclos não se fecham e nem voltam ao mesmo ponto, mas crescem nessa variável relacionada à biodiversidade, formando uma espiral.

Na literatura florestal, existe uma tendência em se separar as espécies herbáceas das arbóreas na classificação da sucessão, dando-se especial importância às arbóreas, mesmo com relação à classe de pioneiras, conceituada por diversos autores como

espécies de crescimento rápido, altas taxas de fotossíntese e de respiração, além de acelerada acumulação de nutrientes (Denslow, 1980; Martinez-Ramos, 1985; Bazzaz & Picket, 1988; Whitmore, 1990, Kageyama & Gandara, 2000). Segundo Götsch, as pioneiras são plantas que surgem rapidamente após o fim do ciclo de um consórcio, ou seja, com a queda de uma árvore ou de um galho, numa vegetação com espécies transicionais ou de classes avançadas, esteja essa vegetação no estágio de qualquer Sistema (Acumulação ou Abundância). Nas clareiras, ocorre grande aporte de material vegetal no solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Martinez-Ramos, 1985; Vitousek & White, 1981). A função das pioneiras é rapidamente ocupar o espaço e acumular os nutrientes liberados e toda a biomassa transformada do ciclo anterior, de forma a minimizar as perdas por lixiviação. Para Götsch, pioneiras são espécies herbáceas, com hábito decumbente ou prostrado e com todas as características já relacionadas pelos outros autores, e estão sempre incluídas como tais no processo de sucessão.

Do ponto de vista prático, essa visão tem implicações determinantes no manejo de sistemas direcionados pela sucessão e na recuperação de áreas degradadas. A inclusão de espécies pioneiras é praticamente consenso atual em termos de recuperação ambiental, mas a separação entre espécies herbáceas e arbóreas na classificação sucessional (assim como na maioria dos estudos acadêmicos florestais) quase sempre leva à não inclusão de espécies herbáceas nas estratégias de recuperação de áreas degradadas.

Por outro lado, se há diversos tipos de pioneiras que demandam diversos níveis de quantidade e qualidade de vida consolidada no ambiente, assim como há diversos tipos de secundárias e “clímax”, não importando a nomenclatura adotada, é preciso conhecer bem a demanda de cada espécie para que sua introdução se faça no momento certo, ou seja, no estágio da sucessão adequado. Quando esse momento não é respeitado, quando uma planta com demanda de alto nível de quantidade e qualidade de vida (uma laranjeira, por exemplo) é inserida em um ambiente muito degradado, com pouca quantidade e qualidade de vida consolidada, sofre alto nível de estresse, o que submete

tal planta ao ataque de agentes equilibradores do sistema, os patógenos e insetos fitófagos. Esse fato é bem explicado pela teoria da Trofobiose de Chaboussou (1987).

Além disso, o conhecimento do verdadeiro estágio da sucessão em que se encontra cada espécie também torna possível acelerar o processo da sucessão, desde que se componha o sistema com espécies que façam os “degraus” entre o nível de quantidade e qualidade de vida consolidada no ambiente que se deseja recuperar e o nível de demanda da planta que se deseja introduzir. Quanto maior a distância entre esses dois níveis, maior a necessidade de precisão do manejo e da introdução de espécies mediadoras.

Esse mesmo conhecimento sobre a função das espécies na sucessão permite aumentar a densidade de plantio, o que traz melhor aproveitamento do solo e da parte aérea do sistema. O consórcio que reúne espécies com funções diferentes pode apresentar densidade muito acima da recomendada pela agricultura convencional, como o plantio de 8 árvores/m², alcançando uma cobertura do solo muito mais rápida e eficiente ¹.

A idéia de que há um aumento gradativo de quantidade e qualidade de vida consolidada no ambiente em que a sucessão se desenvolve significa que também há aumento da população e da diversidade de microrganismos. A população de fungos e bactérias é maior em florestas não degradadas do que em florestas degradadas (Jha et al., 1992). Da mesma forma, em ambientes degradados, ou seja, locais onde houve retrocesso da sucessão, esses parâmetros tendem a apresentar uma queda de valores. Diversos autores têm estudado a biomassa microbiana e a respiração do solo, relacionando esses dados com o manejo do solo e com a cobertura vegetal. Segundo Balota et al. (1998), há relatos de que essas mudanças nas propriedades microbiológicas causadas pelo preparo do solo e sucessão de culturas possam ser detectadas anteriormente às mudanças nos teores de C e N total do solo, o que torna a biomassa microbiana um bom indicador do nível de degradação do solo. Normalmente, os solos de florestas nativas têm maior biomassa microbiana e liberam maior quantidade de CO₂ (respiração do solo) do que pastagens, capoeiras, campos agrícolas, plantios de

recuperação ou áreas degradadas (Luizão et al., 1999; Nogueira Jr., 2000; Sahani & Behera, 2001).

O conceito de sucessão natural pode, a princípio, parecer apenas mais uma teoria com fortes bases filosóficas que pouco tem a contribuir para o desenvolvimento e produção do homem e de sua sociedade. Entretanto, a compreensão da sucessão é importante por duas razões: “o valor do conceito no desenvolvimento da ecologia como ciência e o enorme potencial no desenvolvimento de programas para a conservação e exploração dos recursos naturais” (Finegan, 1984). A agricultura é uma atividade humana que tem cerca de 10.000 anos e é responsável pela produção de alimentos, fibras, vestuário e, englobando a atividade florestal, também fornece madeira, papel, combustível. No entanto, todas essas atividades opõem-se fortemente ao fluxo da sucessão, muitas vezes no esforço de paralisá-lo, mas sempre deixando um resultado ambiental que figura o sentido oposto. Quase sempre, o uso agrícola do solo leva o ambiente à exaustão, o que, na agricultura tradicional, é remediado pelo pousio. Esse descanso do solo é o período em que os processos de sucessão tomam parte do sistema produtivo, ainda que ocupando um intervalo entre os reais períodos de produção. Mais recentemente, o uso de insumos industriais visa eliminar essa necessidade, criando a ilusão de que apenas um aporte de nutrientes substitui toda a biodiversidade do ambiente necessária ao crescimento das espécies que alimentam o ser humano. No entanto, remediar dessa forma a necessidade de biodiversidade é, além de tudo, energeticamente deficitário. Compreender profundamente a sucessão e os processos naturais responsáveis pela proliferação da vida no planeta, inserindo-os verdadeiramente dentro dos sistemas produtivos e não entre os ciclos de produção, significa que o homem é capaz de alimentar-se, vestir-se, desenvolver-se e viver ao mesmo tempo que mantém o ambiente biodiverso e até recupera áreas degradadas por outras atividades usurpadoras dos recursos naturais.

2.5 Recuperação e SAFs

Sistema agroflorestal, por definição, é uma forma de uso da terra, na qual espécies lenhosas perenes (arbustos ou árvores) são cultivadas deliberadamente com

espécies herbáceas (pasto, culturas anuais) e/ou com animais, numa combinação espacial ou seqüencial, obtendo-se benefícios das interações ecológicas e econômicas resultantes (Young, 1989; MacDicken & Vergara, 1990). Embora existam diversos tipos de sistemas agroflorestais, incluindo ampla faixa de número de espécies utilizadas, desenhos e manejos, a biodiversidade envolvida nesses sistemas de produção é sempre maior que a existente nas monoculturas.

Normalmente, os sistemas agroflorestais são preconizados como alternativas à monocultura agrícola, por serem capazes de manter a fertilidade dos solos e a sustentabilidade, ainda que muitos autores argumentem a falta de comprovação científica para algumas afirmações (Young, 1989; MacDicken & Vergara, 1990; Viana et al., 1997). Resck et al. (1996), estudando sistemas agroflorestais no cerrado, concluíram que pode ocorrer melhoria da fertilidade do solo nesses sistemas, principalmente devido a maior produção de fitomassa. O potencial de inclusão de grande biodiversidade e a geração de matéria orgânica no próprio sistema podem ser pontos determinantes na recuperação de áreas degradadas, pois o fluxo de água pela serapilheira seria também um importante mecanismo de transferência de nutrientes para o solo, que estariam dissolvidos e prontamente disponíveis para serem reabsorvidos pelas raízes. O plantio misto de espécies florestais nativas pode ser um sistema mais adequado do que o plantio puro por proporcionar simultaneamente a melhor estruturação, a maior quantidade de C orgânico e aumentar os níveis de nutrientes do solo, em função provavelmente de uma maior eficiência da ciclagem de nutrientes (Gama-Rodrigues & Barros, 1997).

Outros autores também indicam que o uso de grande diversidade nos sistemas de recuperação pode melhor atender à demanda nutricional de algumas espécies mais exigentes. Gonçalves et al. (2000) constatam que as pioneiras apresentam concentrações de N, P, K e Ca superiores às das secundárias e, estas, superiores às das clímax, tendência que se intensifica depois que as mudas são plantadas no campo, devido à expansão da área foliar e do sistema radicular. Quanto à acidez do solo, saturação por bases e por Al, Furtini Neto et al. (2000) afirmam que há uma grande variabilidade de comportamento entre as espécies nativas. De fato, mesmo entre as chamadas pioneiras,

pode-se observar que há grandes diferenças entre as espécies no tocante à taxa de acumulação de nutrientes na parte aérea e à decomposição foliar. Por exemplo, a *Trema micrantha* acumula, na parte aérea, 5 vezes mais Ca do que *Croton urucurana* (Gonçalves et al., 2000), mas sua decomposição foliar é menos intensa do que a de *Tecoma stans* e de *Baccharis dracunculifolia*, podendo ser comparada à decomposição de espécies secundárias (Galvão et al., 1991). Montagnini et al. (1994), estudando as características do solo, o acúmulo de nutrientes nas folhas e na serapilheira de 20 espécies nativas, floresta primária e secundária e plantios puros e mistos, na Estação Ecológica Pau Brasil (Porto Seguro, Ba), observaram que algumas espécies têm, nas folhas, alta concentração de alguns dos nutrientes estudados. Por exemplo, *Parapiptadenia pterosperma* apresenta alta concentração de N e P, *Centrolobium robustum* tem alto P e K, *Dimorphandra jorgei* tem alto N e P, entre outros. No entanto, afirmam também que esta alta concentração de nutrientes nas folhas nem sempre indica o mesmo efeito no solo, o que está relacionado com a decomposição foliar e com a época de amostragem. Esses autores concluem que o plantio de várias espécies pode oferecer vantagens ecológicas em relação aos plantios puros, pois os nutrientes reciclados em altas taxas por uma espécie favorece a demanda nutricional de outras e vice-versa.

O tipo de manejo também é um fator determinante na quantidade de matéria seca e de nutrientes aportados ao sistema. Por exemplo, Szott et al. (1991), comparando sistemas agroflorestais de café com *Erythrina sp.*, indicam que, quando a leguminosa arbórea é podada, há um acréscimo no solo de matéria seca (2,6 vezes), de N (2,6 vezes), de P (3,2 vezes), de K (3,5 vezes), de Ca (2 vezes), de Mg (2,3 vezes), devido à deposição do material podado.

Como alternativa à recuperação de matas ciliares, não foram encontrados estudos envolvendo sistemas agroflorestais. Pode-se supor que algumas características sejam favoráveis ao crescimento das árvores nativas, como adição de N ao sistema pelo uso e manejo de espécies leguminosas, melhor cobertura do solo e redução do processo erosivo, redução de extremos na temperatura e umidade, entre outros (Young, 1989; MacDicken & Vergara, 1990). A proposta de implantação de sistemas agrícolas

biodiversos, de menor impacto ambiental, quando comparados com os sistemas tradicionais, tem sido muito discutida recentemente na redefinição de áreas de preservação permanente. O uso de sistemas agroflorestais já é cogitado como uma estratégia de implantação e/ou manutenção da restauração ecológica de formações ciliares, com conseqüente redução dos custos da manutenção da recuperação. No entanto, é necessário avaliar o contexto social, econômico e ambiental em que se situa a área a ser recuperada. Os sistemas agroflorestais com espécies produtivas de ciclo mais longo, implicando em muitos anos de manejo e uso agrícola da área de proteção permanente, só se justifica em pequenas propriedades como mão-de-obra familiar onde a renda é insuficiente para arcar com a recuperação ou a extensão da área agrícola não é suficiente para a sustentação econômica da família. Os grandes proprietários e empresas rurais devem utilizar SAFs apenas como estratégia de recuperação, com o objetivo de reduzir o custo da manutenção (Rodrigues & Gandolfi, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O experimento foi implantado na Fazenda Pitanga de Baixo, de propriedade da Usina Costa Pinto, no município de Piracicaba ($23^{\circ} 30' S$ e $47^{\circ} 40' W$). Situa-se às margens do Rio Corumbataí, na sub-bacia do Rio Piracicaba, inserida na depressão periférica do Estado de São Paulo (Figuras 5 e 6). O relevo é suave ondulado, altitude aproximada de 580 m, com grande diversidade de tipos de solo e clima com estação seca pronunciada, do tipo Cwa, pelo sistema de Köppen (São Paulo, 1994). A pluviosidade média anual dos últimos 18 anos foi de 1257,0 mm, sendo que, em 1997, choveram 1395 mm.

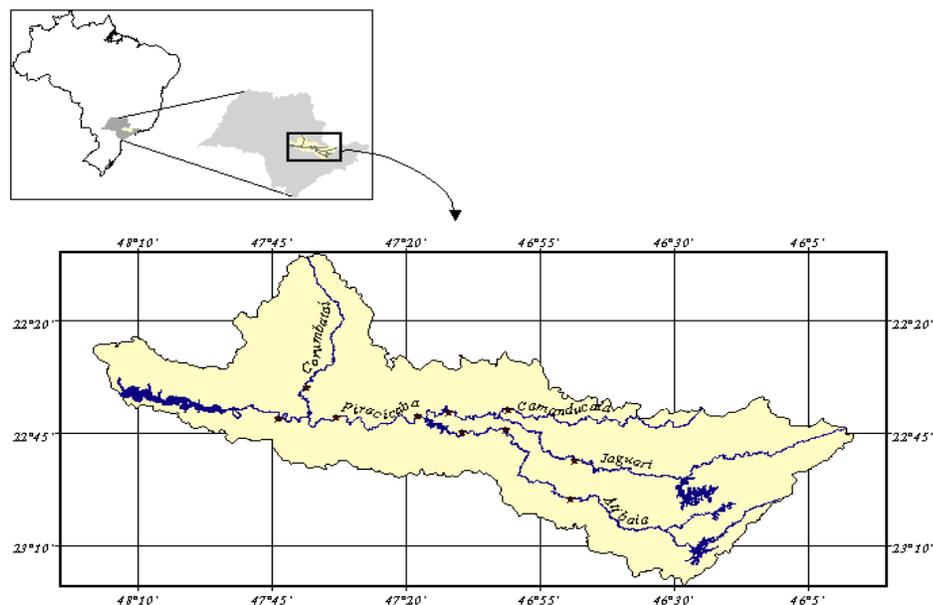


Figura 5 - Localização do Estado de São Paulo, bacia do Rio Piracicaba e do Rio Corumbataí. (fonte: Projeto Piracena. www.cena.usp.br/piracena)

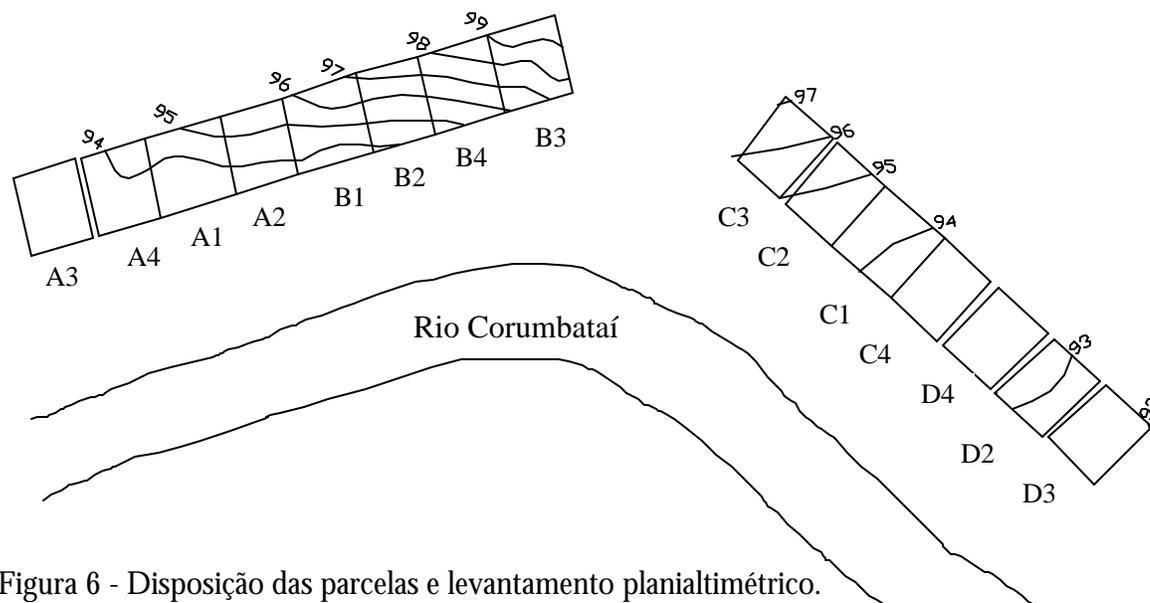


Figura 6 - Disposição das parcelas e levantamento planialtimétrico.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi delineado para a comparação de dois sistemas agroflorestais, um sistema florestal e uma testemunha na recuperação da mata ciliar do Rio Corumbataí, em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 4 repetições. O Sistema Florestal tem como base o modelo sucessional em linhas (Figura 7), utilizado pela CESP no entorno dos reservatórios hidrelétricos, o qual separa as espécies arbóreas nativas em grupos sucessionais, dispondo-as em linhas alternadas, de forma que as espécies mais iniciais da sucessão dão sombreamento às espécies dos estágios mais finais da sucessão (Kageyama e Gandara, 2000).

P	P	P	P	P
NP	NP	NP	NP	NP
P	P	P	P	P
NP	NP	NP	NP	NP

Figura 7 - Disposição das árvores nativas nas parcelas, onde P = pioneiras e NP = não pioneiras.

A relação dos tratamentos é apresentada a seguir:

Tratamento 1: testemunha - não foi plantada qualquer espécie.

Tratamento 2: Sistema Florestal - apenas as arbóreas nativas foram plantadas.

Tratamento 3: Sistema Agroflorestal simples (SAF simples) - além das nativas, foram plantadas duas espécies de leguminosas, o guandu (*Cajanus cajan*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), a uma densidade de 64kg/ha e 380kg/ha, respectivamente (Figura 8).

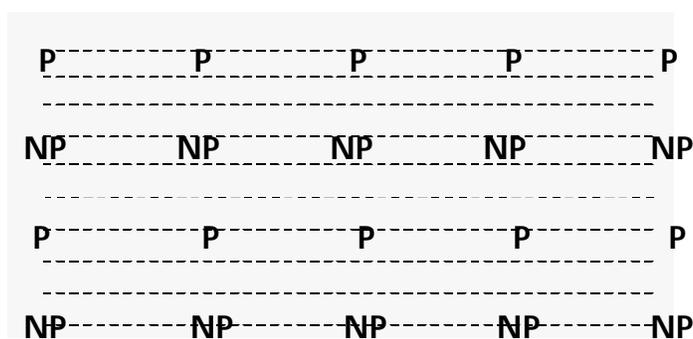


Figura 8 - Desenho do SAF simples, com a mesma disposição das arbóreas do Sistema Florestal, porém com feijão-de-porco (. . .) e guandu (-----).

Tratamento 4: Sistema Agroflorestal complexo (SAF complexo) - incorpora, além das leguminosas, 11 espécies de frutíferas ou adubadeiras (espécies arbóreas que podem ser podadas para gerar biomassa no sistema) e capim napier (*Penisetum purpureum*), plantado entre as fileiras de árvores, com espaçamento de 1 m. As frutíferas e as adubadeiras se inserem entre as nativas, o que confere um espaçamento entre árvores de 1 x 1,5 m (Figura 9). Apenas o mamão não foi plantado por falta de número suficiente de mudas

As espécies nativas (Tabela 1) e a disposição destas nas parcelas são as mesmas para os três tratamentos que incluem o plantio. O espaçamento entre as árvores é de 3 x 2 m, ficando a maior distância entre árvores do mesmo grupo sucessional e a menor distância entre linhas de grupos diferentes. Cada parcela tem 180 indivíduos, o que perfaz uma área de 1080 m², sendo que os indivíduos das bordaduras não foram

considerados na análise dos dados, contando-se, para efeito de mensuração, com 128 indivíduos em cada parcela. As espécies arbóreas utilizadas e a disposição nas parcelas deram-se como se segue na Figura 10

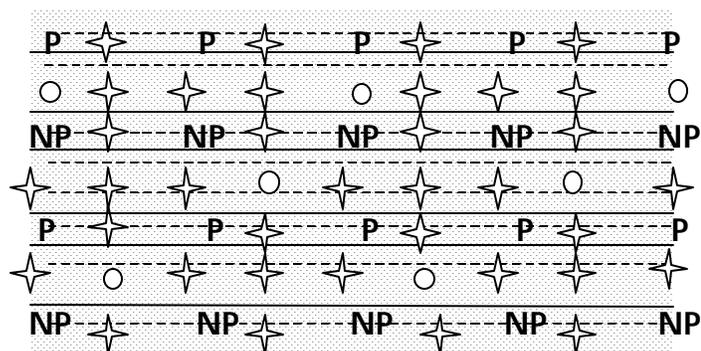


Figura 9 - Desenho do SAF complexo, com a mesma disposição das espécies arbóreas nativas do Sistema Florestal, acrescido do feijão-de-porco (. . .), guandu e girassol(-----), capim napier (——) e frutíferas (☆). O mamão (○) não foi plantado.

Tabela 1. Espécies de árvores nativas, pioneiras e não-pioneiras utilizadas no experimento.

Nome vulgar	Nome científico	Família
Pioneiras		
Mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae
Trema	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blum.	Ulmaceae
Sangra d' água	<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae
Pau Viola	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae
Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Cecropiaceae
Não Pioneiras		
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae
Canafístula	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Canelinha	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Lauraceae
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Leguminosae-Mimosoideae
Cordia	<i>Cordia superba</i> Cham.	Boraginaceae

Entre as não pioneiras não há espécies típicas da floresta madura por falta de disponibilidade de mudas na época da implantação do experimento, estando todas elas dentro da classificação de secundárias iniciais.

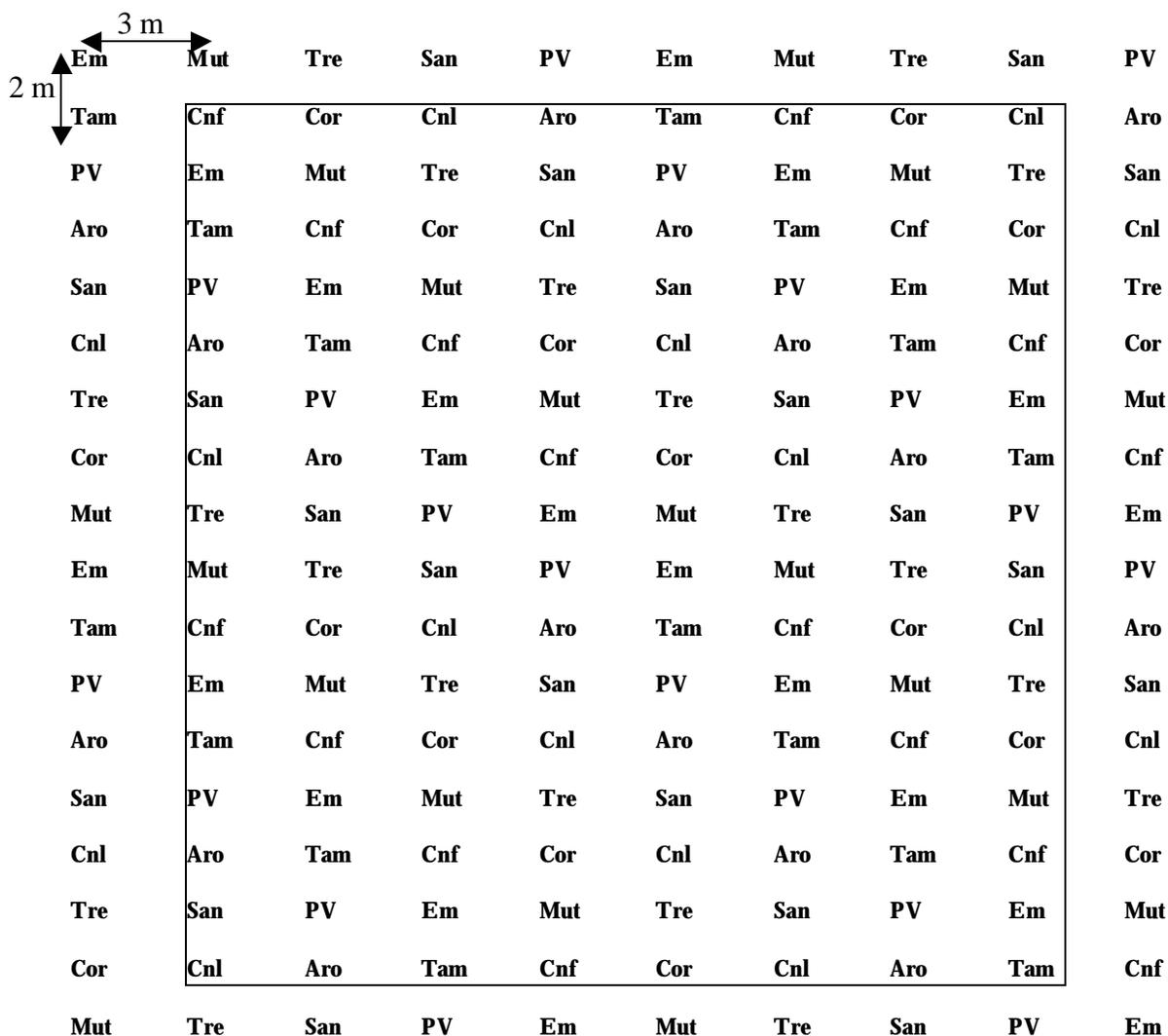


Figura 10 - Disposição das espécies arbóreas nativas nas parcelas, com espaçamento de 3 x 2 m. Mut=mutambo, Em=embauba, Tam=tamboril, PV=pau viola, Aro=aroeira, San=sangra d'água, Cnl=canelinha, Tre=trema, Cor=cordia, Cnf=canafistula. O quadrado delimita os indivíduos mensurados (internos) e os da bordadura (externos).

No tratamento 3 (SAF simples), a disposição das arbóreas nativas é a mesma do Sistema Florestal, incluindo-se guandu e feijão-de-porco, como mostra a figura 8.

No tratamento 4 (SAF complexo), o girassol foi plantado juntamente com o guandu, em novembro de 1998 e também em novembro de 1999. As espécies frutíferas e as adubadeiras incluídas estão na Tabela 2 e a disposição na parcela é apresentada na Figura 11.

Tabela 2. Árvores frutíferas utilizadas no SAF complexo.

Nome vulgar	Nome científico	Família
Cereja do Rio Grande	<i>Myrcianthes edulis</i> Berg.	Myrtaceae
Jamelão	<i>Syzygium jambolana</i> DC.	Myrtaceae
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae
Uva japonesa	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Rhamnaceae
Uvaia	<i>Eugenia piriformis</i> Camb.	Myrtaceae
Ingá Vera.	<i>Inga vera</i> Willd.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingá Jibóia,	<i>Inga sp</i>	Leguminosae-Mimosoideae
Banana	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae
Urucum	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae
Amora	<i>Morus alba</i> L.	Moraceae

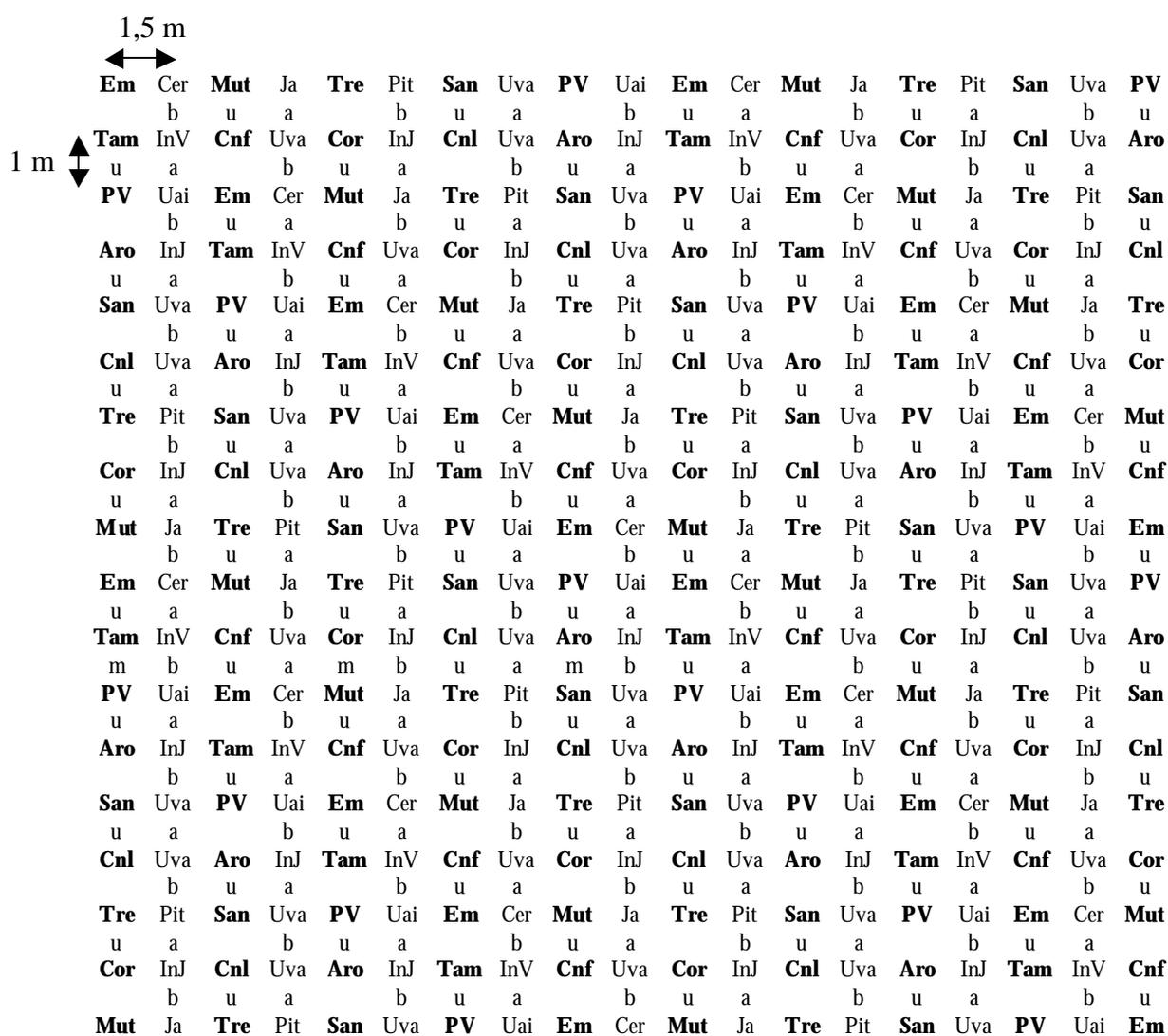


Figura 11 - Disposição das arbóreas nativas e das frutíferas no Tratamento 4, SAF Complexo. Cer = Cereja do Rio Grande, Ja = Jamelão, Pit = Pitanga, Uva = Uva japonesa, Uai = Uvaia, InV = Ingá Vera, InJ = Ingá Jibóia., b = Banana, u = Urucum, a = Amora.

Os blocos do experimento situam-se dispostos ao longo do rio, sequenciados em linha. A disposição das parcelas em cada bloco é apresentada na Figura 12.

A3	A4	A1	A2	B1	B2	B4	B3
C2	C3	C1	C4	D4	D2	D3	D1

Figura 12 - Disposição dos tratamentos (1, 2, 3 e 4) e blocos (A, B, C e D) do experimento. Tratamento 1 = Testemunha; Tratamento 2 = Sistema Florestal; Tratamento 3 = SAF simples; Tratamento 4 = SAF complexo.

3.3 Implantação e Manejo

3.3.1 Plantio

A área, dominada inicialmente por capim braquiária (*Brachiaria* sp.) e capim colônio (*Panicum maximum*) (Figura 13), foi gradeada apenas uma vez e o plantio se iniciou 15 dias após esse preparo do solo, em 20/11/1998. As covas para as arbóreas nativas foram abertas com trator e as covas para as frutíferas do SAF complexo foram abertas manualmente, com enxadão e cavadeira “boca-de-lobo”.

O plantio do feijão-de-porco (20 x 20 cm) e do guandu caqui (30 x 50 cm), nos tratamentos 3 e 4 (SAF simples e SAF complexo), foi feito com matraca (plantadeira manual) e com “chucho” (madeira com a qual se fura a terra), de acordo com a disponibilidade de mão-de-obra. A parcela D3 sofreu inundação com as fortes chuvas de janeiro de 99, o que acarretou na perda do plantio das leguminosas. O plantio do feijão-de-porco e do guandu em C3 e o replantio em D3 foram feitos a lanço, incorporando-se as sementes com a grade (retirando-se dois discos externos, para entrar nos 3 m entre fileiras de árvores) nas ruas e com enxada nas linhas das árvores. Em cada uma dessas duas parcelas, foram lançados 7 kg de sementes de guandu anão e 100 kg de feijão-de-porco de refugo. A diferença das sementes utilizadas nas outras parcelas foi inevitável pela falta das primeiras no mercado e pela perda com a inundação. Essas diferenças ocorridas no plantio do SAF simples dos dois primeiros e dos dois últimos blocos não

foram consideradas prejudiciais à análise do crescimento entre os tratamentos, já que o delineamento experimental foi feito em blocos ao acaso. No entanto, na análise da demanda de mão-de-obra, o tratamento SAF simples foi dividido em SAF simples manual e SAF simples mecanizado.

As mudas de capim napier foram retiradas do Campus da ESALQ e plantadas como estacas nas parcelas do Tratamento 4, SAF complexo, em linhas paralelas às das árvores, como mostra o croqui da Figura 9, com espaçamento de 1 m entre filas e 20 cm entre estacas.

As estacas de amora foram retiradas de árvores da própria Costa Pinto e plantadas diretamente no solo. As bananeiras foram plantadas apenas em rizo mas, sem a parte aérea, em covas de cerca de 50 x 50 x 30 cm.

3.3.2 Manejo

Tratamento 1 – Testemunha – Não foi realizado qualquer manejo nessas parcelas.

Tratamento 2 – Sistema Florestal – O manejo consistiu no coroamento, ou seja, na capina em volta das árvores, deixando o solo exposto. Nas ruas, o corte do capim foi feito com uma roçadeira, movida por um trator agrícola de pequeno porte (Figura 14).

Tratamento 3 – SAF simples – As leguminosas foram podadas depois da produção de sementes (9 meses após o plantio). Na rua, o trator passou com a roçadeira e, na linha das árvores, as leguminosas foram roçadas com enxada e a biomassa foi acumulada em torno das árvores, sem deixar o solo exposto (Figura 15)

Tratamento 4 – SAF complexo – Quatro meses após o término da implantação (junho/99), fez-se o primeiro manejo, que coincidiu propositadamente com a colheita do feijão-de-porco. A braquiária e as plantas espontâneas que estavam em floração ou senescência foram cortadas com facão e mantidas sobre o solo. O capim napier também foi podado rente ao chão, picado e posto como cobertura do solo. O feijão-de-porco foi colhido e podado com facão, a biomassa foi deixada sobre o solo e as vagens retiradas para serem secas. A deposição da biomassa foi feita privilegiando-se as áreas em volta das árvores, mas normalmente, cobrindo o solo todo (Figura 16). Em agosto de 1999, o

guandu foi colhido. O segundo manejo foi feito em outubro, no qual a braquiária e as outras plantas espontâneas foram carpidas, o feijão-de-porco foi semeado a lanço, o napier foi cortado rente ao solo e o guandu foi podado a uma altura de aproximadamente 40 cm. Toda a massa verde podada foi depositada sobre o solo. Nesse momento, também foi plantado novamente girassol, na fila do guandu. Em fevereiro de 2000, cerca de três meses mais tarde, foi feito novo manejo, somente para capina da braquiária, poda do feijão-de-porco, do napier e do guandu, sempre acumulando a massa verde perto das árvores, porém, sem deixar o solo descoberto.

3.4 Coleta e análise dos dados

3.4.1 Altura e área basal

Foram feitas duas medidas da altura e do diâmetro à altura do colo das árvores nativas, em maio de 1999 e em maio de 2000. A altura foi medida com duas fitas métricas coladas em uma baliza de topografia e o diâmetro com um paquímetro de metal. Em cada parcela, foram calculadas as alturas médias e a área basal na altura do colo, por espécie. Foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para esses dados. A análise de cada espécie foi feita com a aplicação do teste de médias.

A ocorrência das plantas espontâneas foi mapeada com a divisão das parcelas em retângulos de 6 x 4 m, com barbantes, formando 32 grids em cada parcela, nos quais foi registrada a presença de braquiária (*Brachiaria* sp) e/ou de colonião (*Panicum maximum*), em maio de 1999. Com base nesse levantamento, foram aferidas as porcentagens de colonião e de braquiária em cada parcela, aplicando-se então a correlação de Spearman para avaliar o grau de ligação entre a presença de cada espécie espontânea e o crescimento das árvores. Foi feito um diário de campo com registro da especificação das atividades, parcela e a quantidade de mão-de-obra necessária para realização das tarefas.

Figura 13 - Aspecto da área, dominada por capim braquiária (*Brachiaria* sp) e capim colonião (*Panicum maximum*).

Figura 14 - Manejo aplicado ao Sistema Florestal. Detalhe do coroamento das árvores, deixando o solo exposto.

Figura 15 - Manejo aplicado ao SAF simples. Detalhe da cobertura do solo em torno das árvores com biomassa gerada no sistema.

Figura 16 - Aspecto do SAF complexo após o manejo. Detalhe da cobertura do solo com biomassa gerada no sistema.

SAF simples

Sistema florestal

Figura 17 - Diferença no crescimento e coloração das árvores do SAF simples e do Sistema Florestal, 5 meses após o manejo no SAF simples.

3.4.2 Levantamento planialtimétrico

O levantamento planialtimétrico das parcelas foi realizado pelos topógrafos da Usina Costa Pinto, com teodolito e altímetro. Os dados foram processados para interpolação das curvas de nível das parcelas.

3.4.3 Solos

Foram retiradas duas amostras de solos para análise de carbono da biomassa microbiana e de liberação de dióxido de carbono (CO₂): uma em abril de 1999 (dois meses após o fim do plantio) e outra em março de 2000 (treze meses após o fim do plantio). A análise de fertilidade foi feita apenas na última amostragem. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Ecologia Aplicada, do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Em cada parcela, foi retirada uma amostra composta em duas profundidades, de 0 – 5 cm (compostas de 30 amostras simples) e de 5 – 20 cm (10 amostras simples). As amostras foram mantidas em geladeira até a realização das análises.

3.4.3.1 Liberação de CO₂

Para avaliação da respiração do solo foi medido o CO₂ emanado de amostras de solo incubadas (Jenkinson & Powlson, 1976). Foram utilizadas 40g de terra úmida por amostra, próximo à capacidade de campo, sendo incubada inicialmente por 2 dias a 28°C em vasilha hermeticamente fechada de 2 litros, juntamente com um bequer contendo 10ml de NaOH 0,5N. A respiração foi medida por titulação do NaOH residual com HCl a 0,5N. Antes, acrescentou-se BaCl₂ para precipitar o CO₂ liberado e captado pelo NaOH. A fenolftaleína foi usada como indicador. A partir do volume de ácido usado para a titulação estimou-se a quantidade de CO₂ que o NaOH captou. As amostras foram incubadas por vinte e sete semanas, em 1999, e por quinze semanas em 2000, quantificando-se o CO₂ liberado aos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 105, 140, 183 dias após o início da incubação, em 1999, e aos 2, 4, 7, 14, 21, 35, 42, 49, 56, 63, 77, 105 dias, em 2000.

3.4.3.2 Biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana (C_{micro}) foi determinado pelo método da fumigação-extração (Vance *et al.*, 1987). Foram utilizadas duas sub-amostras com 10g de massa seca: uma submetida à fumigação e a outra não (teste munha). Para a fumigação as sub-amostras foram colocadas em um dissecador forrado com papel toalha úmido, ao lado de um becker contendo 25ml de clorofórmio purificado (sem etanol) e algumas bolas de vidro. O dissecador foi evacuado até o clorofórmio borbulhar por dois minutos. Após vinte e quatro horas, o becker com clorofórmio foi removido e o resíduo retirado por evacuações repetidas. Para a extração do carbono orgânico (C_{orga}) das sub-amostras fumigadas e testemunhas, as sub-amostras foram transferidas para frascos de 80ml, onde foram adicionados 40ml de K_2SO_4 $0,5\text{mol L}^{-1}$. Os frascos foram agitados por 30 minutos e a suspensão resultante filtrada. O C_{orga} do extrato foi determinado pela digestão de 10ml do extrato filtrado com 1ml de $K_2Cr_2O_7$ $66,7\text{mmol L}^{-1}$ e uma mistura de 5ml de H_2SO_4 mais 5ml de H_3PO_4 concentrados. A mistura foi levada a banho-maria por uma hora e, após resfriada, acrescentou-se 10ml de H_2O deionizada. O excesso de dicromato foi determinado por titulação com sulfato ferroso de amônio ($33,3\text{mmol}$ em H_2SO_4 $0,4\text{mol L}^{-1}$), usando-se difenil amina sulfonato de bário como indicador. O dicromato consumido foi dado pela diferença entre uma digestão em branco de 10ml de extrator (K_2SO_4 $0,5\text{mol L}^{-1}$) menos aquela que sobrou na digestão do extrato de solo. O carbono extraível foi calculado assumindo que um ml de $K_2Cr_2O_7$ $66,7\text{mmol}$ é equivalente a $1200\mu\text{g}$ de C. O C_{micro} de cada amostra foi obtido, multiplicando o valor da diferença entre o carbono orgânico extraível da sub-amostra fumigada menos o da não fumigada (testemunha), pelo fator K (2,64) de correção.

3.4.3.3 Fertilidade

Foram determinados, em duas profundidades (0 – 5 cm e 5 – 20 cm), os teores de P, de matéria orgânica, pH em $CaCl_2$, de K, Ca, Mg, H + Al, Al, Soma de Bases, Capacidade de Troca Catiônica, Saturação de Bases, segundo métodos descritos por Raij *et al.* (2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação dos sistemas de recuperação florestal

Aos 9 meses após o plantio, o acompanhamento do aspecto visual das árvores já demonstrava o efeito do manejo agroflorestal, principalmente o tratamento SAF simples, mais tarde resumido pelos resultados de crescimento em altura e área das árvores. Até o segundo manejo (10/99, o primeiro nos SAF simples), as árvores das parcelas tratadas pelo Sistema Florestal (tratamento 2) pareciam maiores que as dos outros tratamentos. No entanto, logo após o manejo, já se podia observar visualmente a diferença na coloração das folhas das árvores, provavelmente devido à maior disponibilidade de N nas parcelas onde as leguminosas foram plantadas. O feijão-de-porco é capaz de fixar 57 a 190 kg/ha de N e o guandu, 41 a 90 kg/ha (Costa, 1993). Três meses após o manejo, o maior crescimento das árvores dos SAFs, principalmente do simples, já se fazia notório (Figura 17 Foto). A segunda medida das árvores foi feita sete meses após a poda das leguminosas.

4.1.1 Altura

A rapidez do crescimento das árvores em altura é uma característica importante para diminuir o tempo necessário de manutenção do sistema de recuperação, supondo-se que esse dado reflita o desenvolvimento das árvores, em geral.

Tomando-se a média da altura de todas as espécies para cada tratamento (Tabela 3), o SAF simples apresentou o melhor resultado no crescimento das árvores, contrastando com o Florestal. O SAF complexo apresentou resultados intermediários.

Tabela 3. Média (\pm erro padrão) das alturas de todas as árvores, em cada tratamento, 15 meses após o plantio, e percentual de diferença em relação ao sistema florestal ($\Delta\%$). Números seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Tratamento	Altura (m)	D%
SAF simples	1,57 ^a \pm 1,02	+ 36%
SAF complexo	1,27 ^{ab} \pm 0,89	+10%
Florestal	1,15 ^b \pm 2,02	-

No entanto, analisando-se as médias de cada espécie separadamente, observa-se que este padrão não se repetiu em todas elas, ainda que o SAF simples tenha tido resultado, no mínimo, igual ao dos outros tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Médias (\pm erro padrão) das alturas das espécies em cada tratamento (m) 15 meses após o plantio. Tratamentos com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	SAF simples	SAF complexo	Florestal
Aroeira	1,70 ^a \pm 0,14	1,65 ^{ab} \pm 0,18	1,12 ^b \pm 0,25
Canafístula	1,58 ^a \pm 0,14	1,07 ^b \pm 0,07	0,96 ^b \pm 0,15
Canelinha	1,10 ^a \pm 0,12	0,88 ^{ab} \pm 0,10	0,67 ^b \pm 0,09
Cordia	1,40 ^a \pm 0,07	0,99 ^{ab} \pm 0,10	0,93 ^b \pm 0,19
Tamboril	2,05 ^a \pm 0,08	2,10 ^a \pm 0,02	2,13 ^a \pm 0,09
Embaúba	1,47 ^a \pm 0,18	0,94 ^a \pm 0,09	0,93 ^a \pm 0,27
Mutambo	1,44 ^a \pm 0,16	0,95 ^a \pm 0,22	0,93 ^a \pm 0,33
PauViola	1,49 ^a \pm 0,13	1,23 ^a \pm 0,17	0,99 ^a \pm 0,26
Sangra	2,20 ^a \pm 0,11	2,19 ^a \pm 0,14	1,74 ^a \pm 0,32
Trema	1,23 ^a \pm 0,42	0,67 ^a \pm 0,36	1,08 ^a \pm 0,31

Ainda na Tabela 4, observa-se que as espécies de crescimento mais rápido tendem a não apresentar diferenças entre os tratamentos. Agrupando-se as pioneiras separadamente das não-pioneiras e comparando-se as médias dos tratamentos (Tabela 5), pode-se, a princípio, estranhar que as maiores médias ocorram para as não-pioneiras. Isso se deve à altura inicial das mudas, pois trema, mutambo e embaúba foram plantadas de tubete, com cerca de 30 cm, ao passo que todas as não-pioneiras eram mudas plantadas em sacos de polietileno. De qualquer forma, a análise é feita entre tratamentos e não entre pioneiras e não-pioneiras. Observa-se que as espécies pioneiras não apresentaram diferença entre os sistemas de recuperação, ao passo que as não-pioneiras cresceram melhor no SAF simples.

Tabela 5. Médias (\pm erro padrão) das alturas das espécies agrupadas segundo a sucessão, em cada tratamento (m) 15 meses após o plantio. Tratamentos com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	SAF simples	SAF complexo	Florestal
Pioneiras	1,57 ^a \pm 0,13	1,20 ^a \pm 0,11	1,13 ^a \pm 0,29
Não Pioneiras	1,57 ^a \pm 0,07	1,34 ^{ab} \pm 0,07	1,16 ^b \pm 0,12

Esse fato poderia ser interpretado com base na competição entre plantas. De acordo com essa abordagem, as pioneiras, com seu crescimento mais rápido, apresentam maior demanda por água e nutrientes (Gonçalves et al., 2000), podendo-se supor que sejam mais afetadas pela competição. No entanto, não foi essa a observação no campo, pois tanto as pioneiras, como as não-pioneiras, apresentaram melhor aspecto no SAF simples, ficando mais verdes e viçosas. Além disso, mesmo não havendo diferença estatística, a tendência das médias das pioneiras foi semelhante ao comportamento demonstrado estatisticamente pelas não-pioneiras.

O outro ponto de vista em que pode-se apoiar para compreender os dados é a teoria sobre sucessão natural de espécies desenvolvida por Götsch (Götsch, 1995; Milz, 1997; Peneireiro, 1999). O grupo de espécies apresentado como pioneiras é composto de árvores mais rústicas e capazes de vicejar em ambientes mais extremos. Por isso, apresentaram maior vigor, possivelmente refletindo as melhores condições do SAF simples, embora não tenham apresentado resultados estatisticamente detectáveis quanto ao crescimento. As espécies não-pioneiras, que são mais dependentes de ambientes mais biodiversos e ricos em organismos vivos, por sua vez, apresentaram melhor crescimento no SAF simples. Essa função de melhoria do ambiente foi realizada com bastante desenvoltura pelas leguminosas incluídas no SAF simples, substituindo a braquiária, ainda que temporariamente, e oferecendo condições mais propícias ao crescimento das não-pioneiras.

Essa interpretação também sugere que apenas as espécies arbóreas classificadas nesse trabalho como pioneiras não sejam suficientes para a criação do ambiente requerido pelas espécies mais exigentes. De fato, plantas pioneiras são mais rústicas e têm ciclos de vida mais curtos, função cumprida por espécies herbáceas e arbustivas. Portanto, espécies com esses hábitos de crescimento devem estar sempre incluídas na

teoria sobre sucessão natural que orienta as estratégias de recuperação. Até que ponto a separação entre as arbóreas e as herbáceas não reflete uma visão parcial e compartimentalizada do ambiente natural, comum no campo científico e acadêmico devido à influência da abordagem reducionista (Santos & Camargo, 1999)? Não teriam as espécies herbáceas incluídas no SAF simples cumprido a função de pioneiras e, por isso, oferecido melhores condições para o crescimento de todas as espécies, ainda que as mais rústicas não necessitem tanto desses cuidados? Isso leva a crer que a recuperação do ambiente apenas com espécies arbóreas seja uma estratégia parcial. A não inclusão de espécies herbáceas e arbustivas cede lugar, recursos e energia solar às espécies herbáceas espontâneas, chamadas de invasoras ou plantas daninhas, que aparecem como grandes vilãs da recuperação e causadoras dos grandes custos financeiros da atividade. O tradicional combate às espécies ditas “daninhas” é uma tarefa árdua de estagnação da sucessão natural que busca retirar do ecossistema plantas pioneiras, ou as que ocupam esse lugar, porém, sem substituí-las por outras plantas. Ocorre que o nicho fica vazio, que acaba por ser ocupado novamente, normalmente por espécies “daninhas” ainda mais rústicas que as primeiras. Isso ocorre porque o ambiente retrocedeu em quantidade e qualidade de vida e esse processo pode não beneficiar algumas espécies arbóreas, principalmente as mais exigentes em ambientes mais biodiversos, pois caracteriza-se por um retrocesso na sucessão (Peneireiro, 1999).

Por outro lado, é preciso observar que a diversidade de nativas empregadas (10 espécies), considerada baixa para um projeto de recuperação, representa um limite do método aplicado no experimento. A elevada riqueza florística das formações ciliares é apontada em diversos trabalhos (Oliveira Filho et al., 1990; Felfili & Silva Júnior, 1992; Silva Júnior et al., 1998, citados por Rodrigues & Nave, 2000) e, certamente, se deve, em grande parte, à heterogeneidade ambiental dessas áreas. O número mínimo de espécies a ser empregado nos projetos de recuperação ainda não é consensual, mas se aceita que quanto maior o grau de fragmentação das formações naturais da região, maior deve ser o número de espécies usadas. É possível que a baixa diversidade de nativas utilizadas no experimento tenha potencializado a lacuna de nicho ocupada pelas leguminosas herbáceas do SAF simples.

Algumas espécies heliófitas de ecossistemas mais secos, apesar de não serem pioneiras em seus ambientes naturais, entram nos ecossistemas mais úmidos ocupando o nicho de pioneiras. Esse é o caso das gramíneas africanas, que fazem parte da vegetação considerada “clímax”, nas savanas e estepes, mas que, por serem heliófitas, são consideradas aqui como pioneiras. Não o são, principalmente por não terem o característico ciclo curto para a pronta absorção dos nutrientes que são rapidamente disponibilizados pelo final do ciclo das transicionais do consórcio anterior. Pelo contrário, tendem a permanecer no sistema e apresentam estratégias evidentes de propagação e de sobrevivência aos ciclos sazonais tão marcantes em seus ecossistemas de origem, como presença de estolões e rebrota após o pastoreio, o que lhes confere grande rusticidade e capacidade de permanência no ambiente muito além dos ciclos rápidos e explosivos das verdadeiras pioneiras. Essas características as tornam aptas a ocupar o nicho de diversas espécies de pioneiras e mesmo secundárias nos trópicos úmidos, sendo dominadas apenas quando o porte das suas sucessoras as ultrapassa, ou seja, quando as espécies arbustivas e arbóreas tão rústicas quanto as próprias gramíneas conseguem dominar completamente o estrato superior. Nesse estágio da sucessão, o ambiente está deixando de apresentar as condições mais extremas e semelhantes ao ecossistema mais árido das savanas, passando à conformação dos trópicos mais úmidos, com vegetação de maior porte, maior densidade e maior diversidade. Ao ultrapassar esse estágio, mais visivelmente caracterizado pela menor intensidade de luz no nível do solo, as gramíneas tendem a sucumbir e ceder o lugar para as espécies nativas do local que, seguindo a sucessão natural, serão espécies cada vez mais dependentes de um ambiente biodiversificado e rico em vida. No entanto, essa passagem não é feita sem a tensão que se instala no ambiente, na qual as gramíneas resistem ao domínio das espécies arbustivas e arbóreas.

No sistema agroflorestal complexo, o objetivo do manejo é evitar essa tensão com a poda das gramíneas em determinada fase do seu ciclo, de forma a torná-las semelhantes a pioneiras que fenecem rapidamente, ciclando os nutrientes e a matéria orgânica. Rebrotando, voltam a ocupar uma outra função, porém já mais à frente na sucessão do agroecossistema, pois o seu ciclo, mais longo do que o de uma pioneira

propriamente dita, assim o permite. No entanto, o momento certo da poda, tanto em relação ao ciclo da própria gramínea quanto à sazonalidade do clima e ao manejo do sistema como um todo, é crucial para o funcionamento harmônico do sistema e deve ser melhor estudado. De acordo com a lógica do manejo, a gramínea deve ser podada no auge de sua biomassa, o que antecede à floração (Passos et al., 1999; Pearson & Ison, 1997), para que seja otimizada a ciclagem dos nutrientes e a função da planta na complexificação e melhoria do ambiente do sistema. Da mesma forma, a segunda poda, antes da estação seca, deve estar sincronizada com o manejo do sistema todo, ou seja, feita juntamente com a colheita de algum produto, e numa época em que ainda haja condições climáticas e tempo hábil para que a gramínea cresça e gere biomassa para ser novamente podada na estação das águas. Caso a segunda poda seja feita um pouco mais tarde, pode não haver chuva ou temperatura suficiente para o crescimento da gramínea, o que diminuirá a oferta de matéria orgânica na ocasião do manejo das chuvas. Caso a segunda poda seja feita com muita antecedência, a gramínea entrará em fase de floração muito antes das chuvas, diminuindo a matéria orgânica a ser gerada para o próximo plantio e criando uma tensão no sistema.

O manejo do SAF complexo requer habilidade de administração, conhecimento pormenorizado das espécies e sincronia com o ambiente e com o estágio fisiológico das plantas, o que deve ser alvo de estudos posteriores. No entanto, tal complexidade e a necessidade de aprofundar os conhecimentos sobre o manejo limitam a obtenção dos resultados em potencial do sistema. Possivelmente, essa é uma das razões das médias do SAF complexo apresentarem-se como intermediárias entre o SAF Simples e o Sistema Florestal.

4.1.2 Diâmetro à altura do colo

A média dos diâmetros de todas as árvores de cada tratamento revelou que houve maior crescimento no SAF simples que no SAF complexo, mas ambos não diferiram do Sistema Florestal, que apresentou crescimento intermediário entre os dois SAFs, como mostra a tabela 6.

Tabela 6. Média (\pm erro padrão) dos diâmetros à altura do colo de todas as espécies, em cada tratamento, 15 meses após o plantio (Tukey, $\alpha = 0,05$) e percentual de diferença em relação ao SAF complexo ($\Delta\%$).

Tratamento	Diâmetro (cm)	D%
SAF simples	3,77 ^a \pm 0,27	+ 51%
Florestal	2,96 ^{ab} \pm 0,61	+ 10%
SAF complexo	2,55 ^b \pm 0,24	-

Analisando-se cada espécie separadamente, notam-se diferenças na resposta aos tratamentos. Observa-se que o SAF simples apresenta a melhor média entre os tratamentos, ainda que para algumas espécies a diferença não seja significativa (Tabela 7). Agrupando-se as espécies de acordo com a sucessão, tanto as pioneiras como as não pioneiras apresentam a melhor média no SAF simples (Tabela 8).

Novamente, os resultados podem induzir inicialmente a uma interpretação baseada na competição. Os menores diâmetros das árvores nativas ocorreram no SAF complexo, onde também foram plantadas diversas árvores frutíferas, leguminosas herbáceas e arbustivas, capim napier, enfim, no sistema em que a densidade de plantas é algumas vezes maior que nos outros, o que poderia gerar competição por água e nutrientes entre as plantas. No entanto, é preciso observar que os maiores diâmetros ocorreram no SAF simples, onde as leguminosas foram plantadas e a densidade de plantas é bem maior que no sistema florestal, o que indica que apenas os fatores densidade de plantas e competição não explicam bem o resultado.

Tabela 7. Média (\pm erro padrão) dos diâmetros à altura do colo das espécies (cm), em cada tratamento, 15 meses após o plantio. Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	SAF simples	Florestal	SAF complexo
Aroeira	3,66 ^a \pm 0,33	2,97 ^a \pm 0,87	2,88 ^a \pm 0,54
Canafístula	4,25 ^a \pm 0,23	2,84 ^b \pm 0,58	2,64 ^b \pm 0,33
Canelinha	1,87 ^a \pm 0,26	1,25 ^b \pm 0,14	1,26 ^b \pm 0,11
Cordia	4,38 ^a \pm 0,42	3,16 ^{ab} \pm 0,84	2,48 ^b \pm 0,27
Tamboril	5,43 ^a \pm 0,15	5,87 ^a \pm 0,30	5,41 ^a \pm 0,09
Embaúba	3,48 ^a \pm 0,35	2,31 ^{ab} \pm 0,64	1,48 ^b \pm 0,23
Mutambo	3,29 ^a \pm 0,39	2,32 ^{ab} \pm 0,83	1,49 ^b \pm 0,39
PauViola	3,73 ^a \pm 0,49	2,89 ^a \pm 0,71	2,85 ^a \pm 0,40
Sangra	5,14 ^a \pm 0,37	3,80 ^a \pm 0,88	4,16 ^a \pm 0,36
Trema	2,47 ^a \pm 0,89	2,23 ^a \pm 0,72	0,84 ^a \pm 0,43

Tabela 8. Médias (\pm erro padrão) dos diâmetros à altura do colo (cm) das espécies agrupadas segundo a sucessão, em cada tratamento, 15 meses após o plantio. Tratamentos com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	SAF simples	Florestal	SAF complexo
Pioneiras	3,62 ^a \pm 0,36	2,71 ^{ab} \pm 0,74	2,16 ^b \pm 0,27
Não Pioneiras	3,92 ^a \pm 0,18	3,22 ^{ab} \pm 0,48	2,93 ^b \pm 0,21

Pode-se supor que a competição não ocorra tão intensamente quanto pareça. Segundo a teoria apresentada por Ernst Götsch (Peneireiro, 1999) cada planta tem uma função específica na melhoria do ambiente, ou seja, tem uma determinada velocidade de crescimento, um espaço físico a ocupar (estrato da vegetação), um ciclo de vida e a exigência de um mínimo de quantidade e qualidade de vida que o ambiente deve ter para que possa vegetar. É possível supor que quanto mais semelhantes as funções de duas plantas, maior será a possibilidade de haver competição por recursos entre as duas. O manejo agroflorestal desenvolvido por Götsch tem, por princípio, que quanto maior a diferença entre as funções, maior a probabilidade de que tenham atuações complementares no ambiente, desenvolvendo uma relação muito mais simbiótica do que competitiva. Com isso, a possibilidade de proximidade entre plantas de espécies diferentes é bem maior do que o espaçamento normalmente utilizado. No SAF simples, árvores nativas e leguminosas têm funções muito diferentes, pois, apesar de necessitarem do mesmo nível de quantidade e qualidade de vida, ocupam estratos diferentes na vegetação e têm ciclos de vida bastante diferentes, por isso, não competem entre si, como demonstra o resultado do experimento. Já no SAF complexo, apesar da disposição das árvores frutíferas ter sido feita de forma a evitar que duas árvores com a mesma função ficassem muito próximas, a maior diversidade de espécies ocupou maior número de funções no sistema. A maior semelhança entre as funções ocupadas no sistema acarretou maior dependência de algumas plantas em haver um manejo que acirrasse a diferença entre suas funções, o que exige maior precisão na época e forma desse manejo. Os sistemas mais complexos, e principalmente os de maior densidade de plantas, exigem maior conhecimento de cada espécie, do clima da região, da interação entre as plantas. Portanto, o estudo da densidade de plantas e competição num sistema

não pode ser feito separadamente do estudo do manejo. É possível que a alta densidade e o arranjo utilizado de plantas do SAF complexo sejam fatores que tenham influenciado no menor crescimento das árvores nativas. Entretanto, também é muito provável que alguma falha no manejo tenha potencializado essa alta densidade, colaborando para tal resultado. É possível que a densidade de plantas e a precisão do manejo sejam fatores que devam funcionar proporcionalmente, ou seja, quanto maior a densidade de plantas de um sistema, maior deve ser a precisão do manejo. No entanto, ainda não há estudos suficientes para se inferir o grau de importância de cada um desses fatores nos resultados obtidos, nem a relação existente entre eles.

A área basal na altura do colo deve refletir a cobertura feita pela copa das árvores, o que também contribui para a substituição das plantas espontâneas e, conseqüentemente, para diminuir a necessidade de manutenção dos sistemas. A pouca diferença que se apresentou entre o SAF simples e o sistema florestal em termos do diâmetro na altura do colo e a diferença que ocorreu na altura das árvores são apenas alguns dos fatores que sustentam as vantagens do uso dos sistemas mais biodiversos, já que esses resultados mostram, no mínimo, a interação positiva entre as espécies leguminosas, a maioria exótica, e as nativas. As plantas incluídas no sistema de recuperação podem contribuir para a substituição das gramíneas pela vegetação arbórea, não somente por disponibilizar nutrientes e incrementar a reciclagem, mas também por ocupar fisicamente o lugar das ditas gramíneas espontâneas, não exatamente desejadas pelos restauradores.

É preciso salientar também que a biodiversidade incluída no sistema de recuperação tende a mostrar maiores diferenças ao longo do tempo, num prazo maior do que o utilizado nesse estudo (1 ano e cinco meses após o plantio), apesar de ser essa a época crítica da necessidade de manejo. As diversas plantas ocupam funções diferentes e complementares no ecossistema e o manejo de sistemas agroflorestais, principalmente os complexos, mostra-se capaz de dar avanços na sucessão e de recuperar os solos degradados, favorecendo o bombeamento de nutrientes, disponibilizando matéria orgânica fresca, de alta qualidade, e elevando os níveis de nutrientes na serapilheira e

nas camadas superficiais do solo, principalmente de fósforo, pela ativação da atividade da biota edáfica (Peneireiro, 1999).

4.1.3 Sobrevivência

Pode-se observar que poucas espécies apresentaram sobrevivência menor do que 80% em todos os tratamentos (Figura 18). Foram elas: trema, embaúba e mutambo. Possivelmente, a menor sobrevivência dessas espécies tenha se dado devido à época do plantio e o tipo de muda. Essas foram as últimas espécies plantadas (a trema foi a última, plantada em fevereiro de 1999), no fim da estação chuvosa, e eram mudas pequenas, de tubete, o que exige maior disponibilidade de água no pós-plantio, no campo (Gonçalves et al., 2000). As três espécies são heliófitas, tendo ficado sensivelmente prejudicadas nos SAFs, principalmente no complexo, devido ao fato de terem sido plantadas tardiamente, o que resultou numa falta de sincronia do sistema como um todo.

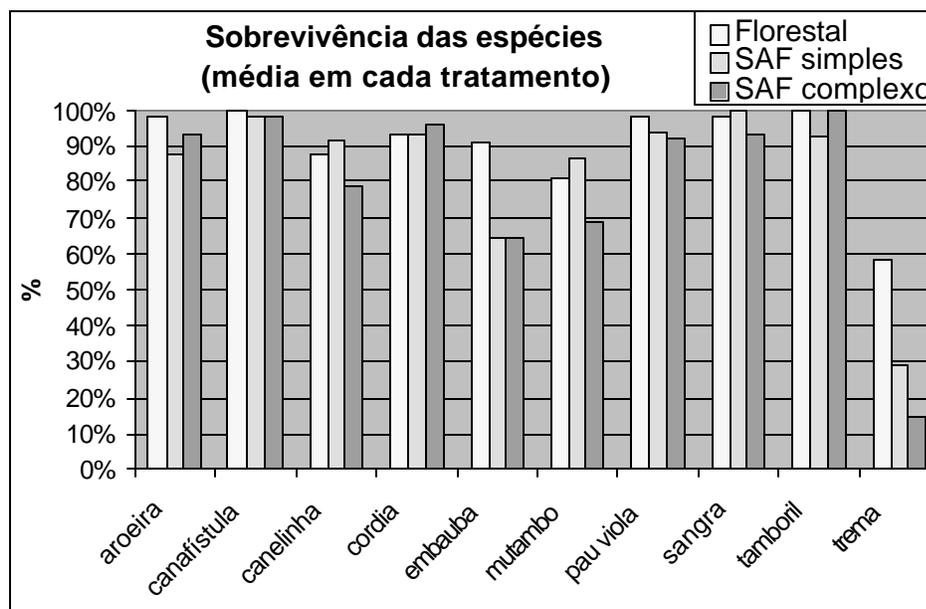


Figura 18 - Sobrevivência por espécie e por tratamento (média para cada tratamento).

4.1.4 Custos e Receitas

Os sistemas agroflorestais utilizados diferem entre si pela complexidade, refletida pelo número de espécies empregadas e pelo manejo aplicado, o que confere

indicações a públicos diferentes. O sistema agroflorestal simples é indicado para grandes produtores, com utilização de maquinário pesado e mão-de-obra sem capacitação em manejo agroflorestal, objetivando diminuição dos custos de manutenção, mais especificamente, de capinas. O sistema agroflorestal complexo é destinado aos pequenos produtores que utilizam mão-de-obra familiar, não dispõem de máquinas agrícolas e dependem da geração de renda para recuperar áreas de preservação permanente, como as matas ciliares.

4.1.4.1 Mão-de-obra

O fato das parcelas A3 e B3 (SAF simples) terem sido implantadas manualmente e as C3 e D3 mecanicamente acarretou diferença de necessidade de mão-de-obra dentro do tratamento 3. Nas parcelas onde foi possível implantar o SAF simples mecanizado, o número de diárias necessárias para a implantação e manutenção do SAF simples foi menor do que o utilizado no Florestal, o que não ocorreu quando o plantio foi manual. No entanto, em ambas as situações, a quantidade de capinas foi menor no SAF simples (2 capinas em 15 meses) do que no Florestal (3 capinas em 15 meses), como mostra a tabela 9.

Tabela 9. Número de diárias necessárias para realização de cada tarefa, por parcela (1080 m²), em cada tratamento, em 15 meses.

Sistema	Plantio	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Total
SAF simples mecanizado	1,5	-	1,5	1,5	4,5
Florestal	1	1,5	1,5	1,5	5,5
SAF simples manual	8,2	-	1,5	1,5	11,2
SAF Complexo	20	10,5	8,5	3,8	42,8

A roçada do SAF simples (manejo 2) foi feita mecanicamente, visando a auto-semeadura das leguminosas, o que evitaria a segunda capina (manejo 3) e novo revolvimento do solo para o plantio dos adubos verdes. No entanto, a auto-semeadura não ocorreu, o que acarretou em maior necessidade de mão-de-obra para a manutenção do sistema. Uma vez que se consiga a auto-semeadura das leguminosas, a necessidade de mão-de-obra no manejo do SAF simples mecanizado cairá para apenas 1 manejo por ano, ou 1,5 diárias por parcela. No SAF simples manual, o plantio continuará a

necessitar das 8,2 diárias, sendo o manejo também feito apenas 1 vez por ano, com 1,5 diárias. Também há a possibilidade do uso de outras espécies de leguminosas herbáceas que facilitem esse processo de auto-semeadura, por terem as vagens mais frágeis e quebradiças que o feijão-de-porco, como a *Crotalaria spectabilis*, que ocorre espontaneamente na área do experimento.

No SAF complexo, foram feitos 3 manejos em 15 meses, porém, a intensidade de mão-de-obra é bastante grande e proporcional à diversidade do sistema. Vários equívocos no manejo concorreram para aumentar o uso de mão-de-obra no sistema. O fato do experimento ter se situado fora da condição social indicada para o manejo desse tipo de SAF, não contando, portanto, com a experiência e o conhecimento de um agricultor, nem com trabalhadores adaptados ao manejo de sistemas complexos foram alguns fatores que provavelmente contribuíram para tal. Dentre os equívocos, estão (i) a não produção de girassol na implantação do sistema, que, devido à má qualidade de semente, não germinou, e (ii) o plantio do girassol no segundo manejo que, apesar da alta qualidade da semente, também não produziu. Esses equívocos acarretaram a perda das diárias para a realização de tais tarefas.

Esse último equívoco ocorre com frequência em diversas iniciativas onde se instalam SAFs complexos com base na sucessão. O plantio de plantas pioneiras, como o girassol ou o milho, em meio a arbóreas é uma iniciativa bastante comum, seja em áreas de plantio de frutíferas ou essências florestais, sendo inclusive considerado um SAF denominado “taungya” (Dubois, 1996). Esses sistemas são simples, praticamente um consórcio em que as culturas anuais são plantadas por dois ou três anos, até que as árvores sombreiem totalmente o campo e impossibilitem novo cultivo. Vendo sob a ótica da sucessão, as plantas pioneiras são cultivadas em espaços onde a sucessão é estagnada (devido ao replantio das pioneiras por alguns anos), até que as secundárias ou transicionais (as arbóreas plantadas) dominem completamente o dossel e o sistema como um todo. Nesses sistemas, podem-se perceber falhas no estrato e na sucessão, pois várias funções não foram introduzidas ou foram bloqueadas pelas capinas, mas a produção das arbóreas é subvencionada por mão-de-obra e/ou insumos. Quando, porém, o sistema é mais complexo e as outras funções também são introduzidas, não se pode voltar ao

estágio das pioneiras quando as secundárias já ocupam suas funções, pois a sucessão deve seguir adiante. Uma pioneira só retornará ao ambiente quando todo o ciclo do consórcio se completar, passando pelas secundárias, intermediárias e transicionais. Além disso, provavelmente poderão entrar no sistema outras espécies pioneiras ainda mais exigentes e dependentes de maior quantidade e qualidade de vida consolidada, produzindo vários outros alimentos ou bens mais valiosos, pois o ambiente já foi bastante modificado pelos seres vivos que atuaram no referido ciclo. Daí a impossibilidade de plantar o girassol quando o capim napier já está implantado, pois o estágio das pioneiras no sistema já passou. A possibilidade de colher o girassol ocorre apenas no plantio do sistema todo, inclusive do capim napier, pois o girassol estará “criando” o capim napier, que rapidamente passará a dominar o sistema. Num sistema baseado na sucessão, a pioneira “cria” a secundária e nunca o oposto.

A necessidade de mão-de-obra no sistema complexo irá variar de acordo com a diversidade do sistema, que depende de diversas características do produtor, como a disponibilidade de mão-de-obra, necessidade de gerar produtos de subsistência, capacidade de administrar uma produção diversificada e, principalmente, da abertura e conhecimentos necessários para o manejo de sistemas complexos.

Apesar dos dois tipos de sistemas agroflorestais estarem destinados a públicos diferentes, pode-se também pensar no SAF simples manual como uma alternativa de recuperação para o pequeno produtor, mais uma vez, dependendo de suas necessidades e disponibilidade de mão-de-obra. O pequeno produtor que tem baixa disponibilidade de mão-de-obra pode optar por um sistema agroflorestal simples exatamente por diminuir a necessidade de manejo, seja este feito manual ou mecanicamente, havendo apenas maior demanda para o plantio. Ainda que a média de diárias necessárias para o plantio tenha sido relativamente alta, é possível que se consiga diminuir esse fator. Segundo Carlos³, um homem é capaz de semear manualmente 5.000 m² por dia, o que indica a necessidade de apenas 2 diárias/ha para o plantio de leguminosas.

³ CARLOS, J.A.D. (Sementes Piraf) Comunicação pessoal, 2001.

4.1.4.2 Custos

O objetivo desse trabalho não foi fazer uma análise econômica aprofundada dos sistemas de recuperação, mas levantar as diferenças existentes nos custos de cada sistema, bem como diferenciar as possíveis receitas dos produtos gerados. Não foram, por exemplo, contabilizadas as horas de trator utilizadas tanto no SAF simples como no Florestal, por não diferir entre os dois. Também não entraram como custo as mudas de frutíferas utilizadas no SAF complexo pois, na prática, seria inviável a compra de tantas mudas, sendo mais provável o plantio direto de sementes ou produção das mudas pelos próprios agricultores. No entanto, foi contabilizado como mão-de-obra a retirada de estacas de amora, capim napier e mudas de bananeira. O sistema Florestal apresentou o menor custo, seguido do SAF simples e, por último, do SAF complexo.

A partir dos dados de mão-de-obra, plantio e colheita das parcelas, os custos e as receitas foram extrapoladas para a unidade hectare (1 ha = 9,26 parcelas), para as atividades realizadas entre novembro de 1998 e fevereiro de 2000. O valor da diária utilizado no cálculo foi de R\$15,00.

Os custos dos sistemas agroflorestais foram bastante altos (Tabela 10) devido a alguns erros cometidos na implantação e no manejo do experimento. Os dados referentes ao SAF complexo ficaram extremamente prejudicados por inúmeras razões. Primeiramente, a mão-de-obra utilizada pode ter sido acima do realmente necessário e os resultados muito abaixo do esperado. A produtividade do feijão-de-porco e do guandu foram muito baixas, além de extremamente altas as densidades de plantio. Segundo comunicação pessoal do produtor de sementes, semeiam-se 80 kg de sementes de feijão-de-porco para uma colheita de 1000 a 1500 kg/ha, sendo a do guandu uma densidade de 60 kg para uma colheita de 800 a 1000 kg/ha.

Tabela 10. Custos e receitas baseados nos dados de mão-de-obra e sementes utilizados no experimento e extrapolados para 1 ha. FP = feijão-de-porco. G = guandu. Preço da diária = R\$15,00. Preço de compra do feijão-de-porco (kg) = R\$1,10, de venda = R\$0,60. Preço de compra do guandu (kg) = R\$1,80, de venda = R\$0,90.

SISTEMA	MO ¹	CUSTO				RECEITA			BALANÇO
		R\$	Semente	Kg/ha	R\$	Produto	Kg/ha	R\$	R\$
Florestal	51	765,00	-	-	-	-	-	-	765,00
SAF simples mecanizado	42	630,00	FP	380,00	418,00	-	-	-	1163,20
			G	64,00	115,20				
SAF simples manual	104	1560,00	FP	380,00	418,00	-	-	-	2093,00
			G	64,00	115,00				
SAF complexo	396	5940,00	FP	380,00	418,00	FP	473	283,80	6019,20
			G	64,00	115,20	G	190	171,00	

¹MO = mão-de-obra (diárias/ha);

A localização do experimento também inviabilizou a inclusão de culturas agrícolas, como milho, feijão e hortaliças, devido à possibilidade de roubo e estrago das parcelas por eventuais invasões de terceiros, o que impossibilitou a renda que um agricultor normalmente teria. Além da já relatada tentativa de produção de girassol, procurou-se também colher feijão-de-porco e guandu para venda como semente, como uma forma de substituição das culturas agrícolas não implantadas. Porém, a produção de sementes deve obedecer a uma legislação e a diversos requisitos que não se enquadram a sistemas diversificados e, não sendo essa a atividade principal do sistema de recuperação, dificilmente seriam seguidos pelo agricultor, o que inviabiliza a comercialização do produto no mercado. Nesse caso, haveria dependência de uma comercialização informal, o que significa preços muito baixo dos produtos.

4.1.4.3 Cenários

No que se refere aos SAF simples, o potencial do sistema em reduzir os custos da recuperação pode ser atingido com algumas modificações no plantio e no manejo. Como já dito, o plantio de feijão-de-porco pode ser menos adensado. Recomendados pela literatura (Costa, 1993) são 150 kg/ha para o plantio de feijão-de-porco e 50 kg/ha para o guandu. Essas alterações reduziriam o custo com sementes para menos da metade do que foi gasto. A outra mudança, como já abordado no item anterior sobre mão-de-obra, seria a redução da necessidade de diárias no manejo do SAF simples, que estaria ligada

à auto-semeadura das leguminosas utilizadas como adubação verde, o que não diminuiria o custo de implantação, mas sim de manutenção.

Seguindo-se essas alterações e com base nos dados do experimento (tabela 11), pode-se fazer uma estimativa sobre os custos que teriam o plantio e a manutenção dos sistemas. Nessa hipótese, o SAF simples manual e mecanizado teriam auto-semeio das leguminosas e apenas 1 manejo por ano. O SAF complexo contaria apenas com a colheita do feijão-de-porco e do guandu, mas seriam retiradas as diárias além das que ocorreram no SAF simples manual, por ser essa mão-de-obra de origem familiar e variável com a diversidade do sistema e por entender que o manejo das culturas agrícolas implantadas no sistema de recuperação seria, de qualquer forma, feito em algum outro local da propriedade, não sendo essa uma atividade além das já realizadas pelo agricultor. Para ambos os SAFs, a densidade de sementes do feijão-de-porco e do guandu ficariam como uma média entre as duas recomendações supra citadas. A projeção foi feita para o mesmo tempo do experimento, 15 meses, incluindo, portanto, duas épocas de plantio (estações das águas).

Tabela 11. Custos e receitas inferidos a partir das modificações na densidade de plantio de sementes e de diminuição na mão-de-obra utilizada nos SAFs, com base nos dados do experimento, para 15 meses. (1 ha = 9,26 parcelas). FP = feijão-de-porco. G = guandu.

SISTEMA	MO ¹	CUSTO				RECEITA			BALANÇO	
		R\$	Semente	Kg/ha	R\$	Produto	Kg/ha	R\$	R\$	D%
Florestal	51*	765,00	-	-	-	-	-	-	765,00	0
SAF simples mecanizado	28**	420,00	FP	115	126,50	-	-	-	645,00	- 16%
			G	55	99,00					
SAF complexo	90***	1350,00	FP	115	126,50	FP	143	86,00	1342,50	+ 75%
			G	55	99,00	G	163	147,00		
SAF simples manual	90***	1350,00	FP	115	126,50	-	-	-	1575,50	+ 106%
			G	55	99,00					

¹ MO = mão-de-obra (diárias/ha)

* (5,5 diárias/parcela x 9,26 parcelas/ha = 51 diárias/ha)

** (3 diárias/parcela x 9,26 parcelas/ha = 28 diárias/ha)

*** (9,7 diárias/parcela x 9,26 parcelas/ha = 90 diárias/ha)

Com as modificações feitas, o SAF simples mecanizado apresentaria menores custos nos primeiros 15 meses (16% a menos que o florestal), seguido do sistema florestal, SAF complexo (75% a mais que o florestal) e SAF simples manual (106% a

mais que o florestal). No entanto, no que se refere à manutenção anual do sistema de recuperação, o SAF simples, tanto manual como mecanizado, apresenta grandes vantagens em relação ao florestal, por necessitar apenas de um manejo por ano, apresentando a metade dos custos de manutenção.

Tabela 12. Projeção dos custos da manutenção anual dos sistemas.

SISTEMA	MÃO-DE-OBRA	R\$
SAF simples manual	14 (1,5 x 9,26)	210,00
SAF simples mecanizado	14 (1,5 x 9,26)	210,00
Florestal	28 (3 x 9,26)	420,00

O Sistema Agroflorestal Complexo apresentou menor desempenho que o Simples, em quase todos os parâmetros: menor crescimento em altura e em diâmetro à altura do colo, menor sobrevivência das árvores e menor retorno econômico, tendo se igualado ao sistema florestal para muitas espécies. Esse resultado pode ser interpretado como um problema de pesquisa, uma vez que o contexto do experimento, ou seja, uma propriedade empresarial e com mão-de-obra não direcionada a um manejo que envolve grande diversidade de espécies e cultivos, não coincide com o ambiente social a que se destina este tipo de manejo, que seriam pequenas propriedades, com mão-de-obra familiar e mais qualificada para a produção em sistemas diversificados. Esse ponto sugere a importância da pesquisa participativa, concebida e realizada em conjunto com produtores, para a análise de sistemas a eles endereçados .

4.1.5 Solos

4.1.5.1 Fertilidade

A análise de fertilidade mostrou que trata-se de um solo ácido (pH = 4,6), com níveis médios de P, Mg e saturação de bases, porém alto teor de Ca, para ambas as profundidades, o que pode se uma conseqüência da calagem feita em cultivos anteriores. Os níveis de K diferiram de acordo com a profundidade, sendo alto na superfície (0-5 cm) e baixo de 5 a 20 cm, resultado que também pode ter relação com a proximidade da

cultura de cana, o que faz com que a área receba anualmente cinzas provindas da queima da palhada (Tabela 13).

Com base na análise de fertilidade, para um plantio puro de espécies exóticas, como de Pinus ou eucalipto, por exemplo, seria recomendado adicionar-se a esse solo 20 kg/ha de N, para Pinus e, para eucalipto, 40 kg/ha de N e 20 kg/ha de P₂O₅ (Barros et al., 2000). No entanto, existe uma carência de estudos detalhados sobre as exigências nutricionais e resposta à fertilização de espécies arbóreas nativas (Furtini Neto et al. 2000). A diversidade de espécies implantadas é um fator a ser considerado como possível forma de atender às demandas nutricionais de muitas espécies (Montagnini et al., 1994). Mais uma vez, é preciso salientar que a baixa diversidade de espécies utilizadas no experimento não deve ser tomada como modelo para recuperação de áreas, pois reflete uma limitação do método experimental.

Não houve diferença entre os tratamentos quanto ao teor de nutrientes no solo (Tukey, 5%) numa amostra retirada 13 meses após o plantio. De qualquer forma, apesar dos SAFs complexos comprovadamente elevarem os níveis de nutrientes na camada superficial dos solos (Peneireiro, 1999), o tempo entre o plantio e a coleta dos dados foi por demais curto para que esse efeito pudesse ser captado por análises de solo. Além disso, a fertilidade do solo tem nível satisfatório, não devendo ser uma variável que afete os tratamentos, apesar do maior crescimento das árvores nos SAFs, principalmente em altura, poder estar relacionado ao aporte de N atmosférico ao solo. No entanto, outros fatores também podem ter influenciado o melhor desenvolvimento das nativas nos SAFs como as modificações geradas pela presença das plantas incluídas nestes tratamentos, em especial as leguminosas, que cobriram rapidamente o solo. Algumas mudanças no microclima do solo, como temperatura e umidade, embora não mensuradas neste trabalho, podem ser indicadas para estudos posteriores como fatores determinantes na diferença entre os tratamentos.

No entanto, é preciso salientar que várias outras mudanças, como aumento da biodiversidade de microrganismos, ou mesmo um avanço na sucessão da micro e mesofauna, por exemplo, embora muitos não sejam facilmente detectáveis por nossa atual tecnologia, podem estar acontecendo nesses ambientes em que se procura manejar

a biodiversidade de plantas. Certamente o avanço na sucessão gerado pelo manejo pode se espelhar em fatores físicos e/ou químicos do ambiente, mas talvez fosse interessante não tomar esses fatores pontuais como causa e determinante dos resultados obtidos, mas como fatores que, como muitos outros ainda não detectados, caracterizam modificações do ambiente como um todo no sentido da complexificação, do aumento da quantidade e qualidade de vida consolidada.

No entanto, essa visão mais integrada do ambiente não é a mais difundida. Alguns autores recomendam o estudo das exigências nutricionais para posteriores aplicações de fertilizantes em áreas de recuperação. Críticas podem surgir ao presente estudo pela falta de um tratamento que inclua adubação mineral como contraposição à adubação verde realizada no SAF simples, limitando assim qualquer comparação entre as duas filosofias de implantação e manejo. Primeiramente, ainda que a adubação mineral, geralmente feita com N e P, favoreça o crescimento dessas espécies nativas, também aumentaria o custo da revegetação, principalmente devido a dois motivos: (1) a conseqüente maior necessidade de manutenção, já que as ditas “plantas daninhas” também tenderiam a crescer mais e (2) o custo do fertilizante. Além disso, dependendo da composição do solo em termos de óxidos de Fe e Al, uma adubação fosfatada pode ser perdida pela fixação do P. No caso, ainda que muito raro nos nossos solos, da disponibilidade de P em excesso, pode ocorrer uma deficiência induzida de Fe e Zn nas plantas, além da possibilidade de eutroficação das águas, com aumento da demanda biológica de oxigênio, alteração de pH, liberação de toxinas, podendo causar morte de peixes, de animais, turbidez da água, etc., principalmente em solos arenosos (Novais & Smyth, 1999;). Ainda que nenhum desses efeitos negativos ocorra, a opção pelo não uso de corretivos de solo, fertilizantes químicos ou agrotóxicos faz parte de uma linha filosófica e conceitual na qual se supõe que os processos naturais de recuperação sejam muito mais abrangentes do que apenas o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo. Supõe-se, também, que esses insumos, aplicados com o objetivo de recuperar a fertilidade do solo, atuem como desequilibradores do processo sucessional, criando disparidade entre a diversidade dos seres vivos (macro e micro organismos) e a

disponibilidade de nutrientes. Assim, a vegetação implantada pode não se sustentar e regredir à formação anterior à tentativa de recuperação.

Por outro lado, o estudo do potencial de cada espécie ou da composição de espécies que seja adequada aos diferentes níveis de degradação pode levar à compreensão e utilização dos fluxos naturais que levam à recuperação ambiental. A sutil diferença entre (1) buscar uma modificação rápida de parte do ambiente (com fertilizante) para este se “adequar” às espécies que desejamos e (2) buscar as espécies adequadas ao nível de degradação em que se encontra o ambiente, para que este alcance o nível de estruturação necessário às espécies nativas do local, pode ser determinante no tipo de atuação e nos resultados.

Tabela 13. Atributos químicos do solo* por tratamento (média \pm erro padrão), nas profundidades de 0-5 cm e 5-20 cm, 13 meses após a implantação do experimento. Médias na mesma coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

ANÁLISE DE SOLO POR TRATAMENTO (Média +/- erro padrão)												
Tratamento	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V %	SatAl
				-----mmolc dm ⁻³ -----								
Profundidade 0-5 cm												
Testemunha	9 \pm 0,4	20 \pm 1,4	4,5 \pm 0,1	2,5 \pm 0,4	15 \pm 4,5	5 \pm 1,2	24 \pm 2,5	3 \pm 0,4	23 \pm 5,8	47 \pm 8,2	47 \pm 4,1	12 \pm 3,4
Florestal	10 \pm 2,1	21 \pm 2,1	4,6 \pm 0,1	3,5 \pm 0,6	18 \pm 2,9	8 \pm 1,1	26 \pm 2,0	3 \pm 0,8	30 \pm 4,2	56 \pm 5,6	53 \pm 2,8	9 \pm 3,1
Saf simples	13 \pm 1,9	25 \pm 1,7	4,8 \pm 0,1	3,8 \pm 0,6	22 \pm 1,2	8 \pm 0,6	28 \pm 2,2	2 \pm 0,3	35 \pm 1,2	62 \pm 2,8	56 \pm 1,9	7 \pm 0,9
SAF complexo	11 \pm 1,9	23 \pm 1,8	4,6 \pm 0,0	3,7 \pm 0,9	19 \pm 2,8	8 \pm 1,2	29 \pm 1,7	3 \pm 0,2	31 \pm 4,9	60 \pm 6,6	51 \pm 2,2	9 \pm 1,3
Profundidade 5-20 cm												
Testemunha	4 \pm 0,2	13 \pm 2,3	4,5 \pm 0,1	1,3 \pm 0,0	15 \pm 6,6	4 \pm 1,7	23 \pm 0,9	4 \pm 1,1	20 \pm 8,2	43 \pm 9,1	42 \pm 8,6	21 \pm 8,6
Florestal	8 \pm 1,5	17 \pm 2,5	4,6 \pm 0,1	1,1 \pm 0,2	21 \pm 4,7	6 \pm 1,9	25 \pm 1,0	3 \pm 0,8	28 \pm 6,6	53 \pm 7,5	50 \pm 5,9	13 \pm 4,9
Saf simples	11 \pm 3,3	17 \pm 1,5	4,6 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	23 \pm 2,0	6 \pm 0,4	29 \pm 2,6	3 \pm 0,7	30 \pm 2,3	59 \pm 3,0	51 \pm 3,1	9 \pm 2,5
SAF complexo	11 \pm 3,7	17 \pm 1,1	4,5 \pm 0,1	1,2 \pm 0,4	22 \pm 4,8	7 \pm 1,9	28 \pm 1,9	4 \pm 0,9	30 \pm 7,0	58 \pm 7,0	50 \pm 6,0	14 \pm 4,9

- Análise realizada segundo métodos descritos por Raij et al. (2001)

4.1.5.2 Liberação de CO₂

Nos dados de 1999, referentes à coleta do solo retirada apenas 2 meses após o fim do plantio, os tratamentos não diferiram entre si para ambas as profundidades (Tukey, 5%).

Nogueira Jr (2000), estudando diversos sistemas de recuperação, em 3 tipos de solo, observou mudanças na respiração dos microrganismos do solo a partir dos 18 meses de implantação em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo que, em Nitossolo, não houve mudanças, mesmo após 2 anos de implantação do sistema. O mesmo autor obteve valores, com 112 dias de incubação, que variaram de 390 a 5030, para a camada de 0-5 cm do solo, e de 220 a 1390 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, para 5 – 20 cm. Estes valores são bastante superiores aos obtidos no presente estudo, que variou entre 197 e 275 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, na profundidade de 0-5 cm e de 189 a 269 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, para 5 – 20 cm, em período semelhante de incubação. Já Vargas & Scholles (2000), estudando a liberação de C-CO₂ em plantio direto, plantio convencional e reduzido, com incubação de 60 dias, estimaram variações de 294 a 507 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, entre 0 – 5 cm de profundidade, e de 105 a 302 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, na camada de 5 – 15 cm. Nesse período de incubação, os valores obtidos no presente trabalho foram de 153 a 224 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, na camada de 0 – 5 cm de solo, e de 152 a 222 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, de 5 – 20 cm. Os valores mais baixos obtidos no presente estudo e a pouca diferença entre as duas camadas do solo podem indicar certo grau de degradação ambiental na época da implantação.

Ainda que não se tenha detectado estatisticamente diferença entre os tratamentos, provavelmente devido ao pouco tempo decorrido entre o fim do plantio e a coleta do solo, é possível observar no gráfico (Figura 19) uma tendência de maior liberação de CO₂ nos SAFs simples e complexo, em relação ao Florestal e à Testemunha, principalmente na camada superficial (0-5 cm). Essa tendência é bastante coerente com os resultados do crescimento das árvores e pode-se inferir que algumas modificações ambientais já ocorreram, provavelmente, a partir da cobertura do solo realizada pelas plantas pioneiras (as leguminosas herbáceas) incluídas nos SAFs.

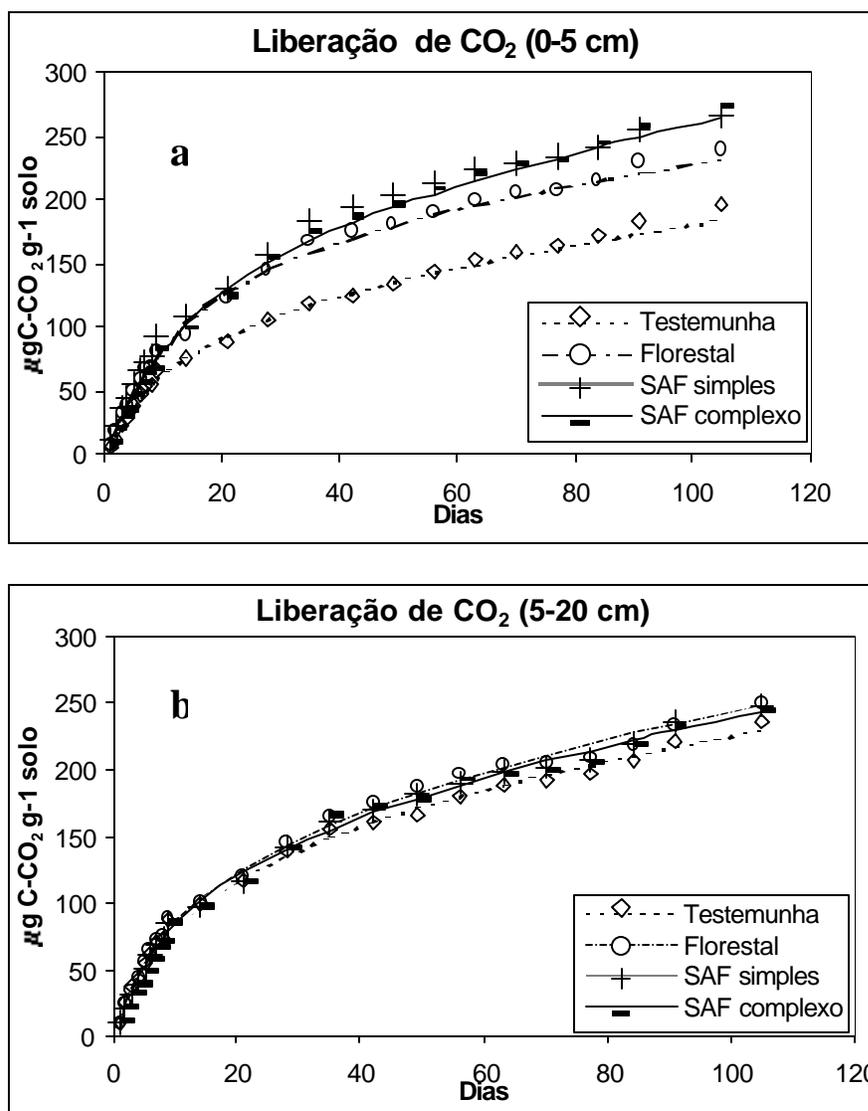


Figura 19 - (a) Liberação de CO₂ na profundidade 0-5 cm, nos tratamentos: Testemunha $Y=32,17(0,11^{1/x}) x^{0,38}$, $R=0,9984$; Florestal $Y= (-4,42 + 13,29x)/(1+0,058x - 0,0001x^2)$ $R=0,9991$; SAF simples $Y= (-274,75 + 436,97x^{0,7})/(16,19 + x^{0,7})$, $R=0,9991$; SAF complexo $Y=(-1,63+11,95x)/(1+0,046x - 0,0001x^2)$, $R=0,9994$. (b) Liberação de CO₂ na profundidade 5-20 cm, nos tratamentos: Testemunha $Y= 41,87 (0,21^{1/x}) x^{0,37}$, $R=0,9989$; Florestal $Y= 41,95 (0,20^{1/x}) x^{0,39}$, $R=0,9987$; SAF simples $Y= 37,76 (0,19^{1/x}) x^{0,41}$, $R=0,9988$; SAF complexo $Y= 43,01 (0,131^{1/x}) x^{0,38}$, $R=0,9986$. Médias dos tratamentos não diferiram estatisticamente (Tukey 5%). Coleta de solo realizada em abril de 1999, dois meses após final do plantio.

4.1.5.3 Biomassa microbiana

Os dados da coleta de 2000 não apresentaram diferença entre os tratamentos, em ambas as profundidades (tabela 14). Pode-se supor que o tempo de 1 ano e 1 mês entre o fim da implantação e a coleta das amostras de solo tenha sido insuficiente para que a análise de biomassa microbiana detecte mudanças do nível de microrganismos do solo. Nogueira Jr (2000), estudando vários métodos de recuperação, observou diferenças na biomassa microbiana somente na avaliação feita 18 meses após a implantação dos sistemas. Por outro lado, a semelhança entre os dados obtidos no sistema florestal e nos SAFs demonstra que a inclusão de culturas em meio ao plantio de recuperação não causou efeitos deletérios no solo.

Tabela 14. Biomassa microbiana de cada tratamento (média \pm erro padrão), analisada em solo retirado em março/2000. Não há diferença significativa entre tratamentos (Tukey, 5%).

Tratamento	Carbono da biomassa microbiana (mg C.g ⁻¹ solo)	
	(0-5 cm)	(5-20 cm)
Testemunha	177,86 \pm 12,29	138,48 \pm 18,31
Florestal	195,68 \pm 7,11	177,13 \pm 7,36
SAF simples	183,13 \pm 32,21	169,38 \pm 8,21
SAF complexo	178,90 \pm 17,42	153,95 \pm 4,69

Balota et al. (1998), avaliando a biomassa microbiana em solo submetido a sucessões de culturas agrícolas e preparados pelo sistema convencional e em plantio direto, obteve valores entre 87 e 595 μ g C g⁻¹ solo, na camada de 0 – 15 cm. Os manejos mais conservacionistas e com menos revolvimento de solo, como o plantio direto, normalmente apresentam maior biomassa microbiana e incremento no teor de matéria orgânica (Alvarez et al.; Follet & Schimel, citados por Balota et al., 1998). Vargas & Scholles (2000), também avaliando diferentes métodos de plantio, obtiveram valores entre 105 e 303 μ g C g⁻¹ solo, na camada 0 – 5 cm, e entre 121 e 212 μ g C g⁻¹ solo, de 5 – 15 cm. Já Luizão et al.(1999), avaliando biomassa microbiana em florestas e pastagens na Amazônia central, encontraram valores entre 612 e 1290 μ g C g⁻¹ solo, de 0 – 5 cm e 400 a 1175 μ g C g⁻¹ solo, de 5 – 20 cm. A variação obtida no presente estudo é coerente

com os dados obtidos pelos autores supra citados, em plantios agrícolas, dado o histórico da área do experimento. No entanto, comparado-se com o estudo de Mendonza et al. (2000), em solos com cana-de-açúcar, que variaram de 194 a 303 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo na profundidade de 0-5 cm e entre 107 e 242 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo, de 5 a 20 cm de profundidade, os valores encontrados na segunda coleta foram baixos. Esse fato pode indicar um estado de degradação do ambiente, principalmente pela época de coleta dos solos ter sido no fim da estação das chuvas, quando a biomassa tende a ter valores mais altos. Esse fato é coerente com a situação onde se encontra a área, onde foi cultivada a cana-de-açúcar, tendo sido posteriormente abandonada e ocupada por *Brachiaria* e outras gramíneas.

A regeneração natural de florestas é difícil, considerando-se o contexto da vegetação do entorno, em que há predominância dos canaviais, com poucos e pequenos fragmentos isolados. No entanto, os valores não são baixos o suficiente para indicar que ocorra grande degradação, o que corrobora com a presença do colônio, gramínea com alguma exigência nutricional e ambiental (Skerman & Riveros, 1992), e com a análise química do solo.

A tendência dos resultados, apresentando melhores médias, em ambas as profundidades, no Sistema Florestal, seguido do SAF simples e do complexo, não mostrou coerência com as outras análises realizadas, nem com o manejo em si, já que, nos SAFs, o corte das plantas e a deposição de matéria orgânica no solo deveriam sustentar mais biomassa microbiana que nos sistemas florestais, onde não há manejo que incremente a matéria orgânica. É possível que uma análise feita posteriormente venha a trazer resultados mais coerentes, tendo decorrido tempo suficiente para haver influência do manejo sobre as características biológicas do solo.

4.2 Heterogeneidade do ambiente

Embora a parcela seja considerada a unidade experimental de pesquisa, ela mostrou-se, na prática, como um grande mosaico de microambientes diferentes entre si. Ocorreu grande heterogeneidade, tanto no crescimento das árvores, na germinação das espécies agrícolas (feijão-de-porco e guandu), quanto na ocorrência das diversas plantas

espontâneas. No planejamento de um experimento em blocos ao acaso, deve-se procurar homogeneidade em cada bloco, de forma a diminuir os erros dos efeitos aleatórios. No presente trabalho, a princípio, poderia parecer recomendável utilizar parcelas de menor tamanho, para diminuir a heterogeneidade, o que possibilitaria maior número de repetições de cada parcela. Porém, o estudo de sistemas mais biodiversos exige parcelas maiores, de maneira a fornecer um número adequado de repetições de indivíduos de cada espécie.

Na verdade, o número de espécies estudadas e presentes em todos os tratamentos é extremamente pequeno frente à diversidade observada nas florestas estacionais semi-decíduais, que é de 150 a 200 espécies arbustivo-arbóreas (Gandolfi et al., 1995). Numa região tomada pela atividade agrícola, onde a regeneração natural fica bastante prejudicada, um modelo de recuperação certamente deve incluir mais do que apenas 10 espécies nativas, de maneira a garantir a sustentabilidade e a perpetuação da floresta implantada. Rodrigues & Gandolfi (2000) sugerem o uso de 80 a 100 espécies, o que ficaria inviável nas circunstâncias em que se seguiu o presente trabalho. Portanto, a análise estatística, conforme feita aqui, esbarra em limitações inerentes ao próprio modelo experimental.

É interessante deixar, como reflexão, a necessidade de busca por novos modelos para o estudo de sistemas biodiversos. A própria elaboração de um trabalho com o porte adequado à biodiversidade do ecossistema seria uma excelente oportunidade para agregar interesses de produtores em uma pesquisa participativa, ampliando a escala de conhecimentos e de atuação, associando diversos setores da sociedade, como a academia, o setor empresarial e a população rural.

Apesar do experimento não ter sido planejado para avaliar diferenças no ambiente, aproveitou-se o gradiente de ocorrência do capim colonião como indicador da variação ambiental, buscando-se observar a relação existente entre os diversos fatores avaliados, bem como entre estes e o ambiente. Portanto, a análise dos dados feita seguir tem por objetivo indicar caminhos a estudos posteriores e contribuir com o crescimento de uma visão mais integrada do ambiente como um todo. Busca-se não tomar um ou outro fator como simples causa da variação dos outros, mas desenvolver a idéia de que

todos os fatores são características do gradiente ambiental e que se interrelacionam, refletindo o grau de desenvolvimento do ambiente.

4.3 O efeito dos blocos

4.3.1 Plantas espontâneas

Essa heterogeneidade observada nas parcelas motivou o mapeamento das espécies espontâneas que dominam na vegetação, mais especificamente, a braquiária e/ou o colônio. Como mostra a Figura 20, a ocorrência do colônio se concentra nos blocos C e, principalmente, no D.

De acordo com o mapa gerado no levantamento de maio de 99, foi calculada a percentagem de cada parcela dominada por colônio ou por braquiária, gerando a tabela 15.

Tabela 15. Percentagem em área de cada bloco sob ocorrência de colônio ou braquiária, de acordo com levantamento feito em 5/99, 3 meses após o fim da implantação do experimento.

Bloco	Colônio (%)	Braquiária (%)
A	0	100
B	0	100
C	11	89
D	79	21

4.3.2 Topografia

Os blocos variam pouco quanto a cota, mas essa variação é suficiente para formar ambientes diferentes entre si, principalmente no tocante à possibilidade de inundação. Como mostra a figura 6, o bloco D situa-se numa leve depressão do terreno que, após fortes chuvas de verão ocorridas no final da implantação do experimento, sofreu inundação temporária.

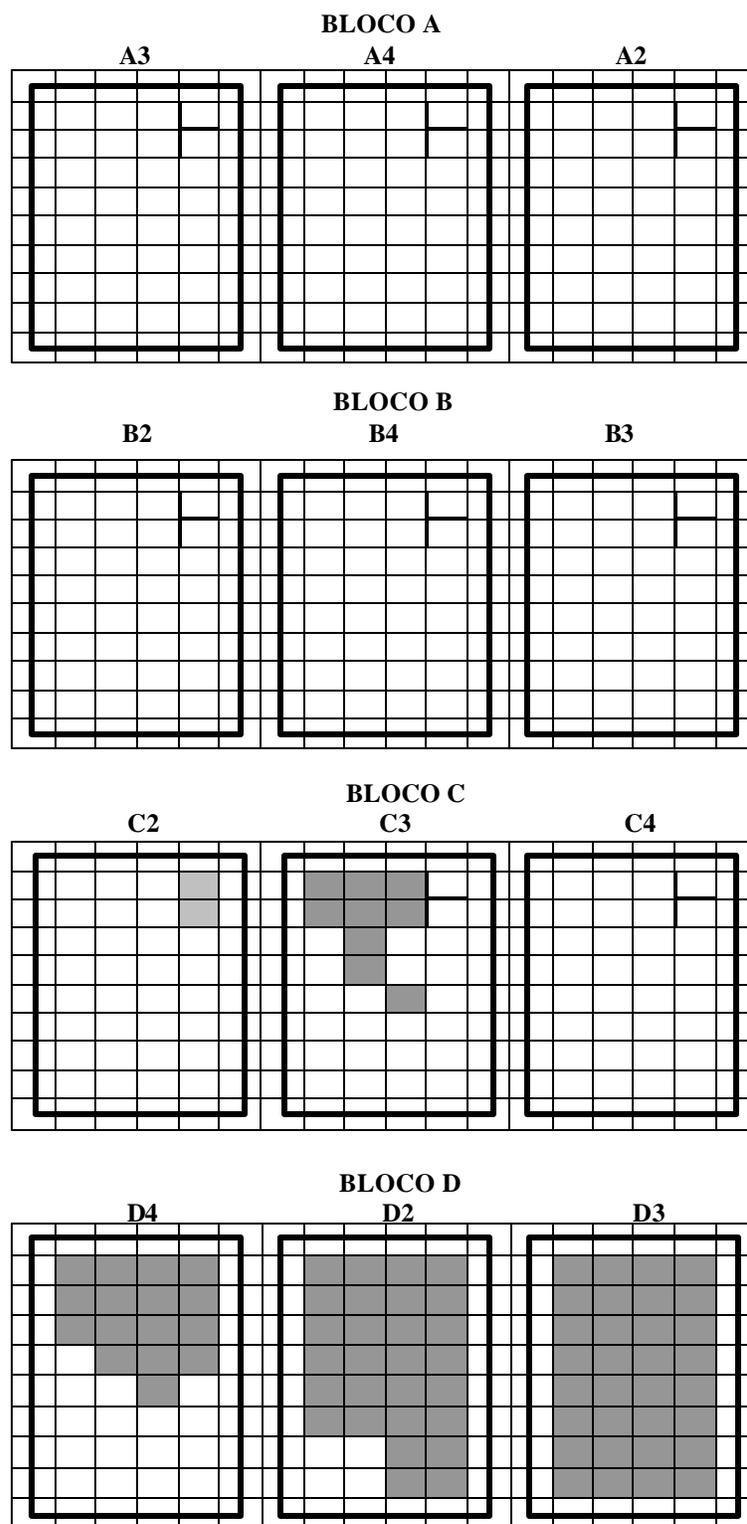


Figura 20 - Localização dos microambientes dominados pela braquiária e pelo colônio nas parcelas. □ = braquiária, ■ = colônio.

4.3.3 Crescimento das árvores

A diferença entre os blocos foi avaliada através do teste de médias (Tukey a 5%) para os dados de altura e diâmetro do colo das árvores, de atributos químicos do solo, de biomassa microbiana e de liberação de CO₂.

A altura das árvores não apresentou diferença entre os blocos, mesmo quando foram agrupadas segundo a sucessão, como mostram as tabelas 16 e 17.

Tabela 16. Média das alturas (\pm erro padrão) de todas as árvores, em cada bloco, 17 meses após o plantio. Números seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Bloco	Altura (m)
A	1,16 ^a \pm 0,24
B	1,09 ^a \pm 0,13
C	1,56 ^a \pm 0,14
D	1,51 ^a \pm 0,03

Tabela 17. Médias (\pm erro padrão) das alturas das espécies agrupadas segundo a sucessão, em cada bloco (m). Blocos com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	A	B	C	D
Pioneiras	1,04 ^a \pm 0,30	1,00 ^a \pm 0,13	1,58 ^a \pm 0,17	1,58 ^a \pm 0,07
Não Pioneiras	1,27 ^a \pm 0,18	1,18 ^a \pm 0,13	1,53 ^a \pm 0,12	1,44 ^a \pm 0,09

Os dados de altura da maioria das espécies (tabela 18) mostraram semelhança entre os blocos, sendo mutambo, tamboril e trema as que apresentaram alguma diferença.

Tabela 18. Médias (\pm erro padrão) das alturas das espécies em cada bloco (m). Blocos com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D
Aroeira	1,33 ^a \pm 0,37	1,10 ^a \pm 0,15	1,75 ^a \pm 0,12	1,79 ^a \pm 0,16
Canafístula	1,14 ^a \pm 0,15	1,07 ^a \pm 0,34	1,43 ^a \pm 0,25	1,17 ^a \pm 0,09
Canelinha	0,89 ^a \pm 0,24	0,68 ^a \pm 0,05	0,96 ^a \pm 0,06	1,01 ^a \pm 0,17
Cordia	0,86 ^a \pm 0,24	1,00 ^a \pm 0,16	1,29 ^a \pm 0,18	1,28 ^a \pm 0,08
Tamboril	2,16 ^{ab} \pm 0,01	2,06 ^{ab} \pm 0,03	2,23 ^a \pm 0,07	1,95 ^b \pm 0,06
Embaúba	0,86 ^a \pm 0,35	1,23 ^a \pm 0,37	1,30 ^a \pm 0,17	1,08 ^a \pm 0,10
Mutambo	0,75 ^b \pm 0,29	0,73 ^b \pm 0,19	1,34 ^{ab} \pm 0,26	1,60 ^a \pm 0,04
PauViola	1,03 ^a \pm 0,30	1,00 ^a \pm 0,18	1,26 ^a \pm 0,24	1,66 ^a \pm 0,04
Sangra	1,77 ^a \pm 0,31	1,77 ^a \pm 0,28	2,25 ^a \pm 0,14	2,38 ^a \pm 0,12
Trema	0,78 ^{ab} \pm 0,31	0,27 ^b \pm 0,27	1,76 ^a \pm 0,06	1,16 ^{ab} \pm 0,40

Os dados de diâmetro à altura do colo mostram que os blocos reproduziram ambientes diferentes, influenciando no crescimento das árvores em geral, sendo a maior diferença entre os blocos A e D, que se situam nos extremos do experimento (tabela 19). Ao serem agrupadas segundo a sucessão, as árvores apresentam padrões semelhantes de comportamento, como mostra a tabela 20.

Tabela 19. Média (\pm erro padrão) dos diâmetros à altura do colo de todas as árvores, em cada bloco, 17 meses após o plantio. Números seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Bloco	Diâmetro
A	2,38 ^b \pm 0,52
B	2,54 ^{ab} \pm 0,35
C	3,71 ^a \pm 0,45
D	3,74 ^a \pm 0,33

Tabelas 20. Médias (\pm erro padrão) dos diâmetros à altura do colo das espécies agrupadas segundo a sucessão, em cada bloco (m). Blocos com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	A	B	C	D
Pioneiras	1,99 ^b \pm 0,62	2,14 ^{ab} \pm 0,36	3,51 ^{ab} \pm 0,58	3,68 ^a \pm 0,44
Não Pioneiras	2,78 ^c \pm 0,42	2,94 ^b \pm 0,33	3,91 ^a \pm 0,33	3,80 ^{ab} \pm 0,24

Avaliando-se separadamente o comportamento de cada espécie, de acordo com a tabela 21, observa-se que, apesar de algumas delas não terem sido suficientemente sensíveis ao ambiente a ponto de refletir em diferenças na análise estatística, o comportamento de todas as espécies coincide com melhores resultados nos blocos C e/ou D, tendo os blocos A e B médias inferiores às obtidas nos outros dois blocos.

Tabela 21. Médias (\pm erro padrão) dos diâmetros à altura do colo das espécies em cada bloco (m). Blocos com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Espécies	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D
Aroeira	2,31 ^b \pm 0,65	2,12 ^b \pm 0,35	3,91 ^{ab} \pm 0,30	4,33 ^a \pm 0,25
Canafístula	2,41 ^b \pm 0,63	2,90 ^{ab} \pm 0,75	4,01 ^a \pm 0,42	3,65 ^{ab} \pm 0,32
Canelinha	1,32 ^{ab} \pm 0,25	1,14 ^b \pm 0,11	1,52 ^{ab} \pm 0,11	1,85 ^a \pm 0,37
Cordia	2,16 ^a \pm 0,67	2,96 ^a \pm 0,48	4,19 ^a \pm 0,76	4,04 ^a \pm 0,70
Tamboril	5,68 ^{ab} \pm 0,21	5,55 ^{ab} \pm 0,07	5,92 ^a \pm 0,33	5,12 ^b \pm 0,07
Embaúba	1,66 ^a \pm 0,78	2,50 ^a \pm 1,00	3,00 ^a \pm 0,47	2,54 ^a \pm 0,48
Mutambo	1,43 ^b \pm 0,65	1,65 ^{ab} \pm 0,49	2,88 ^{ab} \pm 0,84	3,50 ^a \pm 0,47
PauViola	2,34 ^b \pm 0,53	2,38 ^b \pm 0,18	3,49 ^{ab} \pm 0,55	4,41 ^a \pm 0,22
Sangra	3,32 ^b \pm 0,64	3,69 ^{ab} \pm 0,65	4,97 ^{ab} \pm 0,51	5,49 ^a \pm 0,18
Trema	1,22 ^{ab} \pm 0,57	0,49 ^b \pm 0,49	3,23 ^a \pm 0,60	2,45 ^{ab} \pm 0,92

4.3.4 Solos

A análise da fertilidade química do solo agrupada por blocos não mostrou diferença detectada pela análise estatística, mas apresenta uma tendência coerente com o crescimento das árvores (tabela 22). No entanto, é preciso reforçar que a fertilidade é encarada aqui como um reflexo do estágio sucessional do ambiente, ou seja, apenas como mais uma característica do estágio de desenvolvimento da vida no ambiente e não como um fator isolado e causa principal das diferenças no crescimento das árvores. Evidente que as plantas apresentam maior crescimento em solos com maior fertilidade, mas a própria fertilidade é um fator que cresce com o desenvolvimento biológico e reestruturação do ambiente, sendo, portanto, uma característica que ao mesmo tempo é causa e efeito do aumento da qualidade e quantidade de vida consolidada. Além da fertilidade do solo, diversos outros fatores crescem seguindo a mesma direção, como a biodiversidade (tanto de macro como de microrganismos), a biomassa (Nogueira Jr, 2000; Luizão et al., 1999) o porte da vegetação, a capacidade de retenção de água no solo, devido ao incremento da matéria orgânica. Isto significa que estes e vários outros fatores são partes integrantes de um mesmo processo que se direciona ao aumento da quantidade e diversidade de seres vivos no tempo e no espaço, fatores esses interdependentes entre si e, simultaneamente, resultantes, determinantes e indicadores de qualquer recuperação ambiental. É, portanto, parcial a visão de que toda a engrenagem de um processo de recuperação dependa única e exclusivamente de apenas um destes fatores, como a fertilidade química, por exemplo.

Tabela 22. Atributos químicos do solo* por bloco (média \pm erro padrão), nas profundidades de 0-5 cm e 5-20 cm, 17 meses após a implantação do experimento. Médias na mesma coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

ANÁLISE DE SOLO POR BLOCO (Média +/- erro padrão)												
Bloco	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH Ca Cl ₂	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	T	V%	Sat Al
							-----mmolc dm ⁻³ -----					
Profundidade 0-5 cm												
A	11 \pm 2,1	23 \pm 2,0	4,6 \pm 0,0	3,50 \pm 0,73	14 \pm 2,3	6 \pm 1,3	26 \pm 2,8	2 \pm 0,3	24 \pm 4,3	50 \pm 6,8	48 \pm 3,0	10 \pm 2,2
B	8 \pm 0,9	19 \pm 0,6	4,6 \pm 0,1	2,45 \pm 0,31	17 \pm 2,7	7 \pm 0,8	25 \pm 1,6	3 \pm 0,7	26 \pm 3,6	51 \pm 3,9	51 \pm 3,5	12 \pm 3,0
C	11 \pm 1,0	23 \pm 1,9	4,7 \pm 0,1	3,38 \pm 0,13	21 \pm 1,7	8 \pm 1,0	28 \pm 0,9	2 \pm 0,3	33 \pm 2,5	60 \pm 2,8	54 \pm 1,9	7 \pm 1,2
D	16 \pm 0,3	25 \pm 1,6	4,7 \pm 0,0	4,69 \pm 0,94	25 \pm 1,8	9 \pm 1,1	31 \pm 1,7	2 \pm 0,3	39 \pm 0,0	70 \pm 5,0	55 \pm 1,0	6 \pm 0,7
Profundidade 5-20 cm												
A	6 \pm 1,0	15 \pm 1,8	4,4 \pm 0,1	1,07 \pm 0,08	13 \pm 2,4	3 \pm 0,8	28 \pm 3,4	5 \pm 0,6	17 \pm 3,1	45 \pm 6,5	37 \pm 1,6	23 \pm 2,3
B	6 \pm 0,6	13 \pm 1,1	4,4 \pm 0,1	0,83 \pm 0,18	17 \pm 3,4	5 \pm 1,0	17 \pm 0,6	4 \pm 0,8	22 \pm 4,2	46 \pm 4,5	47 \pm 5,4	18 \pm 5,9
C	9 \pm 0,4	19 \pm 1,8	4,6 \pm 0,1	1,05 \pm 0,10	24 \pm 2,9	7 \pm 1,0	27 \pm 0,9	3 \pm 0,5	33 \pm 3,8	59 \pm 3,9	55 \pm 3,0	8 \pm 2,1
D	18 \pm 3,6	19 \pm 1,2	4,8 \pm 0,0	1,58 \pm 0,44	30 \pm 2,8	9 \pm 1,4	28 \pm 1,3	2 \pm 0,1	41 \pm 0,0	69 \pm 5,1	59 \pm 2,1	4 \pm 0,5

* Análise realizada segundo métodos descritos por Rajj et al. (2001)

Igualmente ao que ocorre com a fertilidade química, os dados de liberação de CO_2 não apresentaram diferença (Tukey 5%) entre os blocos (Figura 21), mostrando, entretanto, uma tendência de agrupamento dos blocos A e B separadamente de C e D para os dados da camada mais superficial. Essa diferença é detectada, usando-se Tukey a 20% e reforça a idéia de que os dois primeiros blocos estejam em ambientes mais degradados do que os dois últimos. Na camada de 5 a 20 cm não existe essa tendência.

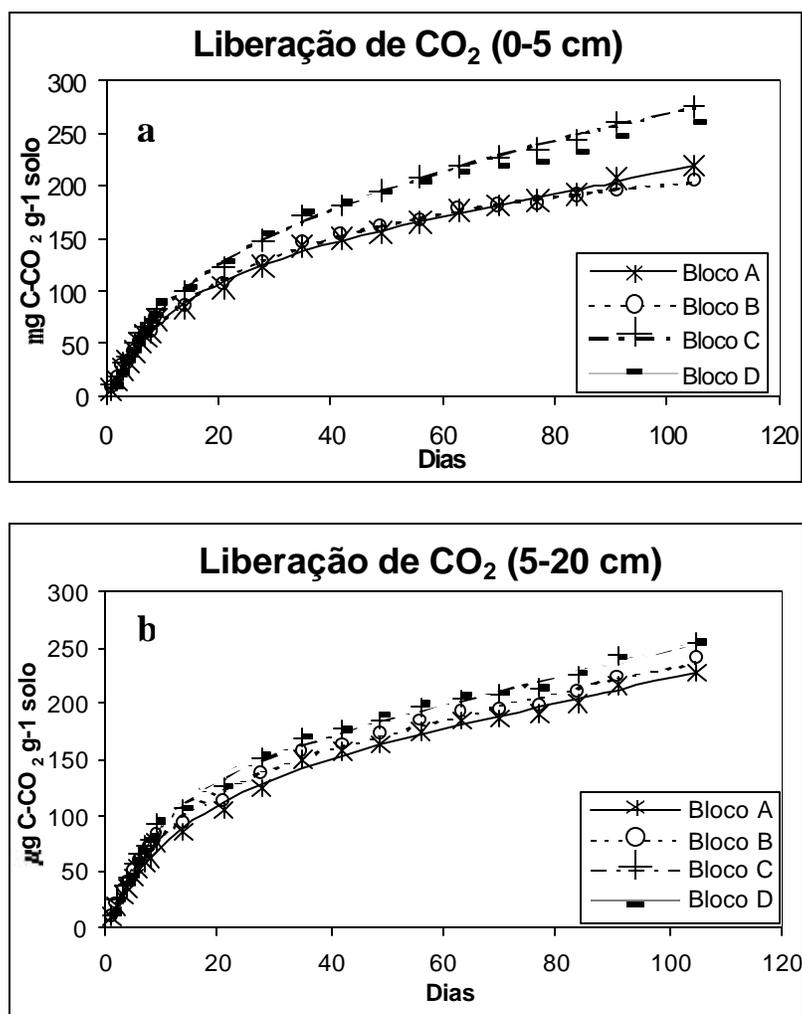


Figura 21 - (a) Liberação de CO_2 na profundidade 0-5 cm, nos blocos: Bloco A: $Y = (-6,52 + 12,59x) / (1 + 0,069x - 0,00020x^2)$, $R = 0,9990$; Bloco B: $Y = (-190,20 + 295,44x^{0,77}) / (15,68 + x^{0,77})$, $R = 0,9991$; Bloco C: $Y = 38,49(0,13^{1/x})x^{0,43}$, $R = 0,9994$; Bloco D: $Y = (-3,64 + 14,81x) / (1 + 0,063x - 0,00015x^2)$, $R = 0,9991$. (b) Liberação de CO_2 na profundidade 5-20 cm, nos blocos: Bloco A: $Y = (-0,59 + 11,50x) / (1 + 0,0574x - 0,00016x^2)$, $R = 0,9986$; Bloco B: $Y = (-3,17 + 14,27x) / (1 + 0,073x - 0,00021x^2)$, $R = 0,9985$; Bloco C: $Y = (-5,56 + 17,16x) / (1 + 0,084x - 0,00026x^2)$, $R = 0,9990$; Bloco D: $Y = (-2,84 + 17,21x) / (1 + 0,083x - 0,00024x^2)$, $R = 0,9987$. Médias dos blocos não diferiram estatisticamente (Tukey 5%).

A biomassa microbiana também não apresenta diferença entre os blocos, apesar de mostrar uma tendência semelhante a vários outros fatores, salvo pelo alto valor do bloco A, na camada mais superficial (tabela 23).

Tabela 23. Biomassa microbiana de cada tratamento (média \pm erro padrão), analisada em solo retirado em março/2000. Não há diferença significativa entre tratamentos (Tukey, 5%).

Blocos	Carbono da biomassa microbiana (mg C.g ⁻¹ solo)	
	(0-5 cm)	(5-20 cm)
A	202,05 \pm 25,45	159,62 \pm 11,99
B	163,06 \pm 16,41	154,32 \pm 14,85
C	180,67 \pm 17,43	164,50 \pm 10,97
D	193,76 \pm 7,47	167,84 \pm 9,86

4.3.5 Correlações e estádios sucessionais

Observando-se as tendências de todos os dados ou as diferenças estatisticamente comprovadas, é possível inferir que há três tipos básicos de ordenamento das médias dos blocos. O primeiro tipo agrupa os dados em que o bloco A apresenta as menores médias e o bloco D, as maiores. O segundo tipo apresenta um padrão inverso: o bloco D tem as menores médias e o bloco A, as maiores. No terceiro tipo, o bloco C apresenta as maiores médias, tendo o bloco B ou o D os valores inferiores. O padrão mais característico do primeiro tipo agrupa os dados da ocorrência do colônio (tabela 15), altura e diâmetro de Sangra d'água, diâmetro de Mutambo e Pau Viola (tabelas 18 e 21), os teores de Ca, Mg, Soma de Bases, V% e T, para ambas as profundidades (tabela 22). Para cada fator mensurado, o bloco A apresenta a menor média e o D, a maior (Figura 22).

O padrão inverso agrupa os dados do domínio da braquiária, teor de Al na camada de 5-20 cm do solo, e a saturação de Al à mesma profundidade. Para cada fator mensurado, o bloco A apresenta a maior média e o D, a menor (Figura 23).

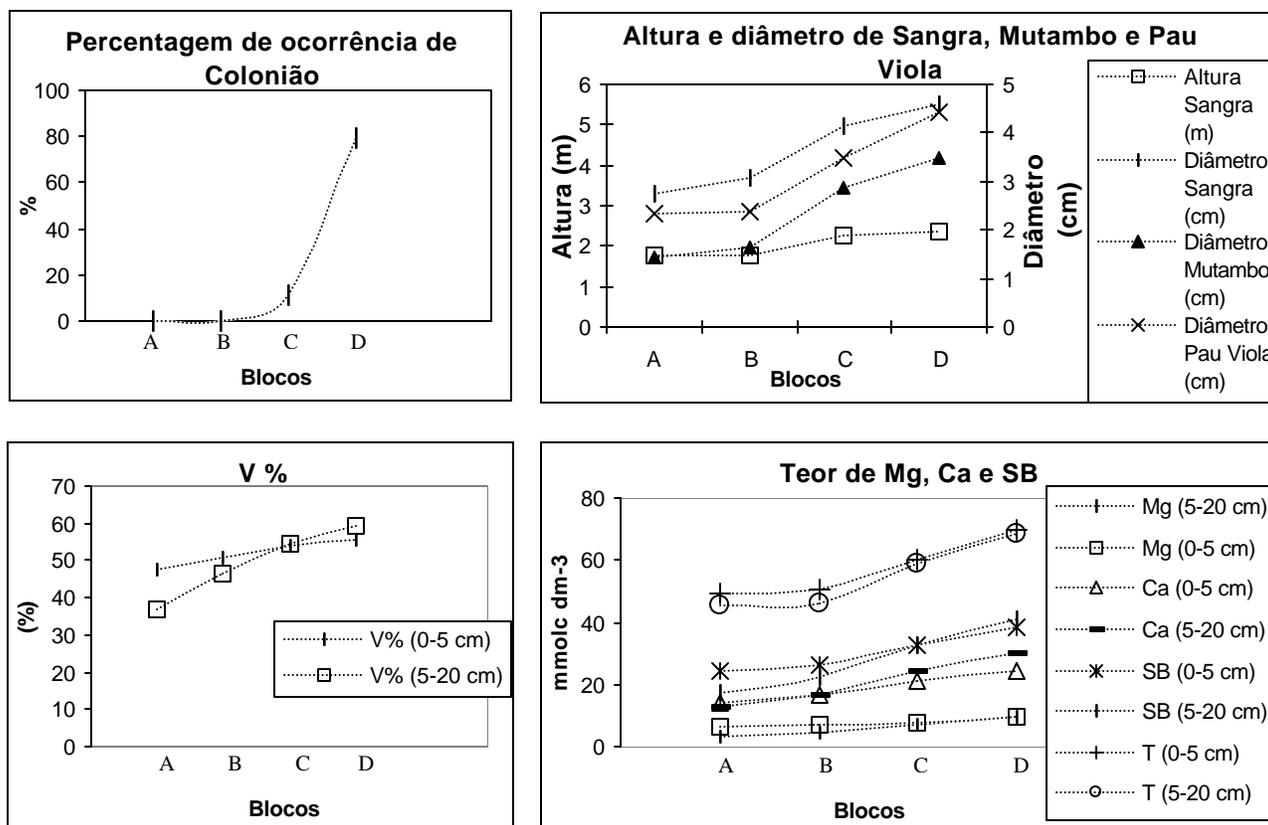


Figura 22 - Padrão apresentado pelos dados em relação aos blocos, observados na percentagem da parcela dominada por colônio, altura e diâmetro de Sangra d'água, diâmetro de Mutambo e Pau Viola, teores de Ca, Mg, SB, V% e T. Linhas pontilhadas ligam dados discretos apenas para efeito de visualização.

Seguindo esse mesmo tipo de padrão em relação às médias dos blocos, observa-se que o teor de Al e a saturação de Al na camada mais superficial do solo (0-5 cm) também apresenta médias maiores no bloco A do que no D, tendo porém os valores mais altos no bloco B (Figura 24).

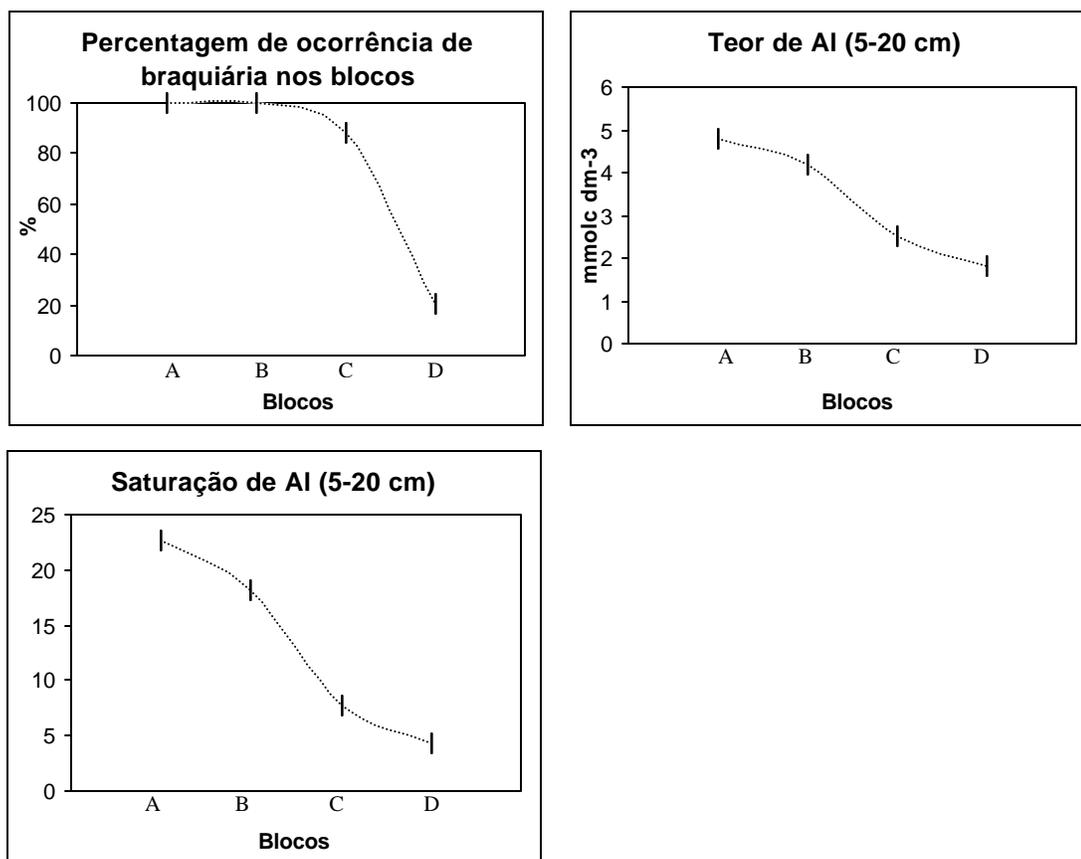


Figura 23 - Padrão apresentado pelos dados em relação aos blocos, observados na percentagem de domínio da braquiária, teor de Al e saturação de Al (5-20 cm). Linhas pontilhadas ligam dados discretos apenas para efeito de visualização.

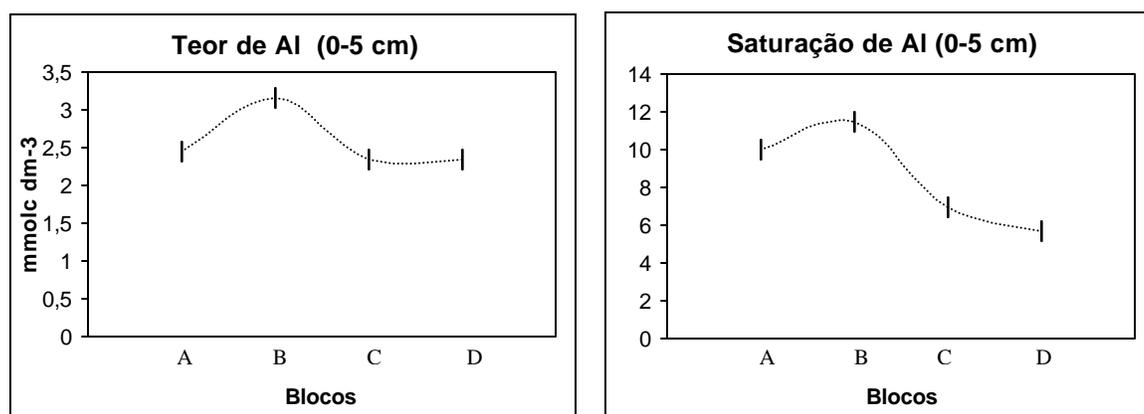


Figura 24 - Padrão apresentado pelos dados em relação aos blocos, observados teor de Al e saturação de Al na camada de 0-5 cm. Linhas pontilhadas ligam dados discretos apenas para efeito de visualização.

Em oposição ao padrão das médias do Alumínio nos blocos, observa-se que as médias da altura e diâmetro de Aroeira e Canelinha, altura de Mutambo e Pau Viola, e dos teores de P, Matéria Orgânica e K, nas duas profundidades, são mais baixas no bloco A do que no D, sendo que o bloco B mostra os menores valores (Figura 25).

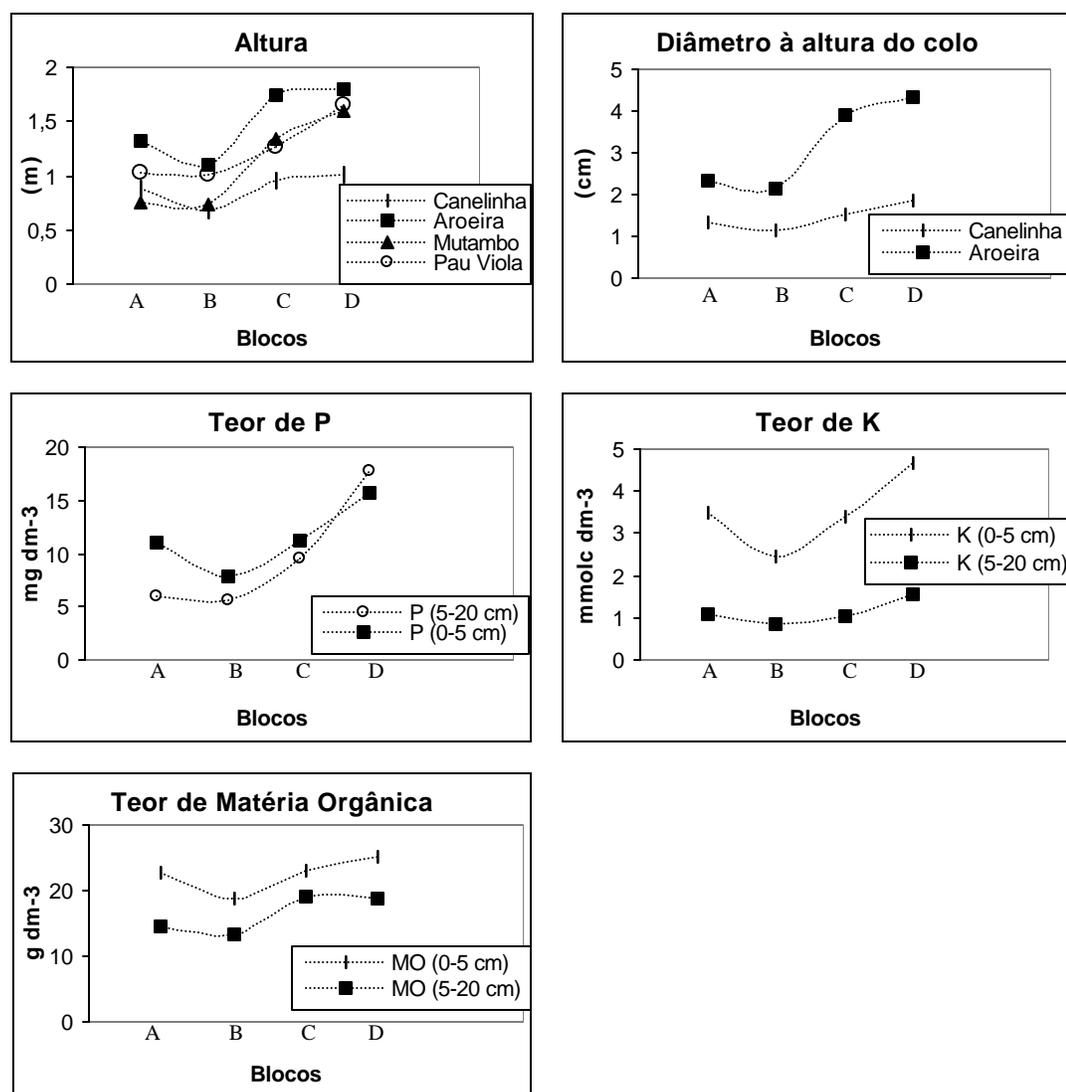


Figura 25 - Padrão apresentado pelos dados em relação aos blocos, observados na altura e diâmetro de Aroeira e Canelinha, altura de Mutambo e Pau Viola teores de P, Matéria Orgânica e K nas duas profundidades. Linhas pontilhadas ligam dados discretos apenas para efeito de visualização.

O quinto padrão foi observado nos dados de altura e diâmetro de espécies como Cordia e Embaúba, no diâmetro de Canafístula e na liberação de CO₂ na profundidade de 5-20 cm. O bloco A apresenta as menores médias e o bloco C, as maiores. Os blocos B e D apresentam médias intermediárias (Figura 26).

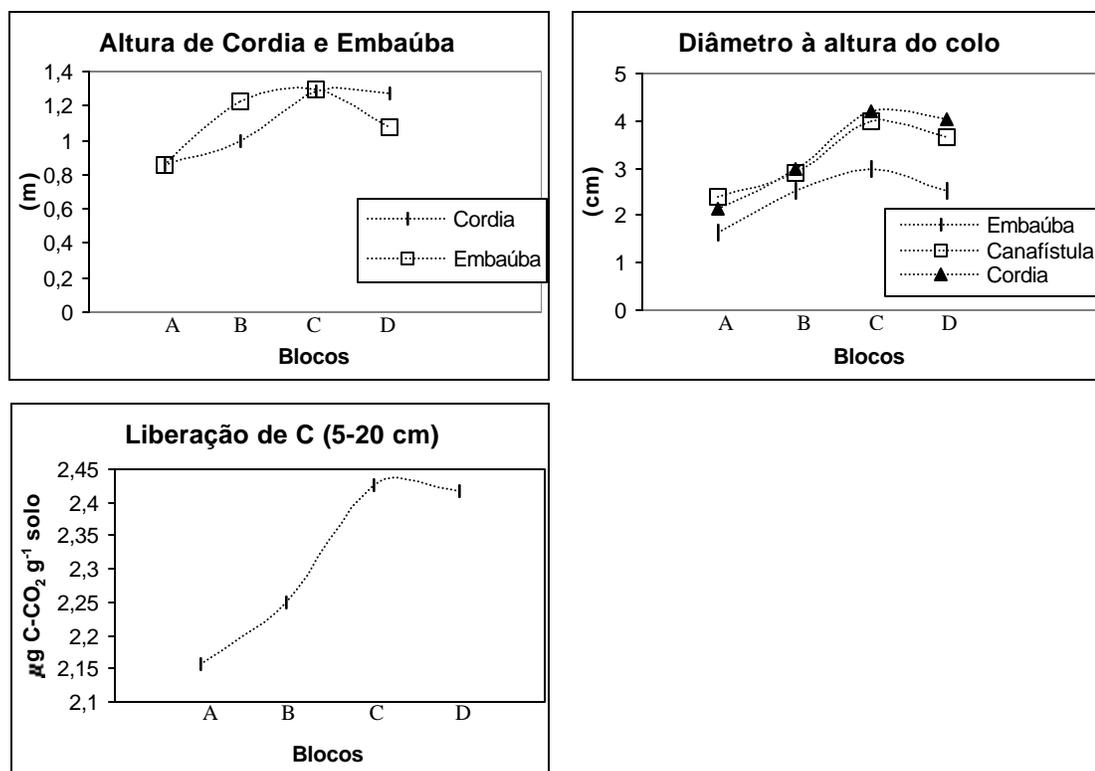


Figura 26 - Padrão de comportamento dos dados em relação aos blocos, observados na altura e diâmetro de Cordia e Embaúba, no diâmetro de Canafístula e na liberação de CO₂ na profundidade de 5-20 cm. Linhas pontilhadas ligam dados discretos apenas para efeito de visualização.

O sexto padrão compõe o terceiro tipo de ordenamento das médias, no qual os maiores valores são do bloco C e os menores estão no bloco B ou D. Foi desenvolvido pela altura e diâmetro de espécies como Trema e Tamboril, pela altura de Canafístula, pelos dados da biomassa microbiana na profundidade de 5-20 cm e de liberação de CO₂ na profundidade de 0-5 cm (Figura 27).

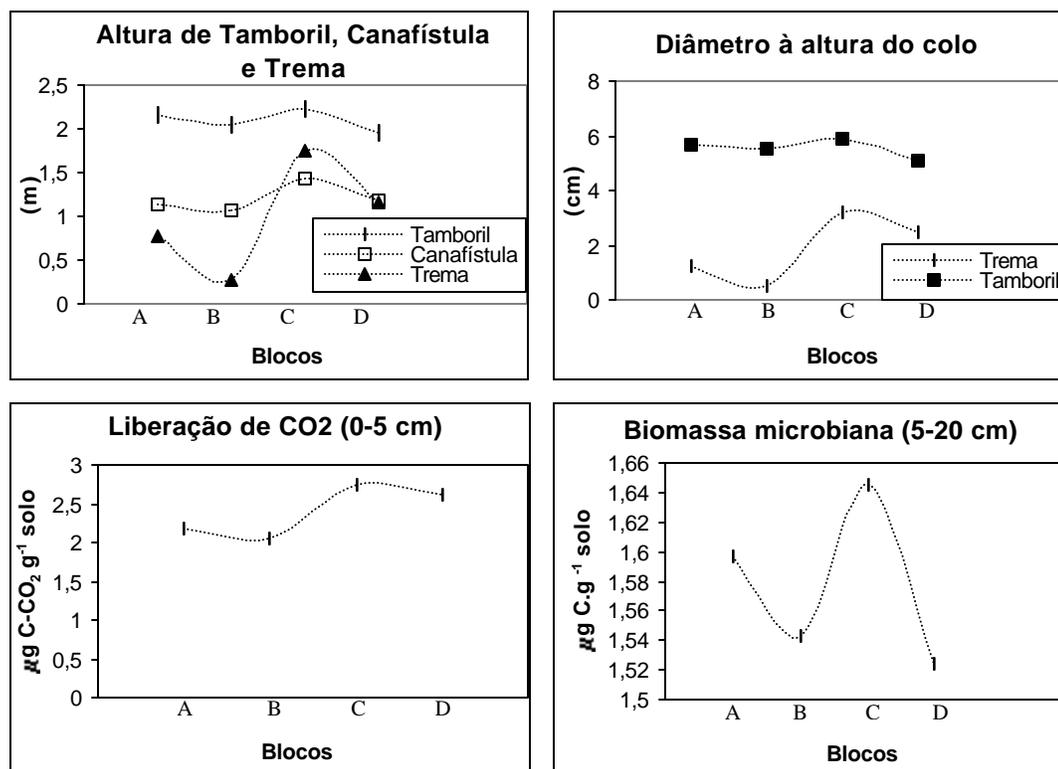


Figura 27 - Padrão de comportamento dos dados em relação aos blocos, observados na altura e diâmetro de Trema e Tamboril, altura de Canafistula, na biomassa microbiana na profundidade de 5-20 cm e na liberação de CO₂ na profundidade de 0-5 cm. Linhas pontilhadas ligam dados discretos apenas para efeito de visualização.

Tomando-se os dados acima relacionados como características da evolução do ambiente dentro da ótica da sucessão apresentada por Peneireiro (1999), na qual se considera uma modificação seqüencial do meio exercida pelos seres vivos em prol da própria vida, incluindo a alteração dos mais diversos fatores, sejam químicos, físicos ou biológicos, não se considera um determinado fator como causa única da modificação de outro, mas como fatores relacionados entre si, com causas comuns e referentes à própria proliferação da vida. Dessa maneira, pode-se inferir que há uma pequena diferença do grau de evolução do ambiente entre os blocos, ou seja, os blocos situam-se em estádios diferentes na sucessão.

Ainda que com algumas variações de comportamento, são muitos os fatores que apresentam os menores valores no bloco A e os maiores no D, como o teor de diversos nutrientes, fatores edáficos e crescimento de diversas espécies, o que leva a se supor que

o estágio de sucessão dos blocos também varie nessa direção. Ou seja, aparentemente, o bloco A e B situam-se em ambientes menos desenvolvidos que os blocos C e D. Os fatores que apresentam um ordenamento oposto entre os blocos, ou seja, têm as maiores médias nos blocos A ou B e as menores nos blocos C ou D, reforçam essa idéia, como o teor de Al, por exemplo, uma vez que teores mais baixos de Al podem ser relacionados com avanço na sucessão. O padrão do Alumínio parece ter extrema coerência com o desenvolvido pela Aroeira e Canelinha, sendo esse último também o padrão do P, da matéria orgânica e do K. Avanços na sucessão estão diretamente relacionados com o aumento da disponibilidade de P (Peneireiro, 1999) e teor de matéria orgânica, ao passo que indiretamente relacionados com o teor de Al. Dessa forma, pode-se supor que o bloco B situa-se em local ainda menos desenvolvido que o bloco A, apresentando um estágio anterior ao dos outros blocos, ou seja, há menos quantidade e qualidade de vida consolidada naquele local..

O bloco D apresenta valores maiores para alguns fatores e menores para outros, o que poderia parecer uma possível incoerência dos dados ou das idéias até aqui apresentadas. As médias do bloco D menores que as do C, observada nos Padrões da Cordia e da Trema, se revela para fatores como o domínio da braquiária, altura e diâmetro de Canafístula, Trema, Tamboril, Cordia e Embaúba, biomassa microbiana, liberação de CO₂ e teor de Al. No entanto, o bloco D apresenta maiores médias que o C para o domínio do colônio, altura e diâmetro de Aroeira, Canelinha, Mutambo, Pau Viola, Sangra d'água, teores de P, K, Matéria Orgânica, Ca, Mg, SB, V%, T. É preciso observar que o bloco D situa-se numa depressão do terreno, tendo sofrido alagamento após período de fortes chuvas, o que pode ter prejudicado algumas espécies menos adaptadas a essas circunstâncias, como é o caso da Canafístula, Trema, Tamboril e Cordia. (Carvalho, 1994). Essa situação pode também ter influenciado outros fatores, como a biomassa microbiana e liberação de CO₂, lembrando que a coleta foi feita em março de 2000, no fim da época chuvosa. No entanto, esses sítios de conformação côncava na paisagem podem apresentar acúmulo de diversos nutrientes, maior teor de argila e matéria orgânica (Colangelo, 1996), como demonstra a análise física do solo (em anexo), mostrando uma grande capacidade de suporte para os seres vivos em geral,

apesar da sazonalidade com referência à inundação. Portanto, pode-se considerar que, apesar dos menores valores observados para alguns fatores no bloco D, o ambiente se encontra ali com considerável estágio de desenvolvimento, pelo menos em comparação aos primeiros blocos, sendo onde as espécies mais exigentes melhor se desenvolvem.

A heterogeneidade do ambiente encontrada no experimento reforça a idéia de que as diversas situações das áreas a serem recuperadas demandam métodos de implantação e de manejo diferentes. Não há como generalizar ou padronizar um modelo único de recuperação. O uso e o conhecimento da grande diversidade de espécies existente, das suas demandas e adaptações ao ambiente é de vital importância para a recuperação não apenas da forma e estrutura da floresta, mas também dos processos naturais dos quais depende a saúde e a sustentação do ambiente.

Na verdade, os estádios de sucessão dos diversos sítios do ambiente são intuitivamente observados e utilizados pelos agricultores para escolha das espécies a serem cultivadas e dos locais de produção. O conhecimento tradicional agrega também a utilização de indicadores biológicos da diferenciação dos ambientes, que se relacionam com as espécies cultivadas, o que deveria ser melhor estudado à luz dos processos naturais. O conhecimento da relação entre espécies e entre estas e o ambiente assume grande valor quando o sistema de produção é complexo, quando envolve maior diversidade de espécies e de funções, principalmente quando busca reproduzir os processos naturais dentro do próprio sistema de produção e não apenas nos intervalos de produção, como ocorre com o pousio dentro da agricultura tradicional. É, portanto, de vital importância o conhecimento da demanda e função das espécies para a concepção, planejamento e manejo de sistemas produtivos baseados na sucessão. É com base na função das plantas que se formam consórcios de espécies adequados ao local, produtivos e direcionados ao avanço na sucessão.

As espécies com demanda de maior quantidade e qualidade de vida consolidada, situadas na sucessão (Figura 3) mais perto dos sistemas de Abundância, são mais exigentes e normalmente reagem negativamente a ambientes degradados, seja através de menor crescimento, sendo alvo de fitopatógenos e/ou fitófagos, ou outras reações nesse sentido. Já as espécies mais rústicas, localizadas mais no início da sucessão, demandam

menos quantidade e qualidade de vida consolidada no ambiente e se ressentem menos com a degradação. Como uma tentativa de inter-relacionar e ordenar as dez espécies arbóreas nativas utilizadas nesse experimento, à luz da teoria de Götsch, observo u-se o crescimento das árvores como uma resposta a níveis diferentes de quantidade e qualidade de vida consolidada, ou seja, como uma reação a ambientes em diferentes estádios na sucessão. Com base nas análises dos dados de altura e diâmetro de cada espécie, por bloco e por tratamento, contrastou-se a reação ao estádio sucessional menos desenvolvido do bloco B e a reação ao ambiente, supostamente mais desenvolvido, gerado pelos SAFs (Tabela 24).

Tabela 24. Ordem sucessional das espécies, de acordo com a reação ao bloco B (menores valores em altura e diâmetro) e aos ambientes gerados pelos SAFs (maiores valores em SAFs).

Espécie		Reação ao Bloco B	Reação aos SAFs
Sangra	Alt.	Não	Não
	Diâm.	Não	Não
Embaúba	Alt.	Não	Não
	Diâm.	Não	Não
Cordia	Alt.	Não	Sim
	Diâm.	Não	Não
Mutambo	Alt.	Sim	Não
	Diâm.	Não	Não
Pau Viola	Alt.	Sim	Não
	Diâm.	Não	Não
Trema	Alt.	Sim	Não
	Diâm.	Sim	Não
Tamboril	Alt.	Sim	Não
	Diâm.	Sim	Não
Canafístula	Alt.	Sim	Sim
	Diâm.	Não	Sim
Aroeira	Alt.	Sim	Sim
	Diâm.	Sim	Não
Canelinha	Alt.	Sim	Sim
	Diâm	Sim	Sim

As espécies que seguem o comportamento da Aroeira e da Canelinha parecem ser menos rústicas e mais sensíveis a características restritivas, como teores mais altos de Al, e responder melhor a ambientes mais avançados devido à maior demanda de

quantidade e qualidade de vida consolidada. Essas características podem indicar que ocupam uma função mais à frente na sucessão do que aquelas que aparentemente não se relacionam com o maior teor de Al na camada mais superficial do solo, caso da Sangra d'água, que não apresenta menores valores para o bloco B. Além disso Sangra d'água não apresentou diferença entre os tratamentos, o que foi considerado como uma característica de rusticidade, pois foi menos sensível à melhoria do ambiente ocasionado pelas leguminosas do SAF simples. As espécies que se relacionam apenas parcialmente com ambos os padrões parecem ocupar posição intermediária entre Sangra e Canelinha. Sugere-se a seguinte ordem sucessional das espécies: Sangra e Embaúba; Cordia, Pau Viola e Mutambo; Tamboril; Trema; Canafístula e Aroeira; Canelinha.

Pode-se concluir também que o colônio tende a ocupar os locais mais adiantados na sucessão, substituindo a braquiária com o desenvolvimento do ambiente. De fato, a braquiária é uma espécie bem mais rústica que o colônio, menos exigente em fertilidade (Skerman & Riveros, 1992), sendo capaz de vicejar em ambientes menos desenvolvidos, com menos quantidade e qualidade de vida consolidada, inclusive com menores teores de nutrientes disponíveis, ocupando sua função de melhoria do ambiente num estágio sucessional anterior ao do colônio. Uma vez que o ambiente se desenvolve e avança na sucessão, o colônio (assim como uma infinidade de outras espécies que têm suas funções em um estágio de sucessão semelhante) ocupa o espaço, substituindo as espécies que já cumpriram suas funções no ambiente, como é o caso da braquiária, por exemplo. É preciso observar que o próprio colônio pode se situar num estágio mais semelhante ao da Aroeira do que os gráficos de comportamento nos blocos aqui apresentados possam sugerir, o que seria comprovado, por exemplo, com o surgimento espontâneo dessa gramínea primeiramente no bloco A e depois no bloco B. Para comprovar essa hipótese, seria necessário o planejamento de um experimento direcionado ao estudo das funções das espécies na sucessão, o que não se verifica no presente trabalho.

Como um ensaio, propõe-se a localização das espécies estudadas no gráfico elaborado por Götsch, tomando-se a ordem sucessional discutida acima e o tamanho do ciclo de vida de cada espécie (Figura 28).

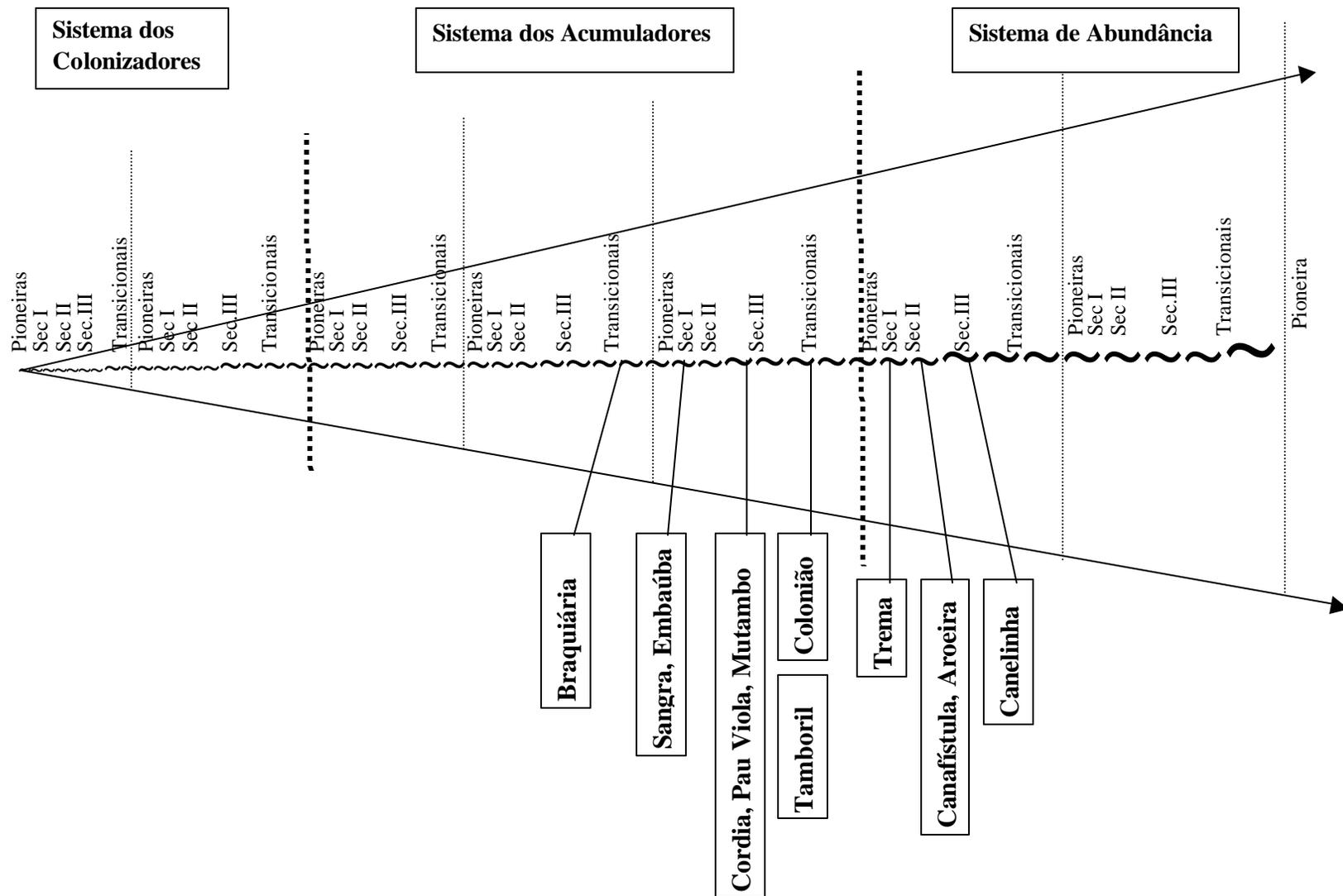


Figura 28 – Localização preliminar das espécies estudadas no gráfico elaborado por Götsch, de acordo com o tamanho do ciclo de vida e o comportamento das espécies nos blocos e tratamentos.

5 CONCLUSÕES

1. Os Sistemas Agroflorestais, tanto o complexo como o simples, comparados ao Sistema Florestal e ao pousio, não influenciaram negativamente os atributos biológicos do solo, nem prejudicaram o crescimento das árvores nativas destinadas à recuperação da mata ciliar.
2. O Sistema Agroflorestal simples obteve melhor resposta no crescimento em altura das árvores nativas em geral e na área basal de algumas espécies. O resultado sugere que recuperação do ambiente apenas com espécies arbóreas seja uma estratégia parcial, que normalmente gera sistemas menos densos, com lacunas de nichos onde entram as espécies “daninhas”. A inclusão de plantas herbáceas, e não apenas as arbóreas, nos sistemas de recuperação florestal traz benefícios ecológicos e econômicos, além de tratar o ambiente de forma mais integrada. O resultado também questiona a classificação de espécies arbóreas como pioneiras, o que pode estar refletindo a compartimentalização acadêmica entre as ciências agrônoma e florestal.
3. As espécies arbóreas nativas responderam de forma diferenciada ao manejo agroflorestal, onde, provavelmente, predominaram interações positivas com as outras espécies do sistema.
4. O SAF simples necessitou menor número de manejos e conseqüentemente, exigiu menos mão-de-obra que o Sistema Florestal, o que reverte em menor custo, principalmente de manutenção. Há a possibilidade do SAF simples reduzir os custos em 16%, em relação ao sistema florestal

5. A heterogeneidade da área refletiu-se nos vários parâmetros avaliados, o que permitiu uma ordenação dos blocos em termos de estágio sucessional e uma ordenação das espécies arbóreas nativas de acordo com o lugar que ocupam na teoria de sucessão elaborada por Götsch.
6. Ensaio de ordenação sucessional das espécies arbóreas nativas estudadas, à luz da teoria de sucessão apresentada por Götsch: Sangra e Embaúba; Cordia, Pau Viola e Mutambo; Tamboril; Trema; Canafístula e Aroeira; Canelinha.
7. Para implantação e manejo de sistemas complexos, o conhecimento da função de cada espécie é necessário para uma melhor composição de consórcios, o que leva a menor custo de produção. Os estudos dos efeitos da competição e da densidade de plantas nos sistemas complexos não devem ser feitos separadamente do estudo do manejo empregado no sistema.

5.1 Considerações finais

A execução de um projeto de pesquisa tende a responder perguntas objetivamente traçadas, mas também a lançar diversas outras perguntas que sugerem investigações posteriores. No tocante ao SAF simples aqui estudado, seria interessante a pesquisa sobre leguminosas que tenham facilidade de auto-semeio, de forma a diminuir a necessidade de mão-de-obra pela metade, já que há evidências que sistemas agroflorestais não apresentam competição com as arbóreas, podendo, inclusive, promover melhor desenvolvimento das mesmas. Uma proposta para a área seria o uso de *Crotalaria spectabilis*, que necessita de uma quantidade de 15 kg/ha, a um custo atual de R\$54,00/ha, o que já mostra uma economia considerável em relação ao feijão-de-porco, utilizado nesse experimento. Uma outra linha de pesquisa seria a possibilidade de incorporar os SAFs simples como sistemas adequados à produção de sementes de leguminosas.

Quanto aos SAF complexos, certamente é uma linha de pesquisa que demanda mais tempo e investimento, devido à enorme distância atual que nossa sociedade tem dos sistemas complexos. As características de cada sistema parece ser extremamente

localizada e de difícil generalização, porém é imprescindível que se busquem os princípios dos processos naturais que são a base de tais manejos.

A recuperação das matas ciliares é uma necessidade ambiental que tem urgência de pesquisa em várias áreas e precisa de ações conjuntas entre diversos atores da sociedade. A inclusão de agricultores na pesquisa incorpora uma gama de conhecimentos informais e aumenta a abrangência dos estudos, permitindo trocas e evoluções de ambas as partes. O estudo de sistemas agrofloretais, principalmente de SAFs simples, para recuperação de ambientes estratégicos para a sociedade, como são as matas ciliares, são objetos plenamente adequados para a pesquisa participativa, pois existem claras tendências da capacidade de recuperação desses sistemas (Rodrigues & Gandolfi, 2000; Young, 1989), porém ainda há necessidade de aprofundamento de diversas questões. A principal delas parece ser a definição de critérios para o manejo agroflorestral de maneira a garantir os baixos impactos da produção aliada à restauração, inclusive de forma a fundamentar revisões da legislação ambiental. A criação de projetos-piloto que envolvam a pesquisa-ação de SAFs para recuperação junto a agricultores pode ser uma maneira de ampliar a escala de atuação e a capacidade de geração e circulação de conhecimentos.

ANEXO

Anexo 1: Textura da camada de 5 – 20 cm do solo (média dos tratamentos \pm erro padrão), de amostras coletadas 13 meses após a implantação do experimento.

Tratamento	Areia (%)				Silte (%)	Argila (%)
	Grossa	Media	Fina	Total		
Testemunha	2,32 \pm 0,27	18,42 \pm 0,98	55,67 \pm 1,86	76,00 \pm 2,52	5,33 \pm 0,88	18,67 \pm 1,76
Florestal	1,79 \pm 0,27	11,96 \pm 2,11	46,00 \pm 2,45	59,75 \pm 3,59	15,25 \pm 1,44	25,00 \pm 2,65
SAF simples	1,88 \pm 0,58	11,22 \pm 2,83	48,50 \pm 2,50	61,75 \pm 2,32	13,25 \pm 1,49	25,00 \pm 1,00
SAF complexo	2,09 \pm 0,52	11,50 \pm 2,11	48,50 \pm 2,53	62,25 \pm 4,53	14,00 \pm 2,68	24,00 \pm 2,16

Anexo 2: Textura da camada de 5 – 20 cm do solo (média dos blocos \pm erro padrão), de amostras coletadas 13 meses após a implantação do experimento.

Blocos	Areia (%)				Silte (%)	Argila (%)
	Grossa	Media	Fina	Total		
A	1,78 \pm 0,51	14,00 \pm 3,12	54,50 \pm 1,55	70,25 \pm 3,68	9,75 \pm 2,29	20,00 \pm 2,16
B	2,30 \pm 0,26	13,67 \pm 1,66	49,75 \pm 2,95	65,75 \pm 4,17	11,25 \pm 2,50	23,00 \pm 1,73
C	2,57 \pm 0,22	15,54 \pm 1,47	47,00 \pm 2,65	65,00 \pm 3,03	11,50 \pm 1,85	23,50 \pm 1,50
D	1,13 \pm 0,29	7,05 \pm 1,21	44,67 \pm 0,67	53,00 \pm 2,00	18,67 \pm 0,88	28,67 \pm 1,33

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641-649, 1998.
- BARBOSA, J.M.; BARBOSA, L.M.; STROSS, S.R. et al. Recuperação de áreas degradadas de mata ciliar a partir de sementes. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, p.702-705, mar.1992
- BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. cap.15.4, p.289 – 312.
- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAES, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.9, p 269 – 286.
- BAZZAZ, F.A.; PICKETT, S.T.A. Ecofisiologia de la sucesion tropical: una revision comparativa. **Cronica Forestal y del Medio Ambiente**, n.6, p.1-27, set. 1988.
- BERNAL. M.R.; GOMEZ POMPA, A. Estudios de las primeras etapas sucesionales de una selva alta perennifolia en Veracruz, Mexico. In: GOMEZ-POMPA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C.; RODRÍGUEZ, S.A. et al. (Ed.) **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico**. Mexico: Compañía Editorial Continental, 1979. cap.5, p. 112-202.
- BIELLA, L.C. **Reflorestamento misto com essências nativas da UHE de Paraibuna**. São Paulo: CESP, 1981. 14p. (Boletim do Departamento de Recursos Naturais – CESP)

- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rainforest species in the light of successional process. **Turrialba**, v.15, n.1, p.40-42, jan./mar. 1965.
- BUDOWSKI, G. La sucesion forestal y su relacion com antiguas praticas agricolas en el tropico americano. In: SEMINÁRIO SOBRE PLANEJAMENTO DE PROJETOS AUTO-SUSTENTÁVEIS DE LENHA PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE, Turrialba, 1991. Turrialba: FAO, 1991. p.55-61.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1994. 640 p.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos; a teoria da trofobiose** Porto Alegre: L&Pm, 1987.
- COLANGELO, A.C. O modelo de feições mínimas, ou das unidades elementares de relevo: um suporte cartográfico para mapeamentos geocológicos. **Revista do Departamento de Geografia**, n.10, p.29-40. 1996.
- COSTA, M.B.B. da. (Coord.) **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.
- DENSLOW, J.S. Gap partitioning among tropical rainforest trees. **Biotropica**, v.12, p.47-55, Jul, 1980.
- DUBOIS, J.C. **Manual de sistemas agroflorestais.** Rio de Janeiro: REBRA, 1996. 228p.
- FINEGAN, B. Forest succession **Nature**, v. 312, p.109-114, Nov.1984.
- FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed) **Nutrição e fertilização florestal** Piracicaba: IPEF, 2000. cap.12, p.351 – 384.
- GALVÃO, F.; ZILLER, S.R.; BUFREM, A.M. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas: análise sucessional em floresta estacional decidual. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.11, n.1/2, p.161-168, 1991.

- GAMA-RODRIGUES, A.C. da; BARROS, N.F. de. Biomassa e nutrientes da serapilheira e do solo sob plantios puros e mistos de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Rio de Janeiro: SBSCS, 1997.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; LINNEU, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.55, n.4, p. 753-767, 1995.
- GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.11, p.309 – 346.
- GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22 p.
- HEIN, M. Vazio biológico e coevolução. **Agroecologia Hoje**, n.9, p.7-8, jun./jul. 2001.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil.-V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, p.209-213, 1976.
- JHA, D.K.; SHARMA, G.D.; MISHRA, R.R. Soil microbial population numbers and enzyme activities in relation to altitude and forest degradation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.27, n.8, p.761 – 767, Aug. 1992.
- KAGEYAMA, P.Y.; BIELLA, L.C.; PALERMO JÚNIOR., A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais**. São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v.1, p.109-112,.
- KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares**. São Paulo: EDUSP, 2000. cap.15.2, p.249 – 269.

- KAGEYAMA, P.Y.; SANTARELLI, E.; GANDARA, F.B.; et al. Restauração de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. **Anais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p.569 – 576.
- LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar In: SIMPOSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo, 1989. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.25-42.
- LUIZÃO, R.C.C.; COSTA, E.S.; LUIZÃO, F.J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma seqüência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v.29, n.1, p.43-56, 1999.
- MACDICKEN, K.G.; VERGARA, N.T. (Ed.) **Agroforestry, classification and management** New York: John Wiley, 1990. 382 p.
- MARGULIS, L. **O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução** Rio de Janeiro: Editora Rocco, 2001. 137 p.
- MARTINEZ-RAMOS, M. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. In GOMEZ-POMPA, A.; DEL-AMO, R.S. (Ed.) **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas em Vera Cruz, México**. México: Alhambra Mexicana, 1985. cap. 10, p.191-239.
- McINTOSH, R.P. Succession and ecological theory. In: WEST, D.C.; SHUGART, H.H.; BOTKIN, D.B. **Forest succession**. New York: Springer-Verlag, 1981. cap.3, p.10-23.
- MENDONZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; et al. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.201-207, 2000.
- MILZ, J. **Guía para el establecimiento de sistemas agroforestales** La Paz: DED, 1997. 92 p.
- MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; DA VINHA, S.G. Studies on restoration ecology in Atlantic forest region of Bahia, Brazil. **Interciencia**, v.19, n.6, p.323-30. nov./dez. 1994.

- NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 17p. (Boletim Técnico, 24).
- NOGUEIRA JUNIOR, L.R. Caracterização de solos degradados pela atividade agrícola e alterações biológicas após reflorestamentos com diferentes associações de espécies da Mata Atlântica. Piracicaba, 2000. 50 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.
- OLDEMAN, R.A.A. **Forests: elements of silvology.** Berlin: Springer-Verlag, 1990. 624p.
- PASSOS, L.P.; CARVALHO, L.A.; MARTINS, C.E. et al. (Ed.) **Biologia e manejo do capim elefante.** Juiz de Fora: Embrapa, CNPGL, 1999. 229 p.
- PEARSON, C.J.; ISON, R.L. **Agronomy of grassland systems.** 2.ed.. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 222 p.
- PENEIREIRO, F. M. Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. Piracicaba, 1999. 138 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.
- RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; RODRIGUES, D.C. et al. Influência do uso e manejo do solo na produção de CO₂ em diferentes agroecossistemas na região dos cerrados (compact disc). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Solo-suelo 96:** trabalhos. Piracicaba: SBCS/SLCS, 1996.
- RODRIGUES, R.R. Florestas ciliares: uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares.** São Paulo: EDUSP, 2000. cap. 6, p.91-99.

- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares**. São Paulo: EDUSP, 2000. cap.15.1, p.235– 247.
- RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares**. São Paulo: EDUSP, 2000. cap. 4, p.45-71.
- ROSSIGNOL, M, ROSSIGNOL, L.; OLDEMAN, R.A.A. et al. **Struggle of life** or the natural history of stress and adaptation. The Hague: Treebook, 1998. 237p.
- SAHANI, U.; BEHERA, N. Impact of deforestation on soil physicochemical characteristics, microbial biomass and microbial activity of tropical soil. **Land Degradation and Development**, v.12, n.2, p.93 – 105. Mar./Apr. 2001.
- SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508 p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Estado do Meio Ambiente. **Bacia do rio Piracicaba: estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água**. São Paulo, 1994. 81p.
- SKERMAN, P.J.; RIVEROS, F. **Gramíneas tropicais**. Roma: FAO, 1992. 849p. (FAO. Producción y Protección Vegetal, 23)
- SHUGART. H.H. **A theory of forest dynamics**. New York: Springer-Verlag, 1984. 277 p.
- SILVA, S.M. Composição florística e fitossociológica do componente arbóreo das florestas ciliares da bacia do rio Tibagi, Paraná: 2. Várzea do rio Bitumirim, município de Ipiranga, PR. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, p.192-198, mar.1992.
- SZOTT, L.T.; FERNANDES, E.C.M.; SANCHEZ, P.A. Soil-plant interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v.45, p.127-152, 1991.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.

- VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.35-42, 2000.
- VAZQUEZ-YANES, C.; SADA, S.G. Caracterización de los grupos ecológicos de árboles de la selva húmeda. In: GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUEZ-YANES, C.; AMO RODRIGUEZ, S. et al. (Ed.) **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Vera Cruz, Mexico**. México: Continental, 1976. 676 p.
- VIANA, V.M. Seed dispersal and gap regeneration: the case of three amazonian species. Harvard, 1989. Thesis (Ph.D.) - Harvard University.
- VIANA, V.M.; MATOS, J.C.S.; AMADOR, D.B. Sistemas agroflorestais e desenvolvimento rural sustentável no Brasil (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Rio de Janeiro: SBCS, 1997.
- VIANA, V.M.; VETORAZZI, C.; ZAKIA, M.J. et al. **Plano diretor para conservação dos recursos hídricos por meio da recuperação e da conservação da cobertura florestal da bacia do rio Corumbataí**. Piracicaba: IPEF-SEMAE, 2002. 343p.
- VITOUSEK, P.M.; WHITE, P.S. Process studies in succession. In: WEST, D.C.; SHUGART, H.H.; BOTKIN, D.B. **Forest succession**. New York: Springer-Verlag, 1981. cap.17, p.267 -276.
- WITHMORE, T.C. **An introduction to tropical rainforest** New York: Oxford University Press, 1990. 226 p.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International, 1989. 276 p
- ZIPPARRO, V.B.; SCHLITTER, F.H.M. Estrutura da vegetação arbórea na mata ciliar do Ribeirão Claro, município de Rio Claro-SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, p.212-218, mar.1992.