

Pomar ou floresta: princípios para manejo de agroecossistemas

Jorge Luiz Vivan

Colaboração: Alberto Bracaggioli Neto



AS-PTA ■ ASSESSORIA E
SERVIÇOS A PROJETOS EM
AGRICULTURA ALTERNATIVA

ECOLÓGICA
AGRICULTURA
CENTRO DE AGRICULTURA ECOLÓGICA IPÊ

Cadernos de T. A.

Rio de Janeiro, maio de 1995

Pomar ou floresta:

princípios para manejo de agroecossistemas

AS-PTA – Assessoria e Serviços
a Projetos em Agricultura Alternativa
Rua da Candelária, 9 - 6º andar
20091-020 – Rio de Janeiro – RJ
Fax: (021) 233-8363

Centro de Agricultura Ecológica Ipê
Caixa Postal 21
95240-000 - Ipê - RS
Fax: (054) 233-1226

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Documentação da AS-PTA

Vivan, Jorge Luiz.

Pomar ou floresta: princípios para manejo de
agroecossistemas. / Jorge Luiz Vivan. — Rio de
Janeiro: AS-PTA, 1995. 2ª edição.
96 p.: il.— (Cadernos de T.A.).

1. Agroecossistemas. 2. Agrossilvicultura.
3. Pomar. I. Título. II. Série

Satis 120.21

Setor de comunicação – AS-PTA:
Produção: Lourdes M. Grzybowski
Ilustrações: Jorge Luiz Vivan
Editoração eletrônica:
 Desktop Publicações Ltda.

Pomar ou floresta: princípios para manejo de agroecossistemas

Jorge Luiz Vivan

2ª edição

maio de 1995

 AS-PTA ■ ASSESSORIA E
SERVIÇOS A PROJETOS EM
AGRICULTURA ALTERNATIVA

 AGRICULTURA
CENTRO DE AGRICULTURA ECOLÓGICA IPÊ

Agradecimentos

Este texto pretende sintetizar muitos saberes que se perdem com os ecossistemas que se vão e com as pessoas que os conheceram. Algumas pessoas escrevem livros, outras lutam por idéias e sonhos e inspiram os que lutarão para torná-los realidade. Outras repartem em minutos de conversa a experiência que levaram uma vida para juntar.

A Sebastião Pinheiro, que lá nos idos de 83 confirmou-me que é preciso coragem, mas muita competência.

A Delvino Magro e Ernst Götsch, agricultores-cientistas e vice-versa, que tiveram a coragem (e a competência) de construir sonhos.

A Maria José Guazzelli, que além de traduzir e escrever livros, os vive, motivando a tudo e a todos que a rodeiam.

A Mauro Resende, o professor que eu gostaria de ter tido.

Ao Centro de Agricultura Ecológica Ipê, que semeou muitas das idéias que esta publicação procura sintetizar.

Jorge Luiz Vivan
Ipê, março de 1993

Prefácio

É sempre um grande desafio teorizar sobre a prática. Na visão cartesiana de mundo, que domina nosso pensamento hoje, a teoria tem sido uma forma de enclausurar a dinâmica da vida: os produtos dessa clausura são os dogmas, os preconceitos e as hierarquias artificialmente criadas que, antecipadamente, repudiam o novo e só abrem os olhos para aquilo que querem ver.

Ter olhos para a vida em movimento e tentar, mais do que descrevê-la, entendê-la no seu fluxo é uma tarefa pretensiosa.

Porém, é extremamente gratificante descobrir o quanto a natureza é simples e exata quando não se tem uma fôrma pronta onde se quer encaixar a realidade. É gratificante entender que a fôrma teórica deve mudar para se ajustar à dinâmica dos fatos.

Este é o tema central de *Pomar ou floresta: princípios para manejo de agroecossistemas*: levantar teorias de apoio que permitam uma abordagem holística na compreensão da primeira forma de intervenção sistêmica do ser humano na biosfera: a agricultura.

Maria José Guazzelli
Centro de Agricultura Ecológica Ipê

Sumário

Capítulo I

A ciência e a ética	1
Comentários sobre o método científico	2
Árvore, pomar, floresta	5

Capítulo II

A sucessão ecológica em um ecossistema florestal do trópico e do subtropical úmido	11
--	----

Capítulo III

Formação e manejo do agroecossistema pomar	25
O organismo solo	27
Floresta e pomar: adaptação, convivência, antagonismos	30
Criação de solo de floresta para o pomar	32
O porquê da adubação verde.....	33
Formação de agrofloresta em capoeirão.....	37
O manejo das ervas indicadoras: sucessão, alelopatia, interações	38

Capítulo IV

Recomposição da arquitetura florestal.....	45
Matéria orgânica e seu fluxo.....	51
Teoria e prática	54
Análise do modelo.....	57
Intervenção e custo energético.....	57
Formação de pomares ecológicos no Rio Grande do Sul.....	60
Solos degradados	61
Aportes externos e evolução do sistema	62
Matéria orgânica e elemento animal.....	63
Análise de ecossistemas e sua fauna.....	63
Inóculos microbianos ou biotecnologia de Gaia	64
Implicações práticas para o manejo do elemento animal.....	65
Sucessão de flora e de fauna	66

Capítulo I

A ciência e a ética

A história da ciência é rica e ilustrativa quanto a um ponto ao qual reputamos importância máxima: a ética. A ética é um conceito tão frágil quanto a vida e, para a humanidade, tão importante quanto ela. Permitiu que a cultura e o conhecimento passassem de geração para geração como patrimônio da humanidade. Sem dúvida, inclinou Santos Dumont a considerar seu invento um patrimônio desse tipo, deixando para os espíritos mais comerciais o patenteamento e os lucros.

Quando uma teoria é levantada, quando um invento se concretiza e quando esses produtos da engenhosidade do ser humano resultam em benefício social, o autor tem direitos inerentes, inclusive por uma questão de ética. Porém, não se trata de tornar o conhecimento uma propriedade privada, uma mercadoria.

O conhecimento se cria pela aglutinação de idéias, fatos, práticas e materiais em um todo orgânico. Portanto, o primeiro dever do autor é reconhecer que não é criador: o conhecimento é patrimônio conjunto da humanidade, e sua constante renovação no interesse da vida só é possível quando não se torna mercadoria ou instrumento de poder.

É com esse espírito que procuramos elaborar este texto. O sentido de renovação do conhecimento se dá na medida em que tentamos atribuir uma forma orgânica e literária a pedaços da vida e da experiência de inúmeras pessoas. Todas elas têm em comum a luta diária para criar formas de convivência com a natureza baseadas na ética e no conhecimento, com um único objetivo final: a vida.

Filosfera, Rizosfera e nutrientes	67
Filosfera	67
Rizosfera	69
Rizosfera, nutrientes e formações vegetais.....	72
Capítulo V	
A ação humana: reduzir intervenções	75
Insetos, ácaros e doenças como indicadores biológicos.....	76
Indicadores em diferentes níveis.....	77
Mudas.....	78
Enxertos e porta-enxertos.....	80
Podas.....	81
Capítulo VI	
Pulverizações foliares, adubações e metabolismo da planta.....	83
O aporte por via foliar na natureza.....	83
O caso das frutíferas de clima temperado.....	85
O caso das frutíferas tropicais	86
Adubação e metabolismo.....	87
Trofobiose e controle biológico	89
Preparação e utilização de estimuladores de metabolismo e de adubos foliares.....	90
Micronutrientes: quanto, quando e quais acrescentar?	91
Conclusão.....	93
Referências.....	95

Comentários sobre o método científico*

Os indígenas, há milhares de anos, observam a natureza, intuem, deduzem e experimentam, construindo o seu saber. É significativo que a classificação de plantas, insetos e outros animais feita por eles se baseie em características comportamentais, utilitárias, sensoriais, etc. O ser vivo é analisado como tal dentro das inter-relações do ecossistema.

Já a ciência ocidental classifica através do isolamento, da vivisseção e da análise fragmentada. A própria ecologia é uma ciência recente e ainda bastante influenciada pelo espírito cartesiano da biologia do século XIX. Mesmo após anos de estudo e experiência de campo, um entomologista gabaritado precisa matar uma abelha para identificá-la com o auxílio de equipamentos óticos. Um índio caiapó, com 12 anos de idade, irá classificá-la pelo zumbido de seu vôo, pela maneira como entra na colméia, pelo ritual de vôo antes de nela entrar e, como recurso final, pelo cheiro que exala ao ser esmagada e por seus caracteres morfológicos. A morte *a priori* não só é desnecessária, como elimina as possibilidades de uma perfeita identificação.¹ Esse processo de compreensão dos ecossistemas tornou-se possível através da transmissão oral dos conhecimentos, de geração para a geração, durante milhares de anos, em sociedades onde viver é sinônimo de aprender.

Portanto, é compreensível que, com menos de 200 anos nos trópicos e nos subtropicais, a agricultura desenvolvida pelos imigrantes europeus no Brasil apresente tantos equívocos em relação ao manejo dos ecossistemas nativos.

Menos justificável é a persistência de diretrizes tecnológicas que ignoram os ecossistemas em suas concepções, impondo um fluxo interminável de necessidades e intervenções que se traduzem em gastos crescentes de energia e capital, num processo onde a sustentabilidade é extremamente questionável.

Assim, dois pontos são fundamentais para basear nosso trabalho: primeiro, o saber local é importante, mas deve ser contextualizado dentro de uma perspectiva histórica. Num país como o Brasil, o pequeno agricultor do Sul tem menos de 200 anos de convivência com os ecossistemas, e o conhecimento indígena foi praticamente dizimado. Nessa região, temos

* Este item foi elaborado por Alberto Bracaggioli Neto, que compõe a equipe do Centro de Agricultura Ecológica Ipê.

uma agricultura de tradição européia com algumas adaptações e um limitado conhecimento de manejo dos ecossistemas. Segundo, necessitamos juntar o conhecimento local e aborígine existente e adaptá-lo para as necessidades atuais, tendo como pano de fundo uma abordagem séria e orgânica dos ecossistemas que suportam nossas atividades.

Precisamos reduzir necessidades, reduzir intervenções, enfim, reduzir o enorme desequilíbrio energético que caracteriza a agricultura praticada nos dias atuais. Com esse objetivo, tratamos, aqui, de entender e teorizar alguns anos de experiências práticas bem-sucedidas na formação de agroecossistemas, à luz de uma teia de conhecimentos que hoje ultrapassam a noção que nos foi dada de ciência agrônoma.

Na medida em que a ciência avança, inclusive na sua própria epistemologia, ou seja, quando suas próprias bases são renovadas no sentido do holismo, a compreensão dos fenômenos naturais não ocorre mais de forma reducionista e compartimentada. Nesse ponto, começam a surgir infinitas possibilidades para a convivência humana. É o momento para o reconhecimento do homem como parte da teia da vida, e não como centro ou criador.

*“Os animais se dividem em: a) pertencentes ao imperador, b) embalsamados, c) domesticados, d) leitões, e) sereias, f) fabulosos, g) cães em liberdade, h) incluídos na presente classificação, i) que se agitam como loucos, j) inumeráveis, k) desenhados com um pincel muito fino de pêlo de camelo, l) et cetera, m) que acabam de quebrar a bilha, n) que de longe parecem moscas”.*²

Essa taxonomia, que se revela incompreensível dentro dos limites do pensamento estruturado pela nossa civilização, faz parte da classificação de animais de uma enciclopédia chinesa. Nesse sistema de classificação, são misturados o fantástico com o imaginário e estruturas reais com simbólicas, que ocupam o mesmo espaço nessa forma de se ver o mundo.

A incapacidade de se conceber uma nova ordem que não seja a nossa traz consigo uma estrutura científica legada pelo autoritarismo e que não consegue ver a vida como um eterno pulsar de possibilidades.

A história das ciências demonstra que seus avanços não ocorrem em um processo gradual de acumulação de dados e em uma formulação cada vez mais apurada de teorias. Pelo contrário, eles mostram uma natureza cíclica, com estágios e dinâmicas específicas.

Kunh demonstra como a ciência, durante o período que denomina de “ciência normal”, é categórica na pressuposição de que a comunidade científica sabe como o universo é e também como ele não é.³ A aceitação de

um novo paradigma na comunidade científica raramente é fácil. Por exemplo, quando Charles Darwin escreveu a *Origem das espécies* concluiu seu livro afirmando: "De maneira nenhuma espero convencer naturalistas experientes, cujas mentes estão repletas de multidões de fatos catalogados por longos anos, segundo um ponto de vista diametralmente oposto ao meu. Mas olho com confiança para o futuro — para naturalistas jovens que surgirão e que serão capazes de enxergar os dois lados da questão com imparcialidade".

Uma crítica radical aos pressupostos da metodologia científica demonstra, com evidências inequívocas, a importância da ruptura com o sistema de princípios firmes, imutáveis e absolutos. Paul Feierabend considera que: "A coerência, por força da qual se exige que as hipóteses novas se ajustem às teorias aceitas, é desarrazoada, pois preserva a teoria mais antiga e não a melhor".⁴ Uma comparação científica entre duas teorias só é possível quando for observado o contexto daquela que está sendo testada.

Durante três séculos, a ciência ocidental foi dominada pelo paradigma newtoniano-cartesiano, que produziu um grande progresso em diferentes áreas do conhecimento. Porém, com os avanços obtidos principalmente na física moderna, esse paradigma criou um sério obstáculo para o avanço da pesquisa científica. As disciplinas criadas através dele formaram uma imagem do universo como um imenso e complexo sistema mecânico, composto por um conjunto de matéria inerte e passiva que se desenvolve sem a participação da inteligência criativa.

Nas primeiras décadas deste século, principalmente após dois artigos publicados por Einstein, em 1905, as bases que sustentavam a visão mecanicista do universo foram abaladas. No primeiro artigo, Einstein formulou os princípios de sua Teoria da Relatividade e, no segundo, sugeriu uma nova maneira de se olhar a luz. Essas novas idéias foram aperfeiçoadas e deram origem à teoria quântica do processo atômico. Essa teoria e seu "modelo planetário" mostraram os átomos como sendo constituídos de espaço vazio, com apenas minúsculas partículas de matéria, sendo que as partículas subatômicas, com uma paradoxal natureza dualística, apareciam algumas vezes como partículas e outras vezes como onda. Essa natureza dualística provou que o princípio de identidade, fundamento da lógica aristotélica, "caiu em desuso porque determinados objetos científicos podem ter propriedades que se verificam em experiências de tipo nitidamente oposto."⁵

Os avanços da física moderna envolveram brilhantes pesquisas, mas também uma desordem conceitual e diferentes conflitos humanos, pois "devemos compreender que a aquisição de uma forma de

conhecimento se traduz automaticamente numa reforma de espírito".⁶ Não é possível afirmar que esse processo conflitivo tenha originado um novo paradigma. Porém, as diferentes interpretações que passam a ganhar força na atualidade se aproximam do enfoque holístico que procura sintetizar unidades em totalidades organizadas.

As diferentes teorias que se desenvolvem na atualidade, como a Teoria Gaia, proposta por Lovelock, entre outras, demonstram características surpreendentes. A física moderna passa a adquirir uma compreensão da realidade que se assemelha a antigas tradições religiosas orientais.⁷ Os mitos e os conhecimentos aborígenes que pareciam estranhos e sem sentido (porque seu conteúdo científico era desconhecido ou distorcido por "cientistas" que acreditavam conhecer a totalidade do universo) passam a se tornar válidos e coerentes. Estar perante esse universo multifacetado e contraditório traz consigo incertezas e inseguranças sobre o que realmente sabemos, queremos e somos.

"Os riscos que se apresentam à humanidade, criados pela civilização, restituem para o homem a aventura de retomar seu destino e controlá-lo. O que ele antes fazia temendo aos deuses, aos quais já não teme, com medo de pragas que já controla, submetido ao desconhecido que já conhece, agora o homem terá que fazê-lo diante dos riscos que criou. Terá que enfrentar um deus maluco chamado homem, uma praga que ele criou chamada poder científico e tecnológico e tentar desvendar um desconhecido chamado ele mesmo, seu sistema econômico, sua relação com a natureza, a essência de seu processo civilizatório."⁸

Árvore, pomar, floresta

A base do entendimento do que fazer, quando fazer e como fazer reside, em boa parte, na compreensão dos ecossistemas e, particularmente, dos processos de sucessão vegetal e animal que se dão dentro deles, num constante processo de evolução. Nesse processo, onde os limites entre os reinos vegetal, animal e mineral são muito estreitos e dinâmicos, ciclos e padrões regulam os fluxos e a forma da biomassa, bem como os nutrientes que nela circulam. Vegetais e animais se alternam e se intercomplementam em formas e funções, modificando o ambiente e sendo por ele modificados em níveis que vão do microambiente à escala climática global.⁹

O código para o entendimento dessa dinâmica está, em boa parte, descrito em padrões e formas na natureza, os quais refletem ciclos e transições de energia. A geometria fractal, enunciada por Benoit Mandelbrot é uma abordagem científica e ocidental para o entendimento do papel de padrões da natureza¹⁰ (na Figura 1, págs. 8 e 9, pode-se apreciar alguns dos padrões de fluxo energético que se refletem também nas formas dos vegetais). Porém, algumas das civilizações pré-cristãs conheciam profundamente seus ecossistemas e adotavam a imitação de formas da natureza como chave para a solução de seus problemas diários. A presença de símbolos ligados a esses padrões é comum entre as culturas Inca, Maia e Asteca, na América; Gaulesa e Celta, no Velho Mundo, entre outras (Figura 2, pág. 10). Alguns desses povos chegaram a manejos primorosos dos ecossistemas com os quais conviviam.

No Brasil, a etnobiologia abriu um vasto campo na medida em que resgatou parte da cultura indígena, principalmente no tocante ao seu convívio com a diversidade biológica. Áreas inteiras que eram consideradas intocadas pela mão humana foram, na verdade, utilizadas por mais de 4 mil anos por culturas cujo legado é ainda parcamente conhecido. Os índios caiapó, cuja tradição de manejo florestal remonta a milhares de anos, foram estudados nos anos 80 por uma equipe de etnobiólogos, numa tentativa de recuperar parte desse legado.¹¹ O estudo revelou que eles utilizavam manejo de sucessão vegetal, transplante de mudas, formação de áreas de caça e de concentração de recursos, apicultura e outras atividades que permitiram a gerações sucessivas a satisfação de suas necessidades de transporte, vestuário, habitação, alimentação, lazer, amor e arte, sem nenhum prejuízo à diversidade biológica ou à auto-regulação dos ecossistemas. Hoje em dia, nas terras dos caiapó, grandes áreas apresentam concentração de castanhais de origem antropogênica. Esses castanhais são atualmente explorados por uma geração que não conheceu seus implantadores. Tal manejo só foi possível pelo acesso direto e natural ao conhecimento dos ecossistemas, num processo que se fundiu com a cultura indígena ao longo dos séculos.

A grande lição de obviedade que aprendemos dos sistemas aborígenes é que as árvores frutíferas são, antes de tudo, árvores, e como tal devem ser tratadas. As árvores vêm, na escala de sucessão, depois dos líquens, musgos, gramíneas, herbáceas e arbustivas, e essa obviedade científica é esquecida pela agricultura convencional na implantação e no manejo de pomares. As árvores convivem geralmente em formações vegetais que, não raro, contemplam vários dos estágios citados. As formações vegetais, por sua vez, podem evoluir para florestas, onde todos os seres vivos presentes estão interligados como num só organismo e

interagem com a rocha matriz que dá origem ao solo. Essa evolução, como afirma Lovelock, em seu livro *As eras de Gaia*, não é estanque. A vida cria suas próprias condições, e por elas é influenciada.

Quando instalamos um pomar, mesmo que no fundo de um quintal, raramente imaginamos ou sabemos que aquela espécie em questão evoluiu em um determinado ecossistema com plantas "companheiras" específicas que caracterizavam uma formação vegetal em um certo estágio de sucessão, e que, dessa forma, tal espécie condicionou suas necessidades e formas de interação com outros seres vivos, para melhor aproveitar a energia que lhe chegava pela radiação, pela água e pelos nutrientes.

Uma floresta não é uma assembléia de seres vivos, vegetais e animais, mas um organismo em si próprio, com mecanismos definidos e aperfeiçoados de auto-regulação. A simples observação de uma formação vegetal nos dá elementos para o seu entendimento: a arquitetura das plantas, a distribuição de ramos e folhas, a distribuição das espécies no tempo e no espaço, as formas animais que ali evoluíram e se integraram.

De posse desse conhecimento, planejamos nossa intervenção em função de objetivos humanos, porém estando cientes de que fazemos parte de um organismo vivo que tem um objetivo: transformar a entropia inexorável do planeta em formas de vida cada vez mais aperfeiçoadas e complexas. Cada raio de sol, cada sopro de vento, cada gota de chuva, cada elemento nutritivo aportado ou carregado deve ser manejado para seu aproveitamento ótimo pela vida que se instalou no planeta, e da qual fazemos parte.

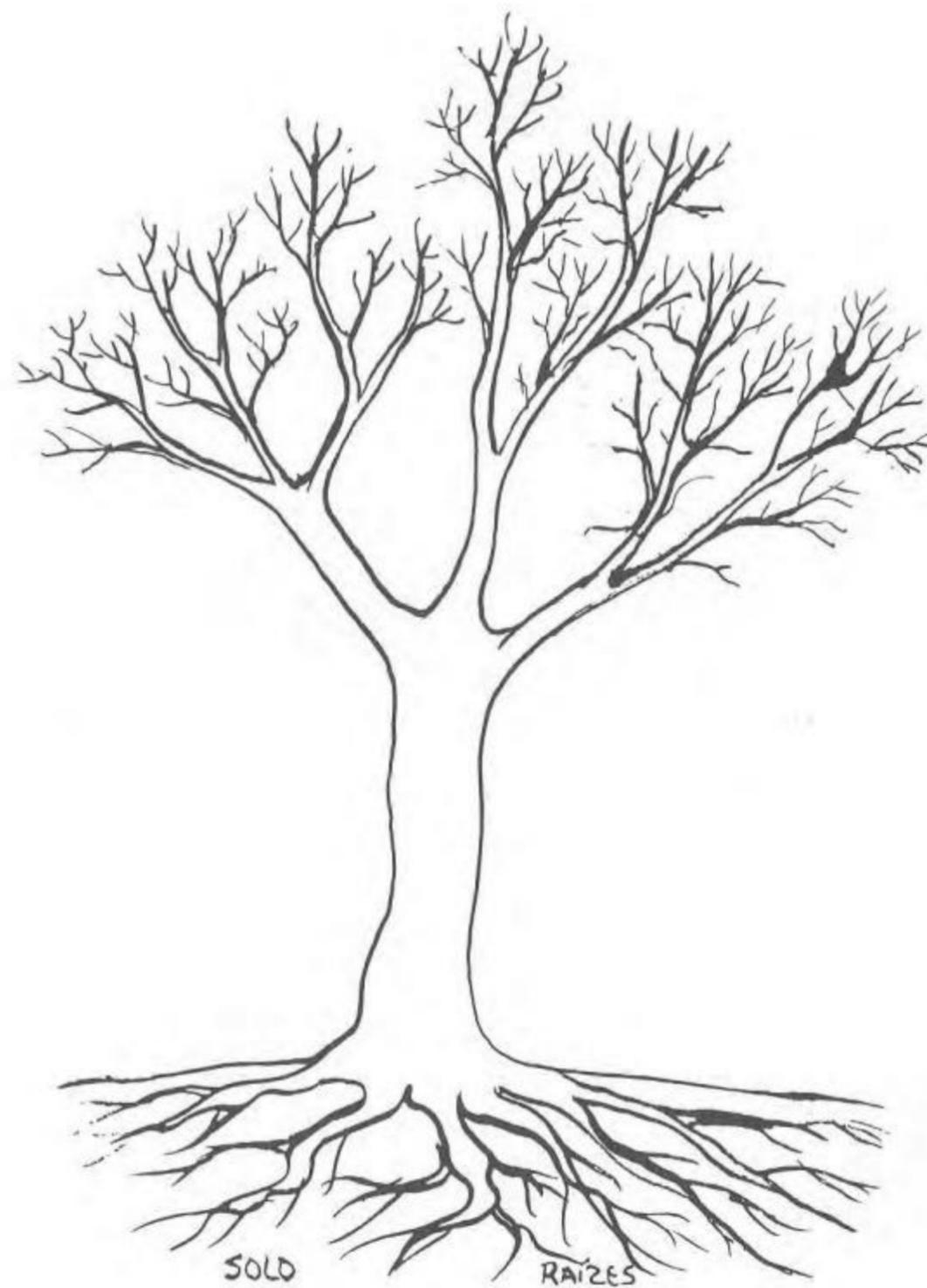
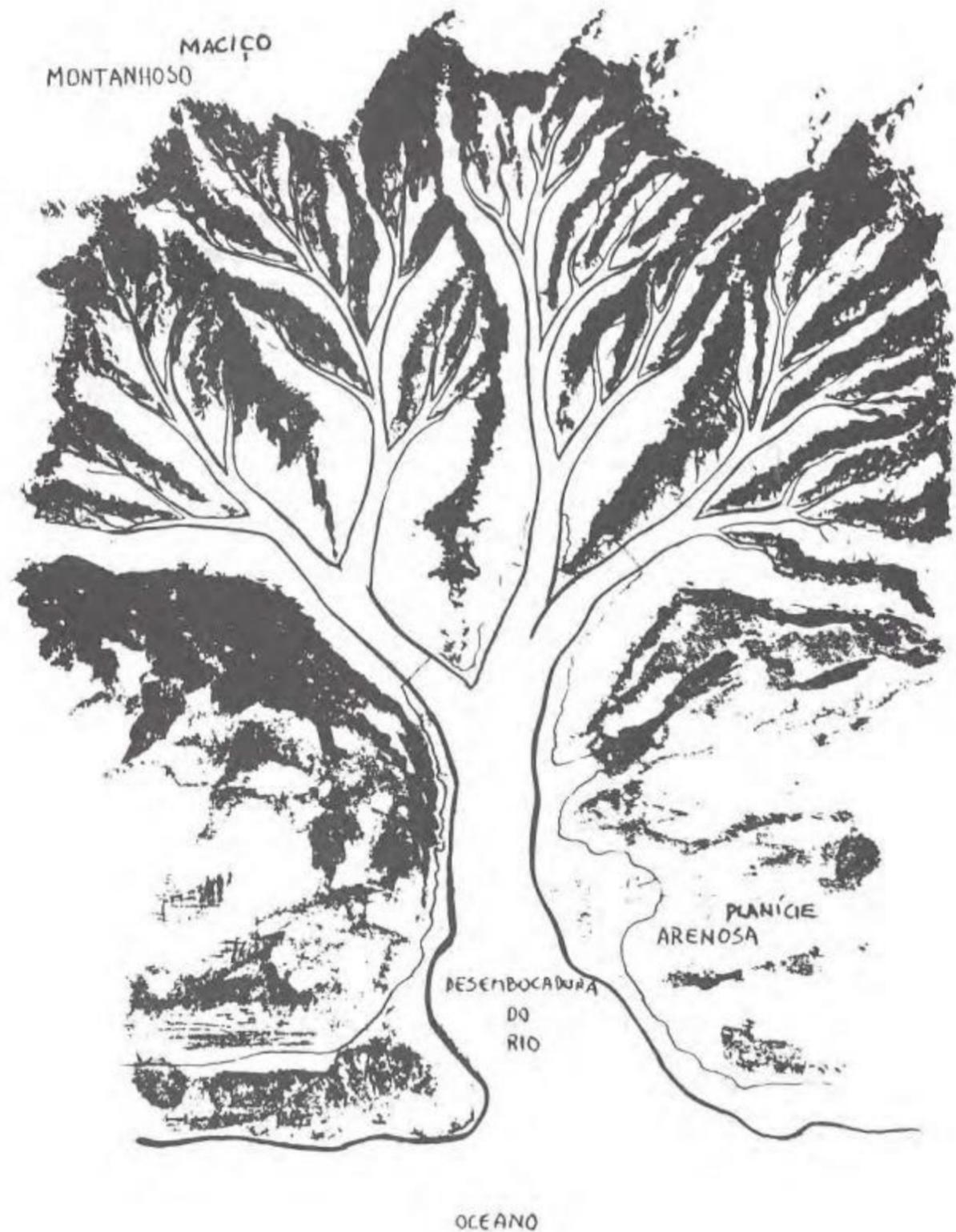


Figura 1. O desenho à esquerda representa a vista aérea de uma bacia hidrográfica do tipo conhecido como "espinha de peixe". Já o solo arenoso da planície é extremamente poroso, e a drenagem não apresenta o mesmo padrão. Repare-se a incrível semelhança da árvore sem folhas, ilustrada à direita, com a bacia hidrográfica. Tal semelhança não é casual: as formas (de bacias de drenagem e dos vegetais) exprimem como se dá o fluxo de energia dentro do sistema.

O solo argiloso do maciço e arredores configura a drenagem da região num padrão dendrítico. Já o solo arenoso da planície é extremamente poroso, e a drenagem não apresenta o mesmo padrão. Repare-se a incrível semelhança da árvore sem folhas, ilustrada à direita, com a bacia hidrográfica. Tal semelhança não é casual: as formas (de bacias de drenagem e dos vegetais) exprimem como se dá o fluxo de energia dentro do sistema.

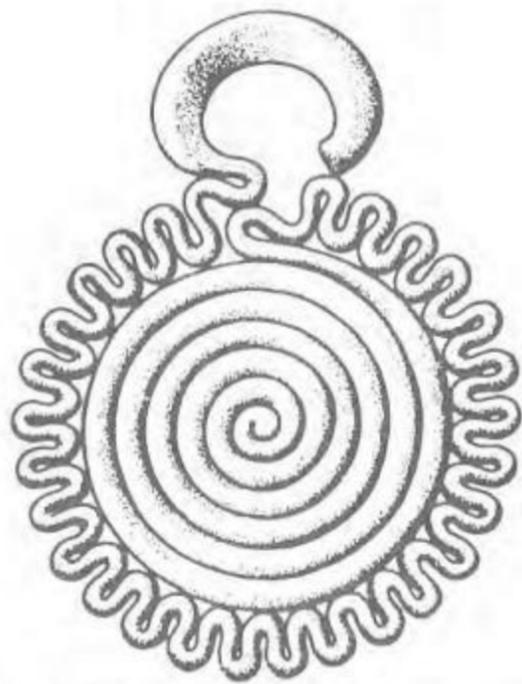


Figura 2. Acima, adorno nasal de ouro da cultura Milagro, costa do Equador. Abaixo, canais de irrigação datando do período Wari-Chimú, na costa norte peruana. Evidências como esta última, preservadas no deserto, indicam que áreas hoje não cultivadas foram produtivas em épocas pré-históricas. Repare-se a semelhança entre as formas.

Fonte: Meggers, Betty J. *América pré-histórica*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1979

Capítulo II

A sucessão ecológica em um ecossistema florestal do trópico e do subtropical úmido

A vegetação clímax no trópico e no subtropical úmido é, em sua maior parte, representada por florestas complexas e altamente diversificadas. Esse clímax é, na verdade, um equilíbrio dinâmico, resultante de um processo evolutivo de milhões de anos. A renovação constante desse organismo se dá através dos ciclos de vida e morte de seus indivíduos.

Imaginemos a queda de uma grande árvore na floresta: uma árvore dominante, do ciclo terciário, está coberta por epífitas, abrigando uma infinidade de espécies. Árvores desse ciclo duram de 100 a 400 anos ou até mais. Nessa faixa, ficam sujeitas a uma queda natural, pois estão senescentes, e o grande peso das epífitas que abrigam facilita o trabalho dos ventos comuns aos trópicos e subtropicais. A queda arrasta algumas árvores menores, abrindo uma clareira. Essa área é um modelo de utilização otimizada das oportunidades energéticas ali presentes. Um imenso colchão de matéria verde cobre o solo, abrigando-o da radiação intensa que penetra na clareira. A estrutura das raízes e seu posterior apodrecimento incrementa a infiltração, reduzindo as perdas por escorrimento, e propicia a formação da matéria orgânica que permitirá a explosão do crescimento vegetal que se seguirá à queda (Figura 3).

A queda da árvore pode ter sido ocasionada pela ocorrência de um raio, seguido de fogo, ou pode ser apenas um tombamento de final de ciclo, ocorrência comum em dias de tempestade. Assim, o solo ativará seu banco genético de sementes de acordo com as condições geradas pelo evento. A umidade disponível e a intensidade, a qualidade e a periodicidade da radiação serão fatores que influenciarão a combinação das espécies necessárias à recuperação da eficiência energética. O solo é recoberto por



Figura 3. Queda de uma grande árvore na floresta

uma miscelânea de espécies herbáceas, trepadeiras e arbustivas que irão compor essa primeira etapa da sucessão vegetal. O repovoamento com espécies do ciclo terciário dependerá da chuva de sementes e, portanto, da existência de matrizes próximas, bem como de disseminadores específicos como roedores, aves e frugívoros em geral (Figura 4, págs. 16 e 17).

À medida que o sistema evolui, as gramíneas e herbáceas vão cedendo espaço às arbustivas pioneiras, e a insolação do solo vai diminuindo e mudando de qualidade. As pioneiras arbóreas já despontam do emaranhado verde. Vão desaparecendo, gradativamente, todas as gramíneas, exceto as espécies umbrófilas. A presença de gramíneas como o bambu (*Bambusa* sp.) em florestas com mais de 40 anos pode ser o reflexo de uma ação antropogênica através de fogo, introdução de animais, retirada do estrato superior, etc., com exceção das florestas onde elas formam originalmente o sub-bosque. Seguindo a sucessão, os cipós deslocam sua massa verde para o alto, e a mata começa a ficar mais aberta próximo ao solo. As pioneiras já estão adultas e as espécies da mata primitiva já crescem em condições adequadas de umidade, radiação e nutrientes (Figura 5, págs. 18 e 19). Finalmente, as espécies da mata primária chegam ao topo, formando o estrato superior da floresta. Muitas das espécies dos ciclos intermediários iniciam sua senescência, fornecendo os nutrientes necessários para a evolução do sistema. No solo, uma manta de folhas, ramos e resíduos de toda natureza são reciclados febrilmente por um sem número de formas de vida que aproveitam todo o nutriente que ali chega. Nesse ponto, o organismo florestal reestruturou sua biomassa no clímax possível que seu estágio de evolução e as condições de radiação, nutrientes e água permitiram (Figura 6, págs. 20 e 21).

Dentro de um organismo florestal, cada indivíduo tem seu metabolismo próprio, que é o resultado de vários fatores, entre eles os nutricionais. Da mesma forma, a saúde desse organismo como um todo influencia o estado de cada um de seus indivíduos e é por eles influenciada.

Uma das principais características de um organismo sadio é a capacidade de auto-regulação: a homeostase. Essa homeostase do organismo florestal é possível graças à imensa diversidade biológica e à não-linearidade e não-simultaneidade de eventos como queda de árvores e ciclos de renovação. Em outras palavras, cada queda de árvore representa a retomada de um ciclo em um determinado ponto (Figura 7, págs. 22 e 23). Além dos milhares de pontos possíveis, as quedas não são simultâneas e as condições variam dentro de cada um deles. Isso propicia uma imensurável diversidade de nichos, ocupados pela fervilhante vida de uma floresta. Nesse processo, que interliga o micro ao macro, o ponto comum é o metabolismo da massa viva, ou biomassa, que gira dentro do sistema e os ciclos e padrões que o regulam.

O estudo a partir das partes nada diz do todo, e a abordagem sistemática é a única que leva a uma compreensão de seu funcionamento e dos mecanismos que otimizam a utilização de energia dentro dele. A análise esquemática de um desses ciclos mostra uma forma ou padrão de como a biomassa se reorganiza em um ciclo de renovação até o clímax (Figura 8, pág. 24).

A energia total do sistema não se perde, mas muda gradativamente de forma até chegar ao estágio clímax. Este nada mais é que um ponto dentro de um ciclo infinito, só interrompido ou alterado por eventos de ordem planetária, como as glaciações, ou pela ação destruidora e sistemática de gerações sucessivas de seres humanos.

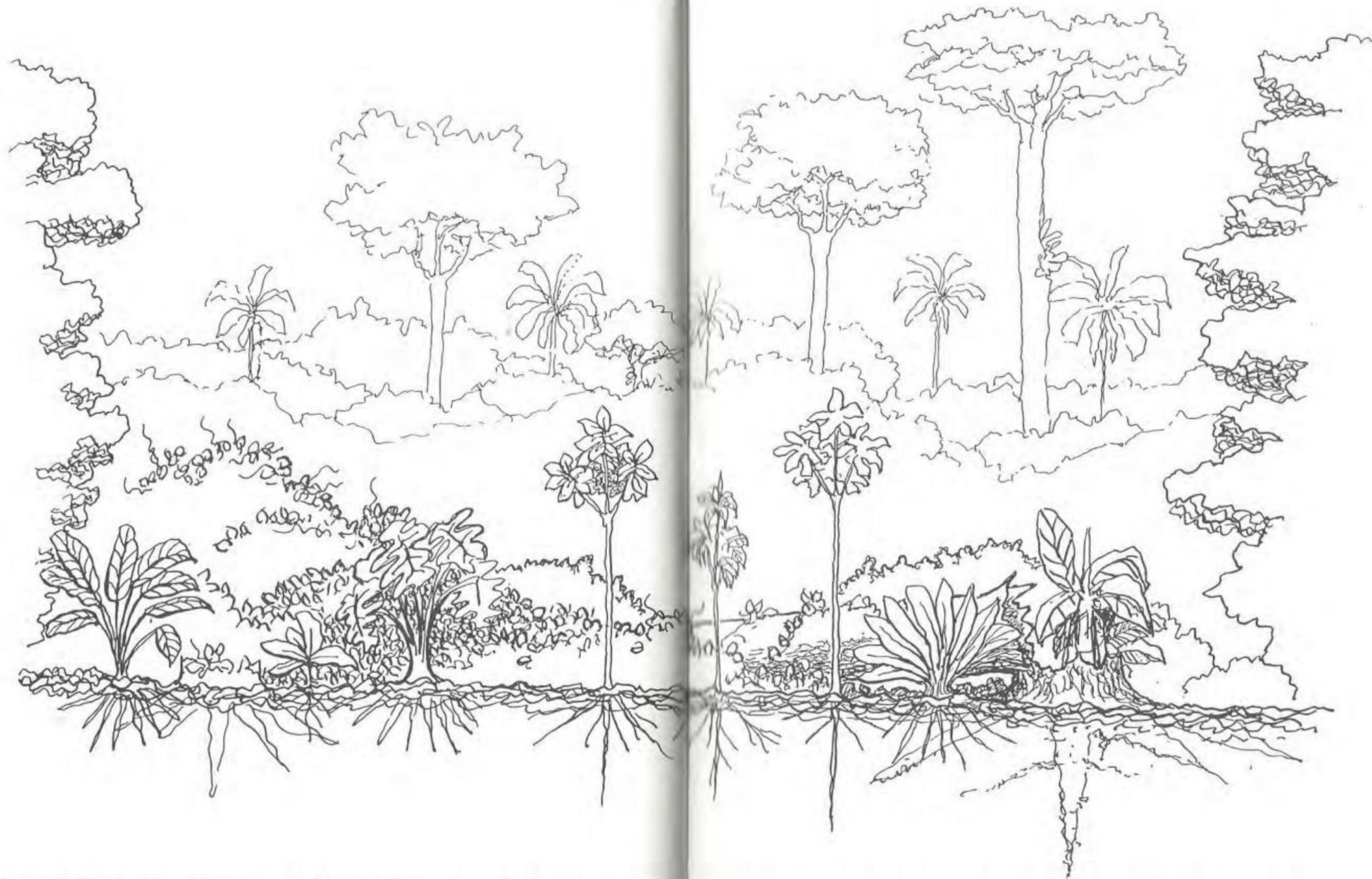


Figura 4. O repovoamento com espécies do ciclo terciário dependerá da chuva e, portanto, da existência de matrizes próximas, bem como de disseminadores específicos como roedores, aves e frugívoros em geral.



Figura 5. As pioneiras já estão adultas e as espécies da mata primitiva já cresceram em condições adequadas de umidade, radiação e nutrientes.

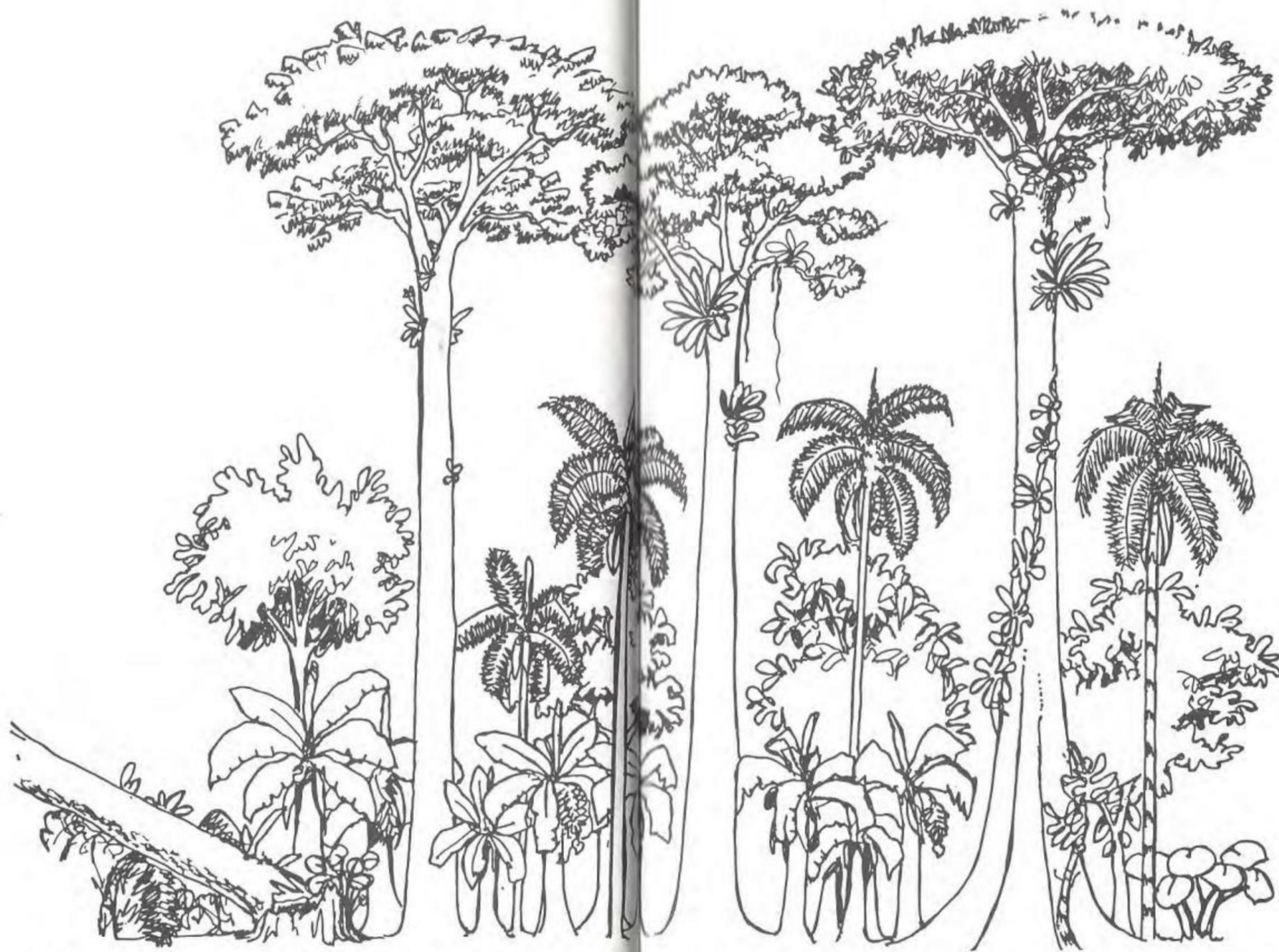


Figura 6. O organismo florestal reestruturou sua biomassa no clímax possível que seu estágio de evolução e as condições de radiação, nutrientes e água permitiram.

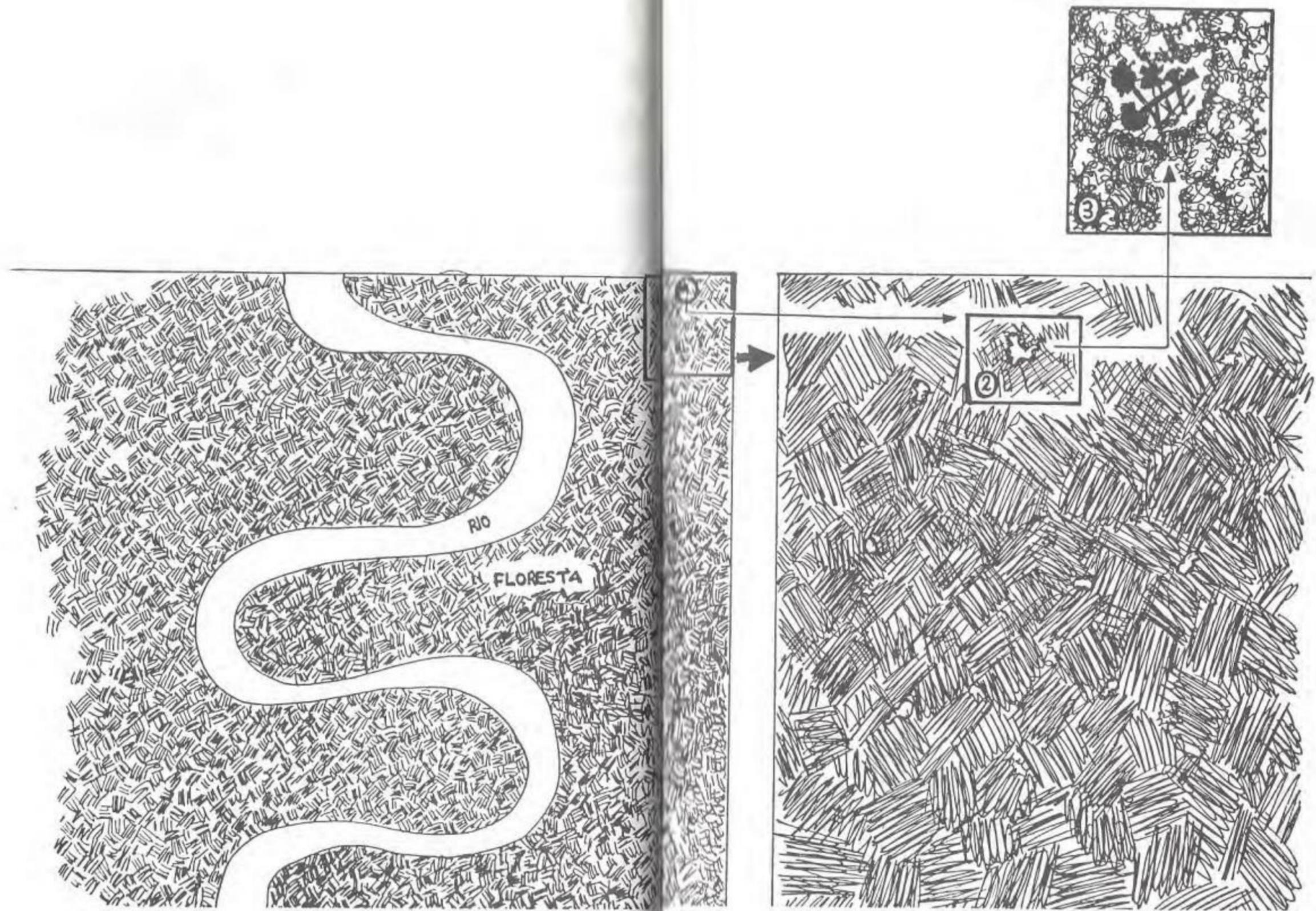
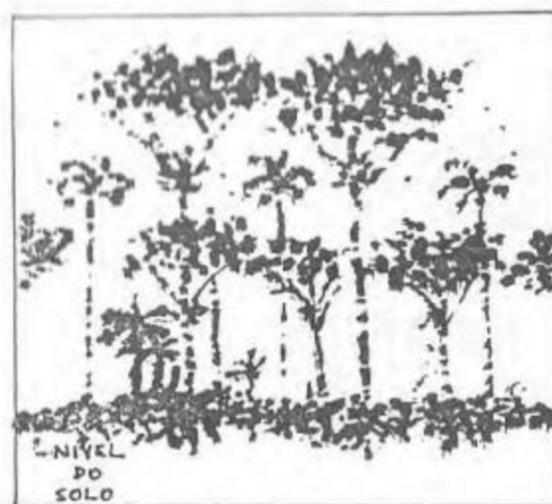
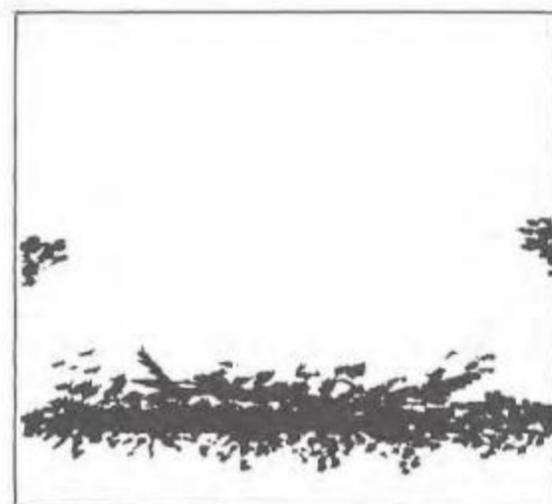


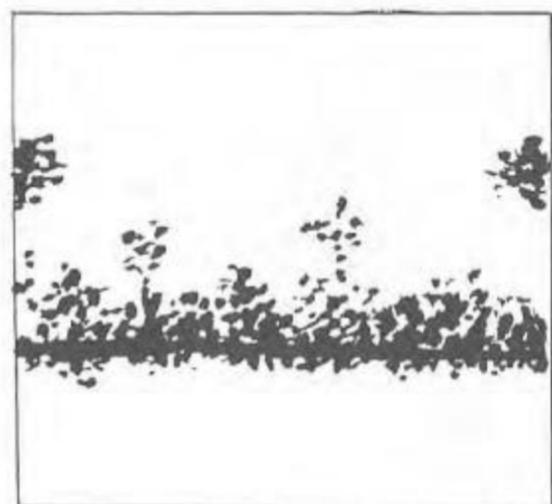
Figura 7. ① Um ponto na floresta: a queda de uma árvore. Imagine-se quantos eventos como esse acontecem, com diferença de segundos, minutos, horas e dias numa imensa região florestal. ② O quadrado marca um desses eventos numa área mais restrita, onde outras quedas já ocorreram. ③ Finalmente, a diversidade de estágios no ponto da queda. A multiplicidade de eventos vai do nível micro ao macro, da clareira a toda a região florestal.



Floresta clímax (100-200 anos)



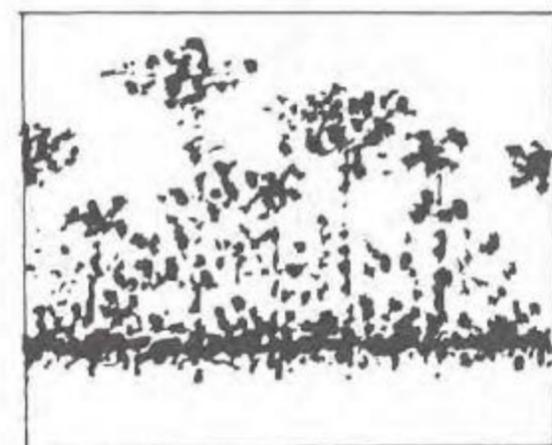
Queda



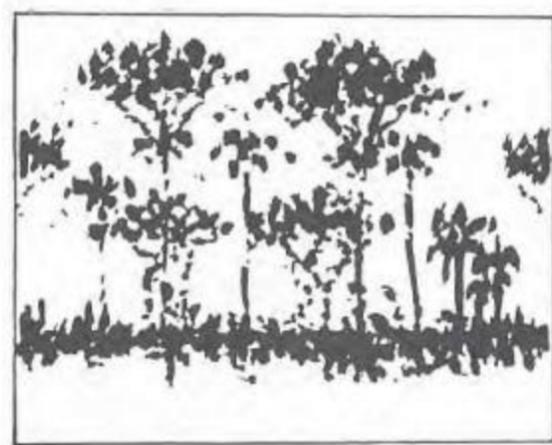
Recuperação (um ano)



Dez anos



50 anos



Novo clímax

Figura 8. Representação esquemática dos diferentes estágios de organização da biomassa no espaço, conforme o momento de sucessão ecológica

Capítulo III

Formação e manejo do agroecossistema pomar

Boa parte deste trabalho se baseia no acompanhamento da formação e do manejo de sistemas de produção de frutas em condições que variam do subtropical úmido em transição para o temperado, na encosta superior do nordeste, no Rio Grande do Sul, ao trópico e subtropical úmido representado pela mata atlântica do litoral norte desse estado e pela zona cacauzeira da Bahia.

O trabalho com pomares de maçã, que forneceu boa parte do material para esta publicação, se desenvolve atualmente numa região de transição da encosta da serra para os campos de cima da serra cuja vegetação clímax é uma interação entre as florestas de araucária e a floresta latifoliada, sobre solos de origem basáltica. A altitude varia de 700 a 900 m e a pluviosidade pode chegar a 2.500 mm anuais. As temperaturas médias de inverno giram em torno dos 10 °C, com cinco meses sujeitos a geadas. No verão, as médias se situam em torno de 22 °C, com possível ocorrência de curtos períodos de estiagem.

A cobertura vegetal originária da região de Torres é a floresta ombrófila densa, também chamada de floresta tropical atlântica e mata pluvial tropical, sendo a primeira denominação adotada conforme o sistema de classificação fisionômico-ecológico da vegetação mundial, adotado pela UNESCO. Essa formação, apesar de se encontrar em zona extratropical, tem características nitidamente tropicais, formando uma faixa florestal que acompanha a costa brasileira desde o Rio Grande do Norte.

Essa floresta caracteriza-se, nos estratos superiores, pela presença de grandes árvores com alturas entre 25 e 30 m. Sua ocorrência em Torres

e Osório foi o resultado da ausência de um período seco e da existência de médias térmicas superiores a 15 °C. A interação de múltiplos fatores com influência na dispersão da flora e da fauna permite o desenvolvimento de diversas comunidades e associações permitindo uma complexa e inumerável coleção de formas biológicas. Essa floresta pode ser considerada como a formação mais complexa e heterogênea do sul do país, de grande força vegetativa, sendo capaz de produzir naturalmente grande quantidade de biomassa. Porém, a capacidade de produção de biomassa não significa a reconstituição natural da floresta típica com o mesmo padrão anterior, principalmente devido ao grau de aleatoriedade e aos vetores de dispersão que foram eliminados, só sendo possível essa reconstituição florestal após um período de 80 a 120 anos.

Uma das características dessa formação florestal é o caráter heliófito de grande número de espécies, o que permite que, nos estratos inferiores, ocorra a predominância de bromeliáceas, cactáceas e orquídeas, algumas de grande valor comercial, e espécies em perigo de extinção. Os dados disponíveis da flora arbórea da floresta ombrófila densa indicam a existência de 708 espécies, sendo que mais de 50% lhe são exclusivas, demonstrando adaptações ecológicas restritas ao ambiente dessa região. As espécies arbóreas de maior valor econômico são : canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez), laranjeira-do-mato (*Sloanea guianensis* [Aublet] Benth) peroba-vermelha (*Aspidosperma olivaceum* Müller argoviensis), pau-óleo (*Copaifera trapezifolia* Haime), canela-sassafrás (*Ocotea pretiosa* [Nees] Mez), bicuíba (*Virola oleifera* [Schott] A. C. Smith), caxeta-amarela (*Nectandra lanceolata* Nees), guarajuba (*Buchenavia Kleinii* Exell), guapeva (*Pouteria* sp.) e palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius). Essa floresta representou uma cobertura vegetal original de 57.000 Km² (apenas no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no Paraná.), sendo que, atualmente, existem apenas 19.000 Km².

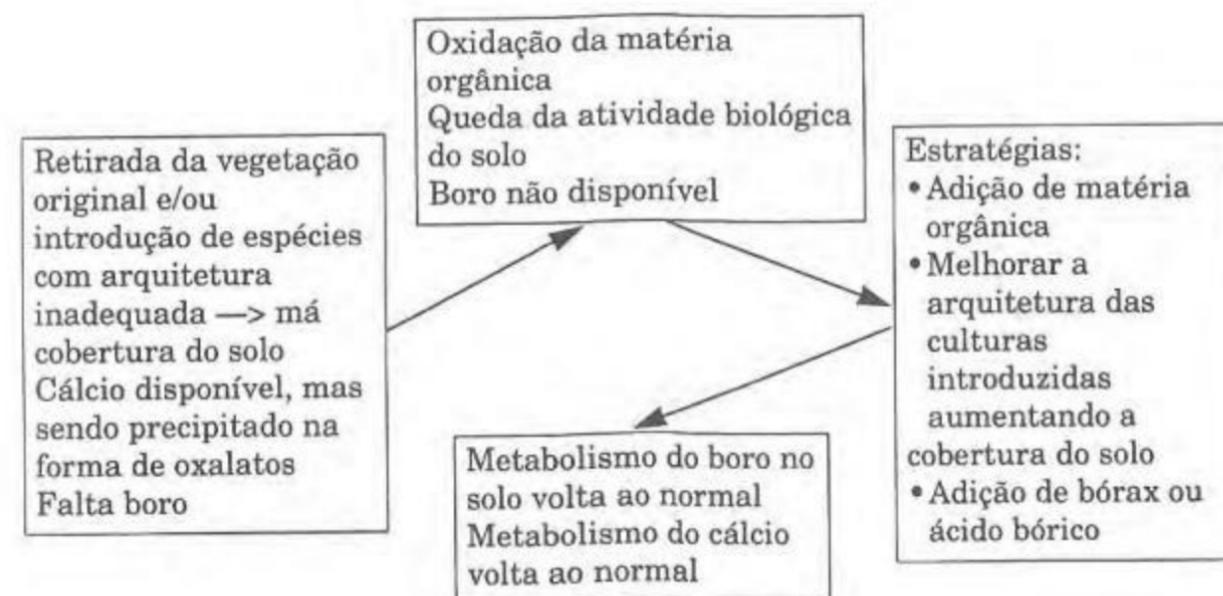
A região Sul do Brasil é a que tem uma distribuição espacial de chuvas mais uniforme, sendo que a região de Torres apresenta uma média anual de precipitação entre 1.250 a 1.500 mm cuja concentração máxima ocorre nos meses de agosto, setembro e outubro. Os meses menos chuvosos são maio, julho e dezembro. A temperatura média anual se encontra entre 18 e 20 °C e, em função da ação moderadora do mar em quase todas as planícies costeiras, o índice médio de ocorrência diária de geada não excede a mais de um dia durante o ano. Portanto, a abordagem que realizamos não é regionalizada, mas trata-se de ajudar o leitor a enxergar o que está escrito em cada paisagem, em cada ecossistema, a fim de que possa orientar e planejar uma intervenção realmente adequada a seu ecossistema.

O organismo solo

Os solos de origem basáltica são geralmente ricos em macro e micronutrientes em quantidades suficientes para satisfazer a maior parte das necessidades das plantas, desde que o processo de reciclagem biológica não seja comprometido. Porém, para os padrões da análise laboratorial, boa parte desses macro e micronutrientes estão indisponíveis para os cultivos.

Se procurarmos entender o solo como um organismo, os fenômenos de imobilização serão mais facilmente compreendidos. A interrupção do aporte natural de matéria orgânica ao solo reduz a níveis muito baixos a atividade (micro e meso). Esse fato, aliado à menor capacidade de extração que possuem as raízes das espécies cultivadas e à falta de diversidade de sistemas radiculares, expõe os nutrientes à lixiviação pela ação das fortes chuvas do trópico e do subtropico. Nesse contexto, os mecanismos de imobilização físico-química são salvaguardas contra a perda irreparável de elementos minerais do sistema. O caso dos solos tropicais é intrigante e nos estimula a percepção: são ricos em materiais de alto poder de adsorção de fósforo, como a caulinita e os óxidos de ferro e alumínio. Os esquemas a seguir mostram algumas relações importantes na conexão solo-vegetação:

Matéria orgânica, cálcio e boro



Observações :

- O boro é o elemento responsável pelo transporte do cálcio.
- A absorção de cálcio depende da emissão de raízes novas e finas.

Matéria orgânica, fósforo e alumínio



Portanto, as possibilidades de manifestação do potencial de fertilidade de um solo estão ligadas diretamente ao manejo da vegetação, dos animais e, conseqüentemente, da matéria orgânica. A recuperação do aporte original de matéria orgânica em quantidade, qualidade e periodicidade relaciona-se ao manejo adequado da vegetação e dos animais nativos e introduzidos, bem como aos aportes externos de matéria orgânica e minerais. Sem uma ativação dos micro e mesorrecladores, não há evolução da fertilidade do solo.

Um exemplo claro do papel desses recicladores é o fungo *Aspergillus niger*. Experimentos demonstraram que ele tem uma capacidade extratora de fósforo 30 vezes superior à dos ácidos usados nos procedimentos padrão de análises laboratoriais rotineiras de solo.¹² Isso nos leva a questionar profundamente os baixos teores de fósforo relatados nas análises de rotina e que baseiam as recomendações de adubação fosfatada.

A questão se torna mais clara à medida que avançamos no entendimento da conexão que existe entre vegetação-clímax e solo. Estudos sobre a agricultura aborígine do México central, que utiliza árvores em consórcio com cultivos anuais, prática comum também na África e na América Central, revelaram que o solo sob a copa das árvores apresentava uma disponibilidade de fósforo de quatro a sete vezes maior.¹³

Esses fatos reforçam o princípio de que a dinâmica do equilíbrio de nutrientes, sua solubilização e sua disponibilidade formam um sistema interdependente, onde o fluxo de matéria orgânica ligado à sucessão ecológica promove a auto-regulação. Tal sistema funciona na natureza condicionado por vários fatores como luz, temperatura, precipitação, rocha matriz, etc. Esse conjunto de fatores se traduz num clímax ou equilíbrio dinâmico em determinada situação de tempo e espaço.

Assim, um manejo equivocado da vegetação e da fauna, que não as considere como integradas ao solo, causa a degradação do sistema como um todo, num processo onde é difícil separar-se causa e efeito. O solo é, portanto, produto da vegetação e vice-versa. A partir dessa constatação, é difícil separar-se o manejo do solo do manejo da vegetação, incluindo-se aí a vegetação nativa e a introduzida, como é o caso do manejo das coberturas verdes.

A vegetação espontânea existente sobre a área em que vamos intervir deve ser, portanto, bem-avaliada em relação à espécie ou espécies de frutíferas que pretendemos introduzir. É ela que vai nos dar a indicação do estado em que se encontra o solo, no que se refere à sua estrutura tanto físico-química quanto biológica. Conseqüentemente, nos indicará o grau de facilidade ou dificuldade de manejo das espécies que

vamos introduzir em relação a seu desenvolvimento, afinidade com a vegetação nativa em suas diversas etapas de sucessão, equilíbrio nutricional e possíveis problemas fitossanitários.

Floresta e pomar: adaptação, convivência, antagonismos

Quando existe uma mata no local de intervenção, residem aí imensas possibilidades relacionadas à sua idade, espécies dominantes, etc. Existem espécies cultivadas que se beneficiam do consórcio com a mata primitiva. A identificação desses consórcios é feita observando-se algumas características básicas de cada espécie da formação vegetal da qual elas são originárias. Grande parte das frutíferas subtropicais e tropicais constituem sub-bosques nos centros de origem. Outras são dominantes e ambas podem ser consorciadas entre si e com a mata e, nesses casos, será necessário manejar-se a sucessão vegetal para a formação do sistema desejado.

Para um manejo dessa ordem, é imperioso conhecerem-se dados tais como percentual de sombreamento tolerado pela espécie, precipitação média anual, extremos ambientais e formações vegetais típicas locais e dos centros de origem das espécies exóticas. De posse de tais dados, podemos estabelecer um sistema agroflorestal equilibrado onde as intervenções serão gradativamente reduzidas à medida que o sistema amadurece. Tais sistemas são versões atualizadas das agriculturas florestais aborígenes, e o cultivo do café na Colômbia e do cacau no sul da Bahia, são exemplos clássicos.

No caso da introdução e do cultivo de espécies de clima temperado nas regiões subtropicais de altitude no Brasil, temos uma série de fatores a considerar. Quando falamos de uma convivência da mata nativa com espécies frutíferas de interesse comercial, falamos de espécies com afinidades entre si. A afinidade está ligada ao fato delas serem procedentes de uma mesma faixa de latitude, com exigências similares, e cujos processos evolutivos apresentaram pontos em comum. A implantação direta de espécies de clima temperado em uma área de mata subtropical é bastante mais complexa do que no caso de espécies de uma mesma latitude e dentro de ecossistemas semelhantes.

Se analisarmos desde os mecanismos de reprodução individual até o clímax do sistema florestal, veremos que quanto maior o grau de inadaptabilidade, maior a incompatibilidade com a vegetação nativa. Essa

inadaptabilidade pode se refletir num efeito negativo sobre a vegetação nativa, muito confundida com uma adaptação: a espécie introduzida vegeta, floresce e produz muito bem, porém destrói ou inibe as espécies nativas. Espécies realmente adaptadas são as que podem ser reproduzidas facilmente a partir do manejo das condições ambientais e que convivem em harmonia com as espécies nativas.

Vamos exemplificar: na região cacauzeira da Bahia, um agricultor come uma jaca (*Artocarpus* sp.) e joga as sementes no fundo do quintal. Seis a sete anos após, irá comer frutos provenientes daquelas sementes, e plantas nativas do estrato herbáceo e arbustivo umbrófilo irão se desenvolver na sombra propiciada pela jaqueira. A jaca é originária das regiões tropicais úmidas da Ásia, com ecossistemas e latitudes muito semelhantes aos do sul da Bahia. Ela está perfeitamente adaptada em todos os sentidos: não só se reproduz, vegeta e produz abundantemente, como se integra perfeitamente com a vegetação nativa.

Outro exemplo: um agricultor planta algumas mudas de lima (*Citrus* sp.) no fundo de quintal. O solo varrido e a insolação exagerada enfraquecem a planta, que sofre ataque de cochonilhas, fungos e formigas, além de produzir frutos atacados por melanose. Contrariado, o agricultor come as poucas frutas que obteve e joga as sementes embaixo das jaqueiras frondosas. A lima é uma espécie adaptada a uma condição de semi-sombreamento, e no local da deposição das sementes, quatro anos após, o agricultor irá descobrir limas de qualidade sem a mínima intervenção humana. Esse fato é possível uma vez que as condições ambientais sejam ideais e a planta possa, assim, exibir todo seu potencial genético. A auto-regulação diminui a necessidade das intervenções humanas, pois, nesses casos, a luta contra os agentes biológicos da evolução, como insetos, fungos e bactérias, é minimizada.

As fruteiras de clima temperado, por sua vez, geralmente necessitam de intervenções sistemáticas ao longo de suas vidas quando levadas para o subtropico. As sementes só germinam se vernalizadas e estratificadas, as mudas são atacadas sistematicamente por formigas e, em muitos casos, necessitam de ajuda na formação da copa, devido a falhas de brotação causadas pela falta de uma estação fria definida. A falta de uma estação seca definida pode alterar o teor de açúcares e óleos essenciais e mesmo facilitar a ocorrência de fungos. Vários fatores na produção das mudas aumentam esses problemas: as raízes sofrem podas consecutivas na fase de porta-enxerto e na transferência para o local definitivo. Muitas vezes são preferidos porta-enxertos nanizantes, a fim de facilitar podas e pulverizações, e, nesse caso, as "soluções" encontradas são, na realidade, a origem do problema que procuram amenizar.

Porém, não é inviável a instalação de sistemas mais estáveis e auto-regulados com espécies temperadas em climas subtropicais. Existem variedades mais adaptadas, e se pode desenvolver consórcios e um manejo adequado para essas espécies dentro de certos limites climáticos. Mesmo com espécies exóticas como pêssego (*Prunus persicae*), ameixa (*Prunus* sp.), maçã (*Malus domestica*), pera (*Pirus comunis*) e kiwi (*Actinidia* sp.), os sistemas que incluem vegetação nativa são possíveis. Tudo o que necessitamos é um conhecimento profundo de cada espécie, de suas exigências ambientais, seu *locus* no sistema florestal (dominante, intermediária, sub-bosque, arbustiva) para, então, manejarmos a vegetação nativa e os consórcios de maneira adequada.

Criação de solo de floresta para o pomar

Geralmente, partimos das piores condições possíveis para implantarmos um pomar: solos degradados e compactados, lixiviados e ácidos. O conceito de preparo de solo, a nosso ver, engloba todo o procedimento que vise preservar, recuperar ou aumentar a atividade biológica. Isso pode ser alcançado através da aeração, do aporte de minerais de baixa solubilidade e da matéria orgânica.

No caso da serra gaúcha, o processo geralmente se inicia nos meses de menor atividade biológica, devido à queda de temperatura nos meses de maio a agosto. Realiza-se uma subsolagem, que pode ser mecânica, em áreas mais planas e menos pedregosas, ou biológica, em situações que excluam a possibilidade mecânica. A subsolagem biológica é possível através da introdução de espécies com raiz pivotante e agressiva como o guandu (*Cajanus cajan*) e a crotalária (*Crotalaria juncea*) para o trópico e o sub-trópico, e o tremoço (*Lupinus* sp.), consorciado com a aveia-preta (*Avena strigosa*, Schreb), e a ervilhaca (*Vicia sativa*, L.) para climas mais frios. Para cada região, deve-se estudar quais as espécies mais adequadas para cumprir essa função

A reposição de minerais lixiviados deve ser feita de acordo com os recursos financeiros e tecnológicos disponíveis, dentro dos limites do ecossistema, para absorver o impacto de nossas intervenções.

Para as condições da encosta superior do Nordeste, esse trabalho pode ser feito usando-se, por hectare, para solos médios a bons, cinco sacos de fosfato natural, dez sacos de calcário e 5 m³ de qualquer tipo de esterco, além de outros resíduos orgânicos disponíveis. Estercos fibrosos são muito importantes nessa etapa de recuperação do solo. Parte da reposição pode ser feita antes da implantação da adubação verde e parte na primavera, quando da implantação da lavoura de verão.

A implantação das mudas no primeiro ou no segundo inverno obedece o critério da sucessão vegetal: uma etapa só se viabiliza quando a anterior produziu um excedente de biomassa suficiente para o pleno estabelecimento da etapa sucessória. Portanto, em solos degradados, é preferível implantar-se uma adubação verde de inverno (Figura 9) e, seqüencialmente, implantar-se uma lavoura de verão (Figura 10).

Esse cultivo anual, se bem manejado, produzirá a biomassa e a reativação da atividade biológica do solo que necessitamos para implantar o pomar. A lavoura de verão poderá receber mais um aporte de matéria orgânica e deve produzir o máximo de biomassa possível. Isso pode se realizar pelo consórcio milho + mucuna (*Stilozobium atterinum*, Piper & Tracy) ou milho + feijão miúdo (*Vigna unguiculata*). Ao final do ciclo do consórcio milho + mucuna e após a colheita do milho, repete-se a semeadura do consórcio de coberturas de inverno (ervilhaca, aveia-preta e tremoço). A semeadura é a lanço e sobre a palhada, às vésperas de uma chuva, e é complementada com uma passada de grade, ou qualquer outro manejo ou implemento que ponha as sementes em contato com o solo, sem revirá-lo. O próximo passo é o plantio das mudas no final do inverno (Figura 11, pág. 35) em covas que podem ser adubadas com quantidades moderadas de fosfato de rochas e calcário (1:5), além de matéria orgânica sob a forma de esterco animal curtido. As quantidades e proporções aqui apresentadas são baseadas na experiência local e devem ser testadas para situações diversas. A partir do segundo ano, deve-se manejar a vegetação nativa de verão (Figura 12, pág. 35) ou, eventualmente, fazer-se mais um ciclo de milho + mucuna.

O porquê da adubação verde

É importante ressaltar-se que em solos degradados a adubação verde cumpre o papel que um aporte intenso de matéria orgânica não cumpriria integralmente. A introdução de gramíneas e leguminosas exóticas se faz necessário quando não há um potencial regenerador no banco genético do solo. Com esse *input* inicial, se estabelecem as condições para o aparecimento de ervas nativas com grande potencial de recuperação do solo. A observação da natureza é um exercício de identificar formas as quais podem nos dizer mais que as análises de conteúdo. Isso é válido para a adubação verde que precede a implantação de um pomar: a arquitetura das espécies utilizadas vai determinar a maior ou a menor cobertura e a exploração do perfil do solo.

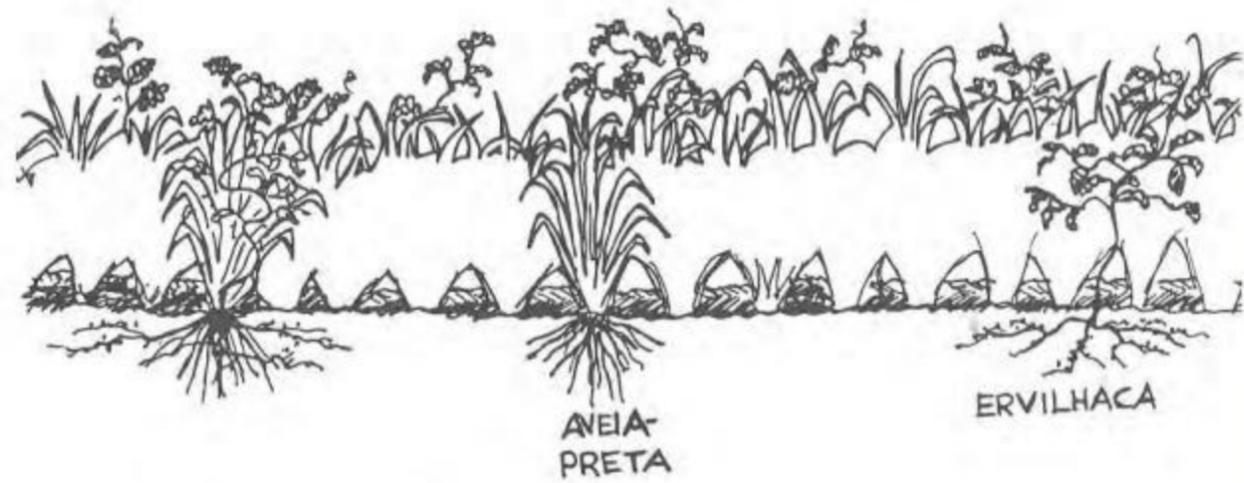


Figura 9. Adubação verde de inverno

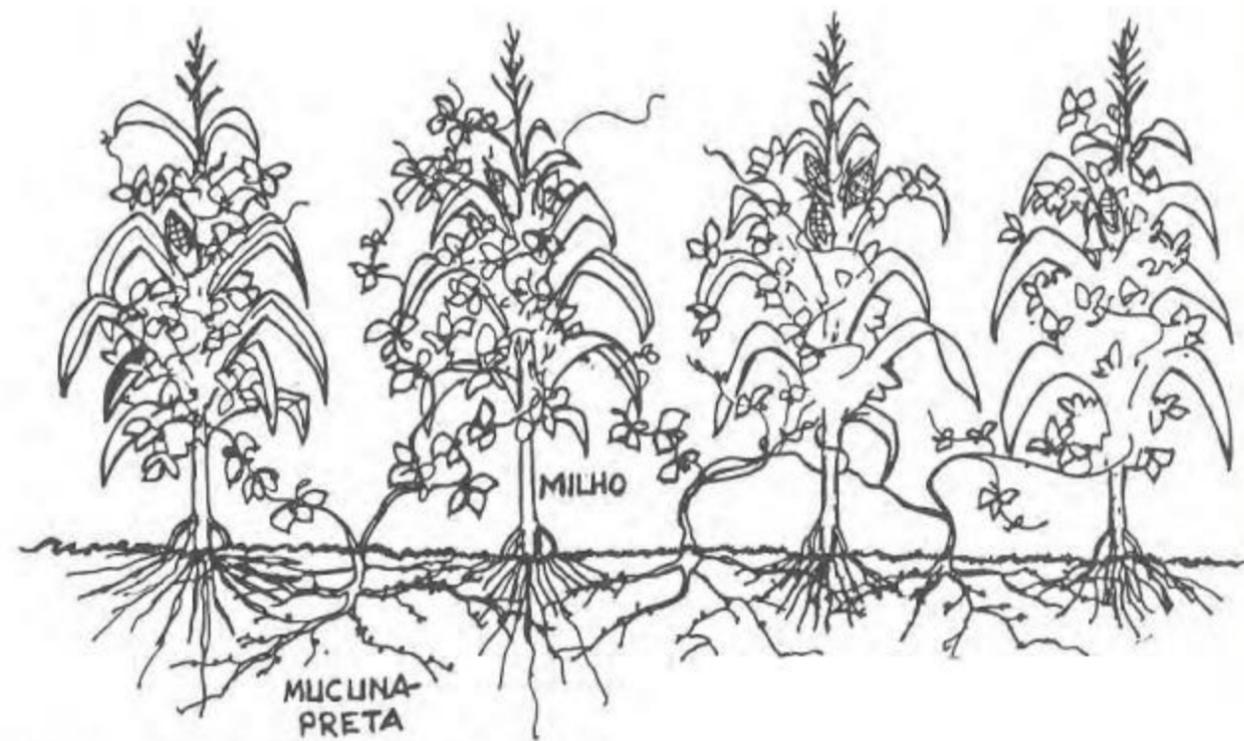


Figura 10. Lavoura de verão

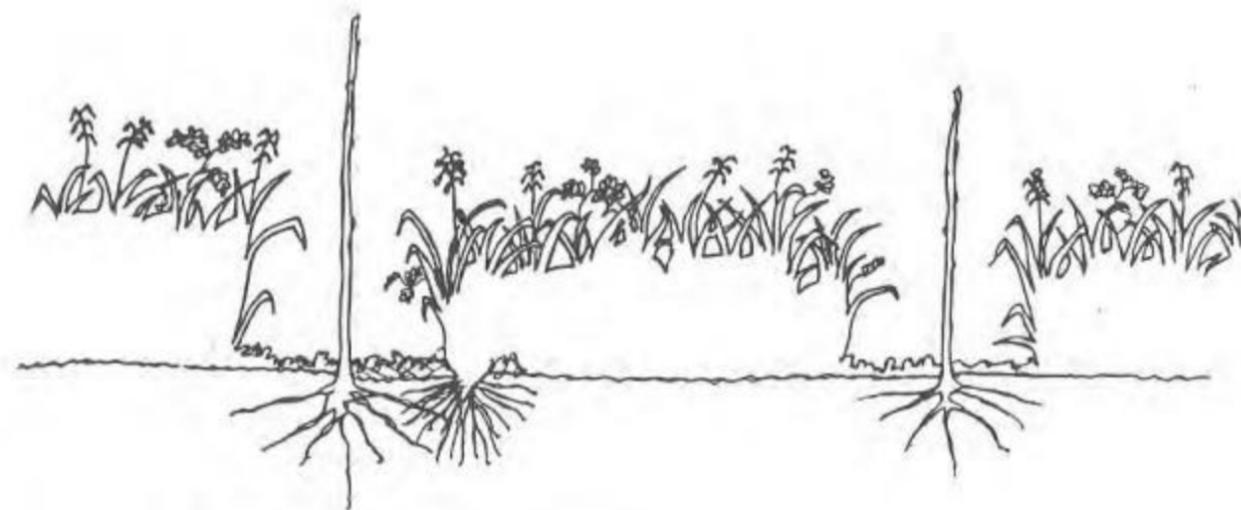


Figura 11. Final do inverno - plantio

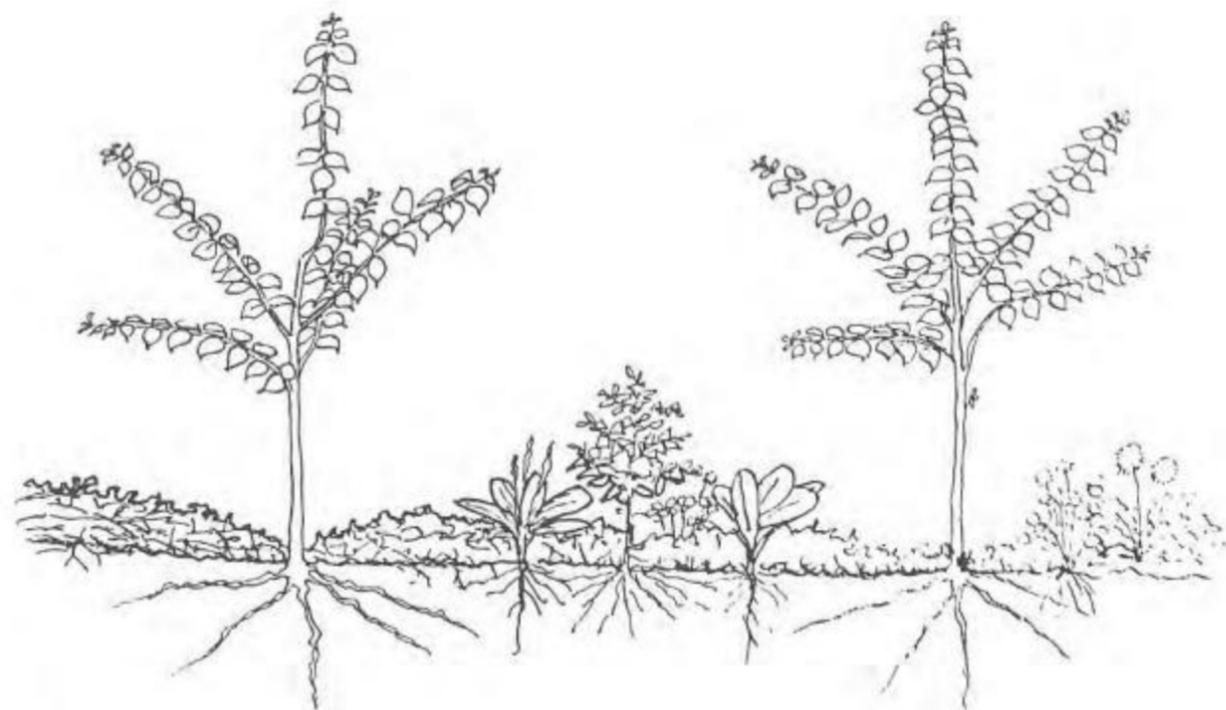


Figura 12. Verão - primeira brotação

Vale a pena citarmos exemplo: um consórcio milho + mucuna-preta pode render até 75 t/ha de biomassa, boa parte dela na forma de raízes. A mucuna-preta é excelente extratora de fósforo, cálcio, magnésio e zinco, e irá incorporar profundamente os minerais que mobilizar da superfície ou que forem aportados através de seu extenso e poderoso sistema radicular. Por sua vez, o milho é importante no consórcio como gramínea, pois suas raízes fornecem carboidratos ao *Rhizobium* em simbiose com a raiz da mucuna, favorecendo sua atividade. Os efeitos do consórcio milho + mucuna vão além: incremento da população de micorrizas e diminuição da população de nematóides fitófagos; fornecimento, ao solo e à sua biota, de material orgânico rico em carbono e de decomposição lenta como lignina, hemicelulose e celulose, fundamentais para os recicladores que contribuem para a formação da bioestrutura do solo.

Uma área de um hectare de consórcio aveia-preta + ervilhaca pode fornecer até 60 t de biomassa fresca, sendo que cerca de 45% desse total está sob a forma de raízes. A aveia, como todas as gramíneas, concentra potássio e silício e absorve cálcio e carbono com muita eficiência, incorporando-os em sua estrutura e tornando-os disponíveis no perfil do solo sob forma orgânica ao final do ciclo, além de produzir em vida exudatos que estimulam a vida microbiana. A ervilhaca, além de concentrar cálcio e magnésio, fixa até 90 kg de nitrogênio/ha/ano através de fixadores de vida simbiótica.

Enfim, voltando-se ao estudo das formas, a sucessão adubação verde de inverno/adubação verde de verão imita a sucessão ecológica das áreas desmatadas. Esse processo queima etapas árduas para solos degradados, onde gramíneas estoloníferas e agressivas dominariam por dois ou mais ciclos, até a evolução para espécies herbáceas e arbustivas. Essa "queima de etapas" é relativa: se for abusiva, o retorno das pioneiras agressivas é indicador biológico de erro de manejo que deve ser corrigido.

Ainda na perspectiva da forma, é indesejável manter-se sempre uma cobertura verde de espécies exóticas, como um monocultivo de aveia-preta ou de ervilhaca. A evolução deve apresentar um incremento cada vez maior de espécies nativas dos ciclos mais evoluídos da sucessão.

A partir dessa análise, podemos afirmar que a simples adição de imensas quantidades de matéria orgânica ao solo não garantirá uma recuperação mais equilibrada. Na prática, algumas etapas da co-evolução solo — vegetação são queimadas, porém não existem soluções energeticamente viáveis para se transformar um solo degradado em um solo de floresta de um ano para o outro. Se trabalharmos fora dos limites biológicos do solo de metabolizar a matéria orgânica e os minerais aportados, estaremos desperdiçando nutrientes e causando desequilíbrios.

Formação de agrofloresta em capoeirão

Os princípios básicos enunciados para a recuperação de um solo para a implantação de um pomar de fruteiras de clima temperado em região subtropical valem para a implantação de um pomar-floresta com espécies adaptadas. Porém, da observação das formas e do *locus* das espécies nos seus ecossistemas de origem, tiramos algumas diferenças importantes: a banana-prata é uma das espécies de maior potencial de produção de biomassa em termos de frutíferas tropicais. Portanto, ela é fundamental na implantação de um sistema agroflorestal (SAF). No seu ecossistema de origem, forma sub-bosque de mata terciária.

O ciclo de uma touceira, em torno de 100 anos, é aproximado ao das árvores que dominam o estrato superior. Assim, quando ocorre uma queda natural, a touceira é eliminada em sua parte aérea. Após a decomposição parcial da biomassa aportada ao solo, os rizomas, com sua forma característica de chifre, atravessam a cobertura de folhas e materiais em decomposição e põem folhas novas, iniciando um novo ciclo.

Toda uma série de plantas companheiras da formação vegetal também crescem, até serem gradualmente substituídas, enquanto a bananeira se mantém, já na sombra parcial das árvores do ciclo longo. Esse é um sistema simples de ser copiado:

- a capoeira é derrubada, selecionando-se algumas espécies do ciclo secundário (25-50 anos) caso ocorram;
- após um período de decomposição da biomassa, inicia-se o plantio;
- milho, feijão-de-corda batata-doce, aipim, mamão e banana formam o primeiro ciclo;
- palmito, pupunha, café e cacau formam o estrato médio e o ciclo intermediário;
- abacate, jaca, madeiras de lei e árvores fertilizadoras formam o ciclo terciário e propiciam o sombreamento necessário;
- cada elemento retirado do sistema fecha um ciclo e deixa resíduos. Se isso não acontecer, o sistema declina e as gramíneas e nativas estoloníferas dominam. Portanto, o manejo da vegetação nativa é importante em todos os ciclos, a fim de garantir reciclagem, lixiviação, liberação e recuperação de nutrientes, enfim, a auto-regulação.

Nem todo aipim será colhido, o mesmo acontecendo com a batata-doce, se quisermos que o solo evolua. Do mesmo modo, as arvoretas nativas do ciclo intermediário que forem sendo aproveitadas na sucessão devem ser manejadas com podas na floração, visando produzir um efeito alelopático positivo sobre as espécies de ciclo mais longo.

A intensidade dessas podas varia conforme os elementos fundamentais do manejo: radiação, umidade e nutrientes, além de coadjuvantes como vento, disponibilidade de mão-de-obra e possibilidade de aportes externos para apressar a evolução e a recuperação do solo.

O manejo das ervas indicadoras: sucessão, alelopatia, interações

Conforme foi explanado, do ponto de vista do agroecossistema, uma flora diversificada é superior a uma cobertura verde de uma ou duas espécies. A biodiversidade é um indicador de evolução nas nossas condições climáticas, e a tendência natural do organismo formado pela interação solo/vegetação é sempre a de atingir um equilíbrio dinâmico, representado por um estágio de evolução denominado clímax. Não existe melhor maneira para se entender o que é uma vegetação clímax do que vê-la tal como é: dentro de um ecossistema específico, a forma mais eficiente de aproveitamento dos recursos naturais.

A observação da sucessão de ervas nativas no solo de um pomar é a melhor chave para o entendimento dos processos que esse solo vive, rumo à evolução ou à degradação. Na observação da sucessão, devemos prestar muita atenção à forma ou à arquitetura dos grupos vegetais que constituem cada etapa, e essa observação deve abranger parte aérea e sistema radicular. Se conectarmos as formas típicas observadas aos ciclos do ecossistema (períodos de maior ou menor radiação, intensidade de chuvas, etc.), estaremos avançando na compreensão do papel que estão desempenhando e, portanto, dos erros e acertos do nosso manejo.

Depois da forma, podemos começar a desvendar os processos que ajudam a manter determinadas espécies juntas em determinados estágios da sucessão, um dos quais é a alelopatia. É interessante observar-se que as plantas têm mecanismos de comunicação entre si, através de substâncias voláteis em nível de filósfera e exudatos em nível de rizósfera. Esses são dois mecanismos que determinam quais as espécies que constituirão, sob a definição de "formação vegetal", determinado estágio da sucessão. Eles interagem entre si e com outros como forma, tipo de reprodução e disseminação, evoluindo conforme as necessidades de sua interação com solo e clima. Há várias interações que ocorrem entre um solo e as ervas indicadoras:

- na *proteção*, com espécies providas de espinhos ou estoloníferas, que resistem ao pisoteio ou ao pastoreio por herbívoros e roedores;

- em nível de *estrutura*, através de diferentes sistemas radiculares que podem agregar e romper camadas adensadas, incrementar o arejamento e a capilaridade, aportando materiais celulóticos e propiciando o desenvolvimento de fungos filamentosos e bactérias importantes na bioestruturação do solo;
- na *desintoxicação* e na *reciclagem de nutrientes*. As gramíneas em geral, assim como a samambaia (*Pteridium* sp.), são concentradoras de silício. A oferta desse elemento ao final do ciclo propicia um aumento da absorção e da disponibilidade do fósforo, associado à presença de silício e à inativação do alumínio trocável. A própria salinização, provocada pelo cultivo intensivo ou por características do solo, tem sido historicamente contornada na China através de estratégias que incluem rotações com gramíneas. Estas também são excelentes recuperadoras de potássio e de outros minerais lixiviados das folhas pelas chuvas. Uma vez armazenados na forma orgânica, esses minerais retornam ao ciclo biológico sob formas estáveis, propiciando um incremento das populações de transformadores. A própria samambaia, bem como as leguminosas, a tanchagem (*Plantago major* L.), o dente-de-leão (*Taraxacum officinale* Weber) e o trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench.), além de outras espécies que desconhecemos, concentram cálcio e magnésio, elementos que são fortemente lixiviados das folhas pelas chuvas. O caruru (*Amaranthus* sp.), e a beldroega (*Portulaca* sp.) concentram nitratos, os quais são fortemente lixiviados das folhas e do solo. Em um solo muito rico em nitratos, haverá uma predominância dessas duas espécies. Sua função será retê-los, dentro de certos limites, sob a forma de sua própria biomassa. Completado o ciclo, o nitrogênio será devolvido ao solo sob forma orgânica, mais estável. Portanto, um excesso dessas espécies indica não apenas um solo rico em nitratos, mas também alerta para possíveis perdas de nitrogênio no sistema, tanto para o ar como para o lençol freático, pelo mau manejo da adubação.

Como foi visto para a sucessão florestal, as formações vegetais não acontecem de forma linear e simultânea, mas sim de forma caótica. De maneira geral, elas cumprem uma função totalizante no que diz respeito à recuperação de um solo. Poderemos ter, por exemplo:

- Guanxuma (*Sida* sp.) convivendo com trevo (*Trifolium* sp.), onde persista a compactação em camadas inferiores.
- A aveia-preta quebra a dormência do nabo silvestre (*Raphanus raphanistrum* L.), o qual constitui, juntamente com leguminosas como a ervilhaca e o cornichão (*Lotus corniculatus* L.), uma formação vegetal tipicamente recuperadora de solos.

- A milhã (*Digitaria sanguinalis* Scop) pode aparecer junto com o caruru em solos férteis onde se esteja insistindo com capinas sistemáticas e, portanto, onde haja solos expostos. A tendência, nesse caso, é a perda dos nitratos e a predominância da milhã.
- A erva-de-bicho com guanxuma e caruru, onde houver compactação das camadas inferiores e alta disponibilidade de nitratos nas superiores. A erva-de-bicho indica solos anaeróbicos e periodicamente encharcados;
- Trevo (*Trifolium* sp.) e língua-de-vaca (*Rumex* sp.), em solos pesados e compactados pelo uso contínuo de enxada rotativa. O solo é fértil, porém acusa má aeração;
- O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) pode dominar, num consórcio inicial com aveia-preta, em solos com aeração deficiente.

As combinações são infinitas, porém sempre dentro de uma lógica de sucessão e de formações vegetais. Dificilmente teremos, numa área pequena e homogênea, elementos de etapas de sucessão muito distintas. A seguir, são relacionadas mais algumas espécies de ervas e seus indicativos principais dentro da sucessão:

- amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.) indica que há desequilíbrios entre nitrogênio e micronutrientes, especialmente molibdênio e cobre;
- cabelo-de-porco (*Aristida* sp.) indica uso de queimadas e pobreza em fósforo, cálcio e potássio;
- capim-gafanhoto (*Rhynchelytrum roseum* [Nees] Stapf. et Hubb.) indica pobreza de matéria orgânica, fósforo e cálcio;
- caraguatá (*Erygium panniculatum* Cav. & Dom) indica pastagem com húmus ácido.
- carqueja (*Baccharis* sp.) indica solos adensados, pobres em molibdênio.
- guanxuma (*Sida* sp.) indica subsolo adensado ou solo superficial lavado;
- tiririca (*Cyperus rotundus* L.) indica solos expostos e mal-arejados;
- nabo silvestre (*Raphanus raphanistrum* L.) indica indisponibilidade de boro e manganês;
- maria-mole (*Senecio brasiliensis* Less) indica solo com adensamento em camada profunda e falta de potássio.

Essa lista deve ser alterada em função de cada ecossistema diferente, e muitas árvores e arbustos devem ser incluídos, na medida em que desejarmos manejar sistemas mais complexos e diversificados.

Entretanto, a fruticultura convencional tem uma série de argumentos em favor das capinas, entre eles a eliminação da competição, a incor-

poração de adubos e a aeração dos solos. Vamos analisar essas hipóteses: a maior parte dos trabalhos a respeito do controle de ervas nativas em pomares afirma que a competição situa-se basicamente na disputa por água e, eventualmente, por nutrientes, sendo que esta última hipótese praticamente inexistente para pomares adultos em solos de média a boa fertilidade.

Quanto à competição por água, devemos analisá-la sob a ótica da sucessão vegetal. Qual a espécie mais adaptada para obter umidade do solo num período de seca: uma gramínea estolonífera anual ou perene, ou uma macieira? A resposta é duplamente óbvia. Primeiro, porque a macieira é uma árvore que é mais sensível a déficits hídricos pronunciados. Se assim não fosse, os desertos, que têm água no subsolo, estariam cheios de árvores. Segundo, porque a gramínea estolonífera vem antes na escala de sucessão, e, se ela domina o pomar, indica que o solo está num estágio bastante atrasado de evolução ou, pior, está involuindo. Eliminar simplesmente a gramínea não resolverá o problema: enquanto o manejo da vegetação não supre a função da gramínea estolonífera, ela sempre voltará, impedindo o crescimento satisfatório das árvores, inclusive pelos aleloquímicos que libera no solo.

Vamos lembrar que a vida modifica o ambiente e é por ele modificada. Esse é outro ponto importante, que trata de exudatos e aleloquímicos, tanto em nível de filósfera como de rizósfera. As compatibilidades entre espécies vegetais também são reguladas por essas substâncias. Trata-se de mecanismos que regem a composição da formação vegetal que irá se apresentar numa determinada etapa de evolução na conexão solo-vegetação.

Recriar essas etapas é agir no mesmo sentido da evolução natural e evitar problemas de competição induzidos pela ação humana. A alelopatia, abordada sob o ponto de vista da ecologia vegetal, se torna óbvia e extremamente útil. A identificação de compostos aleloquímicos e de suas funções específicas pode ser bastante útil, desde que contextualizada dentro dos conceitos de sucessão e formações vegetais.

Um exemplo onde arquitetura da planta, aleloquímicos e *locus* no ecossistema interagem é a associação de cultivos entre o alho (*Allium sativum* L.) e o morango (*Fragaria* sp.). O morango é uma estolonífera exigente em solos, portanto de estágios de sucessão mais adiantados: ela pode ser considerada uma espécie de vegetação clímax. O alho tem uma arquitetura que fornece um mínimo de proteção e de matéria orgânica ao solo. Portanto, não é um precursor que produz biomassa para ciclos mais evoluídos. O alho, crescendo em meio ao morango, não tem sua luminosidade afetada, troca com ele exudatos e lixiviados mutuamente benéficos e, ao final do ciclo, sua parte foliar não constitui problema para o desenvolvi-

mento do morangueiro. Esses fatores, e nada mais, os situam no conceito de "plantas companheiras" ou com alelopatia positiva.

Para sistemas simples, como o plantio, no outono, de coberturas verdes permanentes diversificadas, as práticas seguem o bom senso: uma seca inesperada na primavera recomenda uma roçada para evitar competição por água. Caso contrário, devemos deixar que elas floresçam e completem seu ciclo.

No verão, entretanto, o florescimento da cobertura nativa do estrato herbáceo pode deprimir o crescimento vegetativo de frutíferas exóticas tais como variedades de *Prunus* e *Malus*. Assim, é recomendável a roçada em filas alternadas na época de floração, evitando-se destruir o habitat da fauna que se abriga nesse estrato. Essa prática tem um efeito aleloquímico positivo sobre o crescimento vegetativo das árvores, fato que temos observado mesmo em sistemas agroflorestais complexos.

A essa altura, pode-se estar perguntando por que motivo não ocorre o mesmo efeito depressor por ocasião do florescimento da cobertura verde invernal. A resposta é bastante simples: macieira, aveia, nabo silvestre e ervilhaca são espécies vegetais compatíveis, oriundas do mesmo centro de origem, e que, eventualmente, constituem formações vegetais. Além do mais, a macieira também se encontra em floração e os aleloquímicos são favoráveis. Já o caruru, o picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e outras ervas nativas de verão não pertencem à mesma formação vegetal da macieira, do pessegueiro e de outras rosáceas.

Esse tipo de comportamento de formações vegetais afins pode ser visto nas comunidades mapuche ao sul de Temuco, Chile, onde a fava (*Vicia* sp.) pode ser encontrada em pleno crescimento embaixo de frondosos ciprestes (*Cupressus* sp.), praticamente sombreada por estes. Ambos são exóticos no Chile, porém são compatíveis entre si e encontram similares na flora nativa.

Em sistemas mais complexos, que incluem estratos superiores e inferiores como é o caso do cultivo do café, do cacau e de outras espécies do trópico e do sub-trópico, o manejo de aleloquímicos é semelhante. Em todas as etapas da sucessão, a poda por ocasião do florescimento da vegetação pioneira, introduzida ou nativa, induz uma renovação que beneficia as espécies de ciclo longo. Através desse manejo, espécies com esse tipo de ciclo, também chamado de terciário, como o cacau, a banana, o café e outras podem conviver e se beneficiar das pioneiras. Com a evolução do sistema, ocorre a substituição das pioneiras por árvores de ciclo terciário, plenamente compatíveis com as frutíferas anteriormente citadas. Esse manejo queima etapas, facilita e prolonga a vida útil dos sistemas implantados e favorece o retorno do capital neles investido.

Tanto para sistemas complexos como para pomares simples, vale um preceito fundamental: toda supressão de espécies deve ser precedida da total compreensão da função que o elemento suprimido desempenhava na formação vegetal em que se está intervindo.

Outro dos argumentos da capina é a incorporação de adubos. A experiência e a bibliografia mostram que a incorporação mecânica nunca é mais eficiente que a incorporação biológica propiciada pelas raízes e pela micro e mesofauna. Nesse processo, fica implícito que arejar o solo mecanicamente é desnecessário quando se tem uma atividade de rizosfera intensa num solo ocupado por sistemas radiculares diversificados. O entendimento dessa questão é bastante prejudicado pela separação acadêmica entre física e biologia de solos.

Capítulo IV

Recomposição da arquitetura florestal

Quando afirmamos que a chave para a auto-regulação do sistema reside na biodiversidade e na não-simultaneidade de eventos, queremos dizer que quanto mais um pomar se assemelhar a uma floresta, mais eficiência podemos esperar dele.

A evolução natural da vegetação que cobre o solo de um pomar é no sentido do estrato herbáceo para o arbustivo, deste para a arvoreta de ciclo intermediário e, num estágio mais avançado, para a formação florestal clímax: árvores dominantes de ciclo longo, sub-bosque e vegetação umbrófila em nível de solo.

A recomposição da arquitetura florestal nada mais é do que o manejo dessa sucessão para atingirmos uma produtividade estável na perspectiva de um aproveitamento ótimo dos recursos disponíveis. Nossa intervenção consiste na introdução e na supressão de espécies, até chegarmos a um sistema que seja economicamente viável e ecologicamente sustentável.

Para obtermos êxito num manejo desse tipo, devemos saber responder perguntas essenciais sobre a natureza das espécies que constituirão o sistema. É preciso ter-se claro que quanto mais diversificado e complexo for um sistema, maior será a sua produtividade. Porém, deve-se saber distinguir entre os objetivos de uma megaindústria que cultiva seringueiras (*Hevea brasiliensis* L.) para as demandas de sua fábrica de pneus e os objetivos de uma família de agricultores que necessita reduzir ao mínimo sua dependência alimentar.

Em ambas as situações, a priorização de determinada espécie vegetal ou animal pelo agricultor não exclui automaticamente a necessidade da presença das espécies existentes no ecossistema original. Elas podem ser sabiamente substituídas por outras com funções semelhantes, ou sua falta virá a se constituir na origem de problemas e na fonte de intervenções e gastos.

É lógico que um pomar com plantas enfileiradas e solo capinado tem, aparentemente, um manejo mais simples. Porém, os manejos reducionistas têm outra face: na medida em que eliminamos os mecanismos da auto-regulação, criamos flancos abertos que exigirão atenção e, portanto, intervenção constante. Isso não é uma hipótese: é a realidade da agricultura reducionista da sociedade industrial, com suas intervenções crescentes, queda de qualidade biológica do alimento produzido, danos ambientais e níveis insustentáveis de demanda energética.

A Figura 13 mostra uma seqüência de intervenções na vegetação original de clima temperado e uma recomposição baseada na arquitetura original dessa vegetação. O mesmo processo é apresentado na Figura 14, pág.48, para as condições do trópico e do subtropico úmido.

No capítulo anterior, chegamos a um pomar que apresenta um manejo ecológico, porém dentro de uma arquitetura que permite maior circulação e menos umidade relativa: plantas enfileiradas e caminhos com cobertura verde permanente e manejada. Esse é o estágio atual dos pomares ecológicos de frutíferas temperadas no Rio Grande do Sul.

O leitor, a essa altura, pode estar levantando algumas questões, tais como: por que não se falou na instalação de um quebra-vento? E por que não se incluíram algumas plantas atrativas de pássaros e insetos? E a respeito de plantas repelentes? E por que não algumas plantas com função fertilizadora, que se possa podar periodicamente? Se essas perguntas foram feitas, então estamos no caminho certo. Porém, se tratarmos cada um dos itens sugeridos de maneira isolada, estaremos construindo uma metodologia errada: esta é a abordagem que vê um pomar como uma coleção de frutíferas, obedientemente dispostas em filas retilíneas, formada por espécies escolhidas e dispostas segundo nosso critério pessoal.

É claro que se pode, a partir de um pomar de manejo orgânico e através de modificações gradativas, avançar para uma estrutura mais diversificada e auto-regulada: um pomar-floresta. Vamos tentar colocar, passo a passo, as providências para se formar esse *pomar-floresta*, num exercício de *design*, dentro das características da encosta superior do Nordeste. O primeiro passo é se conhecer a vegetação clímax do ecossistema nativo, respondendo-se algumas perguntas básicas:

- A vegetação clímax é uma floresta de folhas perenes, caducas ou semicaducas?

Resposta: o conjunto denominado floresta de araucária e suas formas de transição se classificam como floresta semicaducifolia. Perde parte das folhas nos meses de maio a agosto.

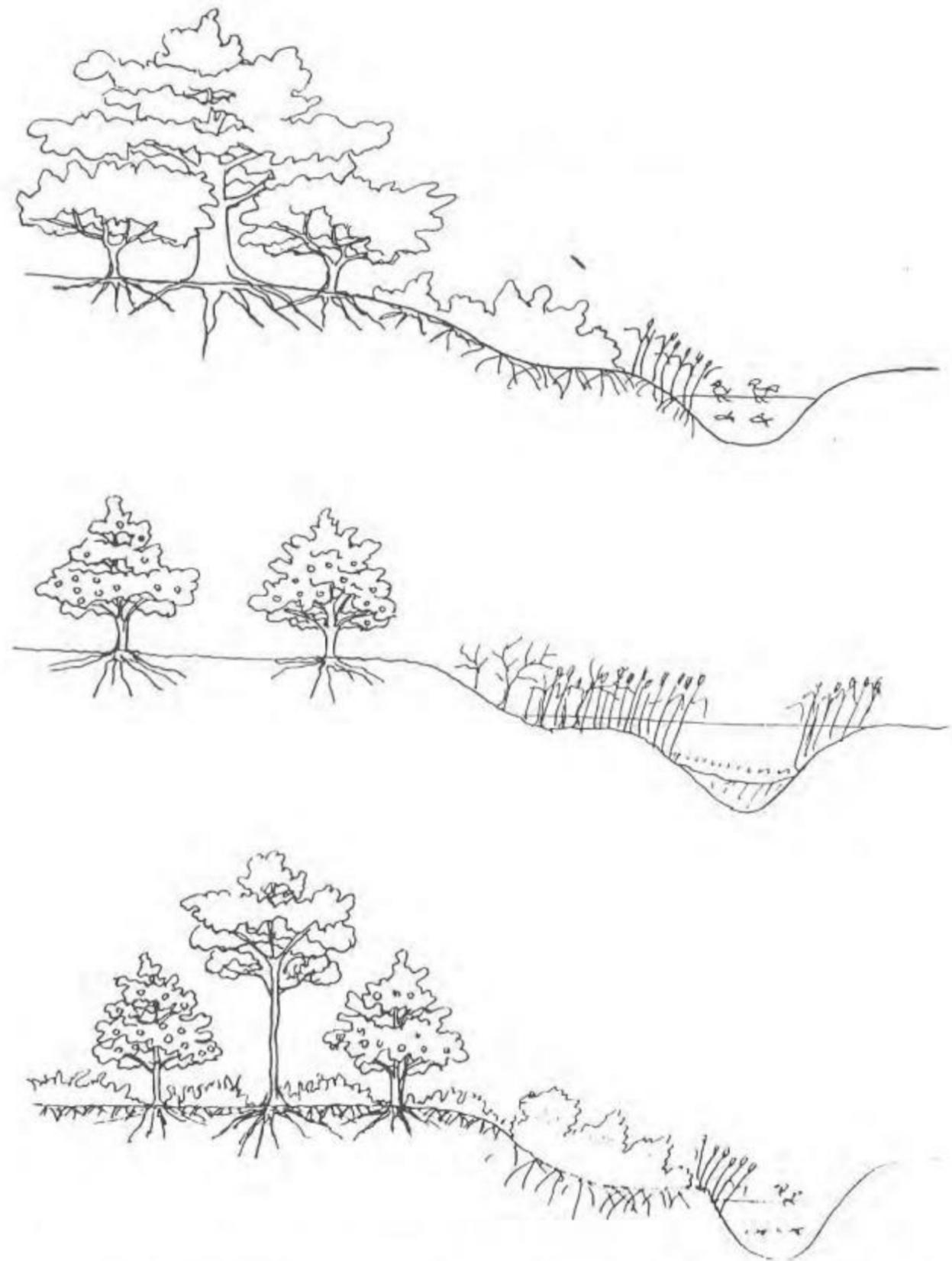


Figura 13. De cima para baixo: clímax — temperado → intervenção → recomposição ou manejo agroecológico

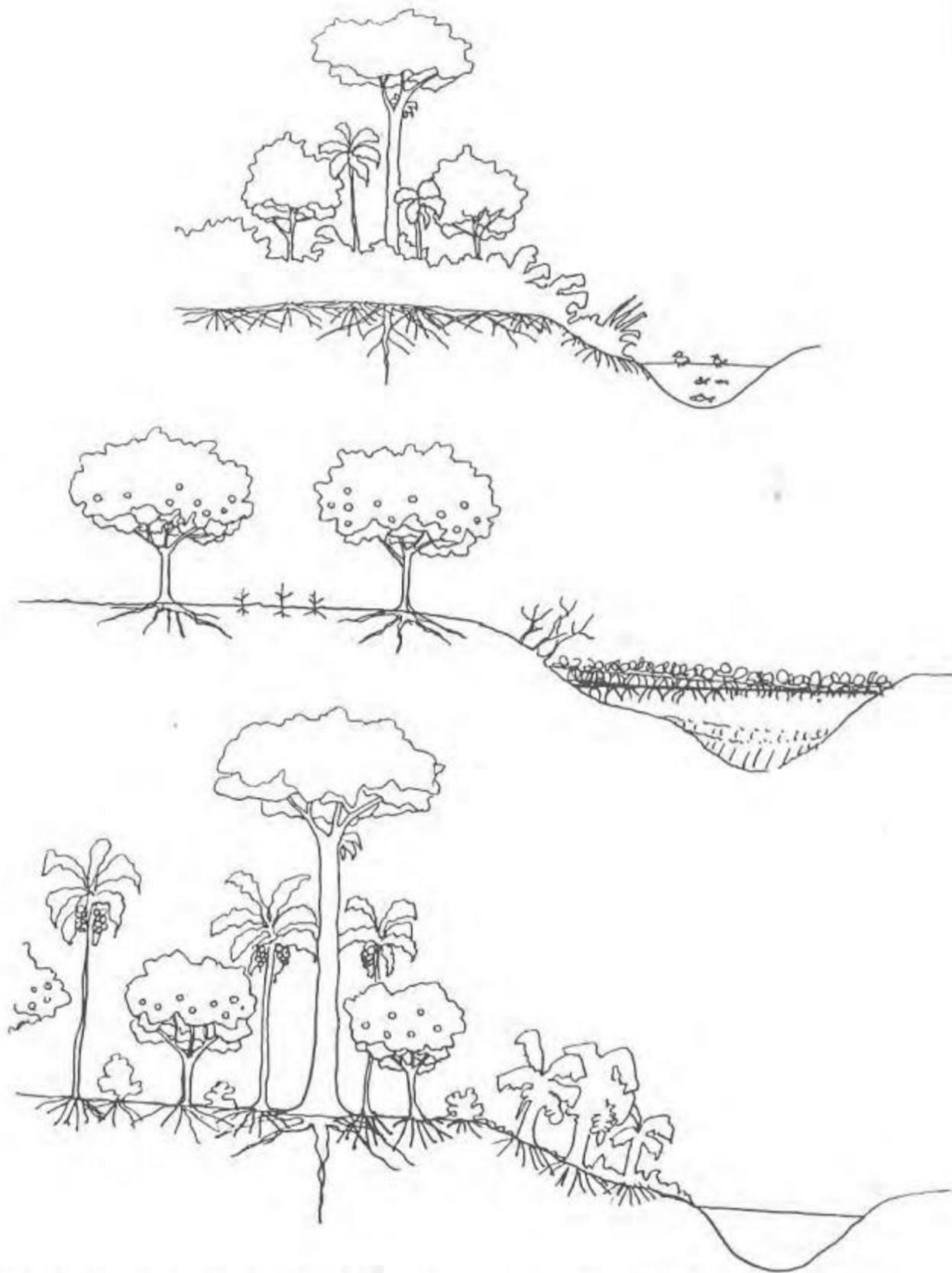


Figura 14. De cima para baixo: clímax — trópico / subtropical úmido → intervenção → recomposição ou manejo agroecológico

- É uma floresta úmida? Qual o tipo de estrutura foliar predominante?
Resposta: trata-se de uma floresta do tipo úmido, não sujeita a estação seca sazonal, e predominam árvores de folhas estreitas. Algumas espécies de folhas largas de ciclo longo aparecem logo abaixo das araucárias, nas matas ciliares. As folhas estreitas indicam estruturas foliares que evoluíram de maneira a resistir a ventos, sem perda de água excessiva e sem danos físicos.
- Observando-se a sucessão vegetal na mata, quais são as pioneiras (ciclo de 10 anos), intermediárias (ciclo de 40 anos) e primárias (ciclo de 100 anos ou mais) mais comuns e com que solos se associam?
Resposta: aqui, podemos elaborar uma lista com as espécies mais representativas dentro de uma área ou região.
- Por último, quais são as espécies frutíferas que você conhece ou tem interesse, e cujas regiões de origem têm similaridades com o ecossistema que você descreveu?
Resposta: aqui, devemos elaborar uma lista de frutíferas que responda as mesmas questões fundamentais.
Vamos tomar como exemplo a maçã:
 - Folhas perenes, caducas ou semicaducas?
Trata-se de uma espécie caducifolia.
 - Pertence a que ciclo (10, 40 ou 100 anos)?
As macieiras, em estado natural, podem chegar a mais de 100 anos.
 - Necessita de solos profundos ou rasos?
Prefere solos profundos, porém existem porta-enxertos e espécies silvestres que se adaptam a solos pedregosos.
 - Qual o grau de dificuldade de reprodução (vegetativa, sementes, somente com enxertia, etc.)?
Nas nossas condições, dificilmente se reproduz por sementes, a menos que as sementes sofram vernalização e estratificação (30 dias com umidade constante de 80% e a 4 °C). Porta-enxertos são produzidos vegetativamente a partir da planta mãe.
 - Quais são as espécies que com ela compõem formações vegetais no seu centro de origem? Qual é a arquitetura florestal típica que ela compõe no seu centro de origem?
A macieira é originária da Europa Central, e espécies silvestres são encontradas na região do Cáucaso. Encontra-se acompanhada, em

estado silvestre, por outras rosáceas arbustivas como a amora-preta (*Rubus* sp.) nas bordas de mata e por espécies de *Prunus* como sub-bosque. É árvore dominante e pode chegar a 20 m de altura.

Essas informações, que a princípio parecem bastante complexas, são, na verdade, bastante fáceis de se obter. Basta que treinemos nossa capacidade de observação e que disponhamos de alguma bibliografia. Na falta desta, algumas caminhadas na mata original, examinando-se seu interior, as áreas de recuperação, as bordas na zona sombreada (margem sul) e ensolarada (margem norte), aliadas a conversas com os habitantes mais antigos e os mateiros, nos darão o quadro geral do ecossistema nativo. O somatório de anos de experiência e das atividades acima mencionadas formam um bom arsenal para o trabalho de campo.

O segundo passo é definir quais as espécies que ocuparão o centro de nosso interesse. A adaptação dessas espécies definirá qual o grau de complexidade e diversificação possível para nosso sistema: elas devem ser selecionadas levando-se em conta o grau de intervenção humana que necessitam e a natureza dessa intervenção. Espécies que precisarem de assistência sistemática sob a forma de podas, amarrios, pulverizações, como é o caso da maçã na serra gaúcha, não podem ser incluídas em formações vegetais muito complexas. Nesse caso, o sistema deve evoluir de maneira que, ao chegar à idade produtiva, o acesso de máquinas e pessoas seja possível e facilitado. Espécies de alta adaptação podem ser manejadas em sistemas complexos do tipo *plante e colha*, onde o grau de inter-relações que se estabelece garante uma necessidade mínima de intervenções, que se restringirão ao manejo da sucessão vegetal nativa e introduzida (espécies anuais e bianuais alimentares), reposição de mudas e operações de colheita. Eis alguns pontos fundamentais sobre espécies dominantes a se levar em conta na escolha:

- Espécies originalmente dominantes não apresentarão potencial máximo de produção se enxertadas em cavalos nanizantes ou semivigorosos, a menos que desejemos um sistema de uso intenso de energia e de ciclo curto.
- Espécies dominantes não tolerarão sombreamento em seu estágio adulto. A pereira (*Pirus communis*), por exemplo, é uma árvore dominante e não pode ser cultivada no subtropical sob sombreamento ou com porta-enxertos nanizantes, a menos que queiramos intervenções crescentes e uma vida curta para as plantas e o solo.
- Espécies dominantes com uma produção alta de frutos/pé devem ser contrabalanceadas com espécies fertilizadoras, tanto compartilhando o estrato superior como em nível de sub-bosque. A listagem dessas

espécies deve incluir plantas descritas nos mesmos moldes das frutíferas quanto à adaptação e a outras características.

Os cultivos do trópico úmido já têm essas espécies bem determinadas, algumas nativas, outras introduzidas, tais como *Inga* sp., *Erythrina* sp., *Jacaranda* sp., *Cordia* sp., *Calliandra* sp. e *Gliricidia* sp. Cada latitude e região tem suas espécies nativas que devem ser valorizadas e utilizadas. Porém, um excesso de plantas leguminosas pode induzir a desequilíbrios de nitrogênio: a proporção correta deve ser avaliada em relação ao ecossistema nativo (Bill Mollison, comunicação pessoal).

Em relação às plantas que compõem originalmente sub-bosque, temos que manter os mesmos cuidados. Podemos citar dois exemplos: o pessegueiro é sub-bosque, mas apenas em formações abertas e de alta radiação, e se beneficia da presença de uma certa proporção de espécies leguminosas dominantes em interplântio.¹⁴ A noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) pode receber interplântio com cítricos, desde que o nitrogênio seja fornecido por um estrato herbáceo composto por leguminosas com alto poder de fixação simbiótica.

Algumas plantas arbustivas de interesse comercial poderão ser incluídas em toda a área, sendo deslocadas naturalmente para as bordas ensolaradas do pomar, quando o sombreamento prejudicar sua produtividade. Até lá, já terão cumprido sua função. Bons exemplos são a amora (*Rubus* sp.), a framboesa (*Rubus idaeus* + sp.) e a maçã. As duas primeiras são pioneiras arbustivas e frutíferas que formam bordas de floresta. A maçã se desenvolve sob o abrigo delas que, por sua vez, serão gradativamente eliminadas pelo sombreamento ou pela substituição por outras espécies. As arbustivas se deslocam para as bordas do pomar onde constituirão, junto com outras espécies, um quebra-vento diversificado e eficiente.

Finalmente, algumas árvores que compõem a bordadura do pomar ou que foram introduzidas com função fertilizadora ou de sombreamento podem ter função múltipla, vindo a render divisas como madeira nobre a médio e a longo prazo. Esse é um componente que valoriza o sistema, diminuindo a depreciação do conjunto do investimento. A Figura 15 apresenta um *design* montado para as condições do ecossistema floresta de araucária.

Matéria orgânica e seu fluxo

Durante anos, tivemos dificuldade de equacionar o que seria um manejo adequado da matéria orgânica em uma unidade de produção. Essa

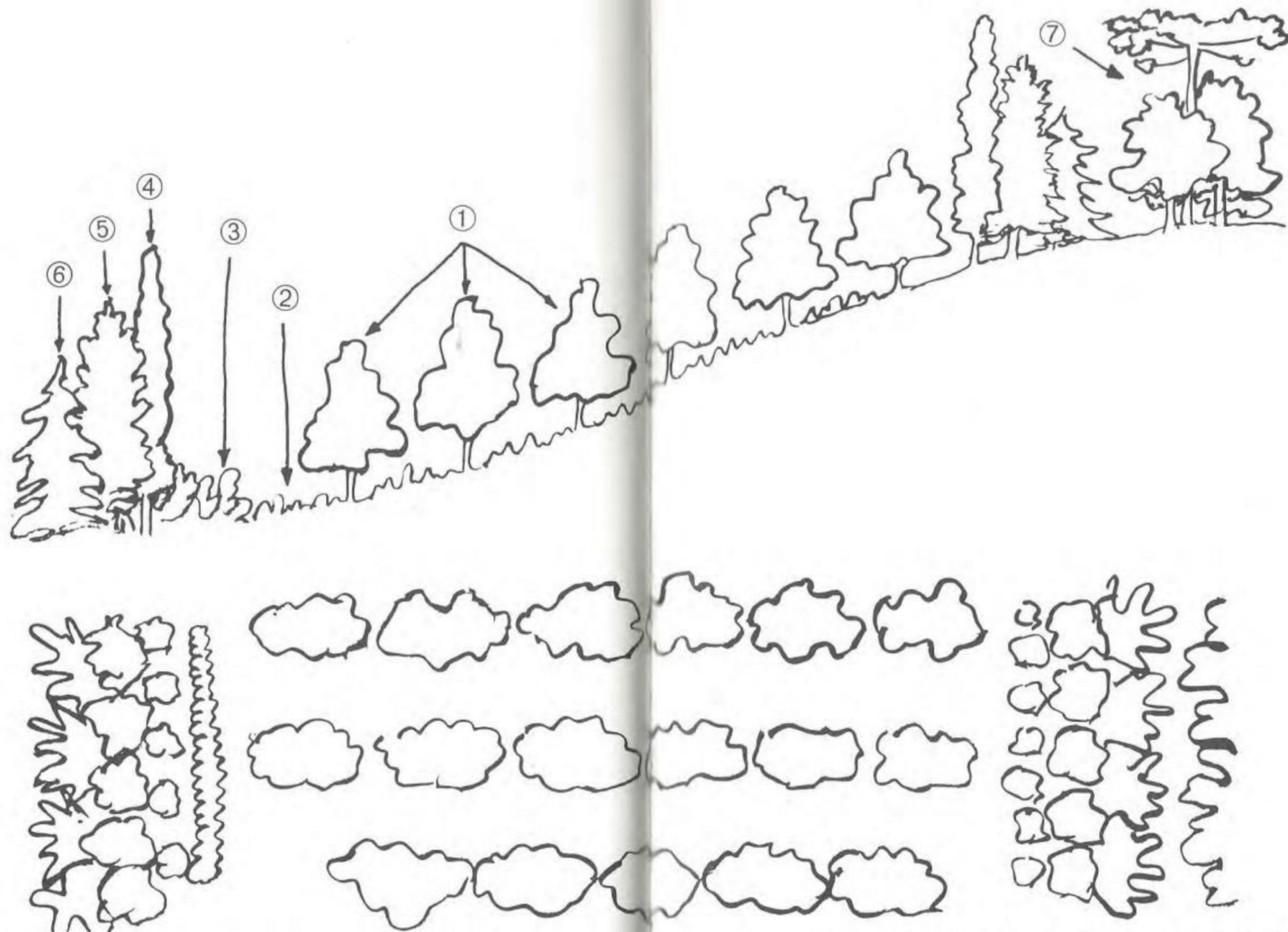


Figura 15. Design montado para as condições do ecossistema de floresta de araucária: ① macieira; ② cobertura verde manejada; ③ espécies forrageiras para pássaros; ④ álamo argentino; ⑤ *Pinus eliotis*; ⑥ cipreste; ⑦ mata nativa.

dificuldade se origina do estudo do solo separadamente da vegetação clímax original e do clima. A partir do momento em que passamos a encarar esse conjunto solo-vegetação como um organismo vivo, com estratégias de adaptação, reprodução e evolução, o conhecimento parcializado é uma peça que ajuda a compor uma imagem desse organismo, como num quebra-cabeças. Essa abordagem pode ser resumida numa frase: *se não conhecemos o ser em movimento, dificilmente saberemos reconhecer a importância e a função de cada um de seus órgãos.*

A abordagem científica que encara os ecossistemas como organismos vivos é a geofisiologia, ciência da qual o biólogo inglês James Lovelock é precursor. A partir dos dados da sonda espacial Viking e dos estudos de sua equipe no Laboratório de Propulsão a Jato da NASA, Lovelock elaborou o esqueleto de sua Teoria Gaia. Esta tem sido um instrumento de enorme avanço no entendimento dos ecossistemas e dos processos vitais que ocorrem no planeta.

Teoria e prática

As implicações de se encarar os sistemas solo-fauna-vegetação e sua interação com o clima como um organismo que busca a maximização da vida de todos os seus componentes tem resultado numa abordagem mais sistemática e mais efetiva de antigas questões do trabalho prático que sempre receberam respostas parciais. Por exemplo, quando falamos de manejo da matéria orgânica na agricultura, algumas perguntas básicas sempre são feitas:

- quais são as quantidades e qual a periodicidade das aplicações de matéria orgânica?
- a matéria orgânica fornece os teores de NPK necessários ao desenvolvimento das culturas?
- é viável trabalhar com matéria orgânica em grandes áreas?
- depender de matéria orgânica de fora da propriedade não é também uma forma de desequilíbrio energético?

Essas perguntas devem ser respondidas de duas maneiras diferentes para duas situações diferentes. Uma delas é quando se trata da introdução de determinada cultura em um solo bastante cultivado e que já perdeu sua vegetação clímax. A outra situação é aquela onde a intervenção humana é no sentido da introdução de espécies que se adaptam dentro do processo natural de sucessão ecológica. Muito freqüentemente, as situações se interpenetram. Por exemplo: pretende-

mos instalar um pomar de maçãs e a área está coberta por mata secundária com dez anos de idade. Nesse caso, a vegetação a ser introduzida é exótica e o solo já perdeu sua cobertura original. Portanto, não podemos depender da sucessão vegetal para formar a matéria orgânica ou a biomassa necessária para obtermos um desenvolvimento satisfatório das plantas e mantê-las em produção. As características da maçã impedem que se faça uma recomposição completa da arquitetura florestal original. A distância entre a formação clímax final que desejamos — pomar — e a formação vegetal clímax original — floresta — define caminhos para responder as perguntas formuladas anteriormente.

É importante ressaltar que a maçã, o pêssego, a pêra e outras frutíferas são partes vivas de um organismo que evoluiu otimizado para as condições de clima temperado. O “transplante” desses indivíduos para um organismo que evoluiu para as condições de clima subtropical úmido tem um custo energético. Este pode ser quantificado em termos de:

- diminuir a umidade relativa do ar, de modo a compatibilizá-la com as exigências da macieira;
- controlar a sucessão vegetal natural a fim de evitar que as espécies nativas dominem, sombreando a macieira;
- repor a matéria orgânica que deixará de ser fornecida por essa sucessão e que condiciona o solo e o faz evoluir;
- intervir com pulverizações foliares de produtos orgânicos e minerais, de modo a compensar a maior lixiviação foliar que uma planta de clima temperado sofrerá nas condições do subtropico;
- manejar a sucessão vegetal de modo a otimizar a reciclagem dos nutrientes aportados;
- criar barreiras vegetais e outros artificios para confundir e amenizar a rejeição do ecossistema e seus agentes de evolução (insetos, fungos, bactérias, vírus, etc.) ao indivíduo ou à formação vegetal transplantada.

Em outra situação, qual seja a da implantação de um bananal em região de mata atlântica, os mesmos pontos serão relevantes, porém a energia gasta em cada etapa será imensamente menor. A grande diferença é que a banana tem uma rejeição mínima pelo ecossistema mata atlântica quando se respeitam os princípios mínimos da arquitetura típica desse tipo de mata.

Porém, onde o organismo solo-vegetação-fauna foi degradado, todo um gasto energético deve ser considerado, mesmo com espécies tidas como de alta adaptação às condições regionais de radiação, nutrientes e umidade.

A intensidade dos *inputs* varia conforme o grau de agressão ao organismo clímax. Fazemos uma analogia: um trabalhador sofre um acidente de trabalho que lhe danifica dentes, parte do estômago e lhe causa escoriações. Inconsciente e com perda de sangue, permanece vivo, mas necessita, num primeiro momento, sair do estado de choque e receber sangue. Num segundo momento da recuperação, passa a receber soro e, mais adiante, alimento líquido. Recuperado o estômago, recebe uma prótese e volta a alimentar-se com sólidos de fácil digestibilidade até poder voltar a comer normalmente, recuperar-se fisicamente e reaver sua capacidade de trabalho normal.

O conjunto solo-vegetação é um organismo que processa incessantemente carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio em matéria viva, extraindo elementos essenciais da rocha matriz. Tem estratégias de evolução e adaptação a mudanças pontuais ou geoclimáticas: qualquer intervenção na vegetação original ou no solo (contaminação, anaerobiose, etc.) acarreta alterações no processo biótico e a busca de uma recuperação.

A perda de capacidade produtiva desse organismo se verifica principalmente na capacidade da vida do solo em tornar os nutrientes disponíveis para as raízes. Um solo degradado é um trabalhador acidentado: sua capacidade de produzir vida é mantida artificialmente através de nutrientes que entram diretamente na solução do solo. Logicamente, a vida que produz, na forma de culturas agrícolas ou vegetação, também só sobrevive através de medidas artificiais, como pulverizações constantes, fumigações de solo, etc.

Esse tipo de abordagem permite que se entenda e se quantifique a quantidade de nutrientes de alta solubilidade que um solo vai necessitar até o organismo voltar à sua total capacidade de produção de vida a partir da energia naturalmente disponível sob a forma de radiação, nutrientes e umidade. O chamado *período de transição* de uma área sob manejo agroquímico é basicamente determinado pelo nível de dano existente e pela capacidade regeneradora do ecossistema agredido.

Visto sob esse ângulo, o manejo da matéria orgânica fica fácil de ser entendido: boa parte das respostas está na compreensão dos ciclos e dos padrões do ecossistema local e nas espécies vegetais e animais que compõem as diferentes etapas da sucessão ecológica rumo ao equilíbrio dinâmico ou clímax de cada ecossistema. Esse é um modelo de entendimento básico que fornece um referencial para intervenções mais precisas.

Imaginemos que dentro desse modelo se possa analisar e identificar origem, quantidade, qualidade e periodicidade dos materiais orgânicos que chegam ao solo. Isso permite uma compreensão de como se comporta o fluxo de matéria orgânica e, conseqüentemente, de nutrientes em cada ecossistema.

Esse fluxo é fator determinante para as populações de recicladores da micro e mesofauna e flora. Por sua vez, a atividade desses recicladores regula a disponibilidade de nutrientes na solução do solô e, juntamente com a vegetação, é responsável pela mobilização de minerais da rocha matriz.

Portanto, o entendimento da lógica que move cada modelo permite uma abordagem sistemática, onde os problemas como quelatização, imobilização, toxidez, solos indutores a fungos patogênicos, etc. são analisados no conjunto e não como fatores isolados e complexos. O que traz complexidade é se desconectar cada um desses aspectos do conjunto solo/vegetação.

Análise do modelo

Num ecossistema florestal do subtrópico úmido, o fluxo de matéria orgânica para o solo é constante e a atividade da micro e mesofauna e flora é regulada pelas condições do ar, da temperatura e da umidade. Mesmo nas regiões mais frias e altas, onde o estrato superior já foi dominado pela *Araucaria angustifolia* antes da intervenção provocada pela colonização européia, o aporte de material orgânico ao solo tem estações de maior intensidade, porém ocorre durante todo o ano.

Esse fluxo permanente não existe num pomar sem a intervenção sistemática do homem. Para que isso ocorra naturalmente, ou seja, sem que se façam aportes externos e contínuos de matéria orgânica, seria necessário recompor-se a arquitetura original da vegetação clímax, respeitando-se todas as etapas de sucessão vegetal ou animal. Em outras palavras, teríamos que recriar o modelo básico da floresta, em todos os seus componentes, para um fluxo auto-regulado de matéria orgânica num balanço energético perfeito. A importância do modelo fornecido pelo ecossistema original é orientar e mesmo gerar práticas adequadas. Cada manejo pode ser aferido de maneira simples, em campo, através de indicadores biológicos, como é o caso da sucessão de ervas nativas, bem como através da quantidade, da sanidade e da qualidade da produção agrícola obtida.

Intervenção e custo energético

A adubação química sintética é um fato muito recente na história da agricultura e tem o papel de substituir, de maneira bastante

ineficiente, a produção de nutrientes do organismo solo-vegetação. Já o manejo da biomassa animal e vegetal, ou seja, a matéria orgânica, tem um histórico de milhares de anos. A intervenção do homem no ecossistema sempre foi no sentido de produzir um excedente de biomassa, de maneira que dele pudesse se beneficiar para satisfação de suas necessidades. Na verdade, estimular o crescimento vegetal e animal com a função de obter excedentes tem sido o objetivo do homem através das eras. Com esse objetivo, várias práticas de manejo da matéria orgânica, da biologia do solo e dos nutrientes de maior solubilidade foram desenvolvidas ao redor do mundo, para os mais variados ecossistemas, em situações culturais e econômicas diversas. Nenhuma delas, porém, teve a pretensão antropocêntrica de desvincular a vida do solo da produção agrícola. Vamos enumerar algumas, em ordem decrescente de necessidade de trabalho, no sentido físico do termo, ou seja, em gasto energético:

- 1 coleta de esterco e resíduos vegetais, compostagem e mistura com elementos minerais, com posterior transporte para as áreas de plantio;
- 2 compostagem de resíduos vegetais e animais e posterior transporte para as áreas de plantio;
- 3 uso de esterco ou resíduos orgânicos coletados e transportados diretamente para a área de plantio;
- 4 rotação na mesma área de criação animal ou piscicultura com lavoura anual;
- 5 introdução de adubação verde com posterior enterrio;
- 6 introdução de adubação verde com posterior plantio direto;
- 7 introdução de adubação verde com posterior manejo da vegetação nativa por roçadas;
- 8 roçadas da vegetação nativa e plantio em covas;
- 9 roçada da vegetação nativa e plantio direto;
- 10 derrubada seletiva da vegetação nativa, plantio e manejo da sucessão até a formação de um sistema agroflorestal;
- 11 poda seletiva ou renovação de sistema agroflorestal maduro;

Devemos observar alguns pontos fundamentais nessa enumeração de práticas:

- Se partimos de uma floresta rica em recursos, o melhor manejo é o 11.
- Se partirmos de um ecossistema florestal que precisamos enriquecer, o meio mais óbvio de se obter matéria orgânica e recursos é o 10.

- Se partirmos de uma vegetação clímax do tipo savana ou cerrado, a melhor opção é a roçada da vegetação nativa com a permanência de algumas árvores de interesse e posterior introdução de uma adubação verde, que pode ser também uma cultura alimentar, manejando-se o rebrote e a recuperação da vegetação clímax (8, 9 e 10).
- Se partirmos de uma pradaria ou de um sistema marcadamente sazonal, o melhor manejo se situa entre os números 4 e 8, ou então faz-se uma combinação entre manejos. O objetivo é sempre criar meios de se obter matéria orgânica: lavrar e decompor a vegetação nativa; lavrar e introduzir uma adubação verde para depois tornar a lavrar; introduzir a adubação verde e plantar direto, imitando-se a sucessão vegetal de inverno-verão, típica das pradarias em climas sazonais. O retorno da vegetação nativa e a rotação com animais devolve a matéria orgânica oxidada no processo. A rotação com peixes e culturas entraria nesses sistemas, onde a presença ou a ausência de algum fenômeno (cheias de rios, degelo, aquecimento, etc.) regula a sazonalidade.
- Se partirmos de situações extremas como as de semideserto ou de solos sazonalmente congelados, degradados por fenômenos naturais (vulcanismo, erosão por rios) ou antropogênicos (pisoteio excessivo e queimadas em pastagens naturais), a solução é transportar matéria orgânica de sítios mais ricos e criar pontos de fertilidade (1, 2, 3 e 4). A característica de cada ecossistema vai apontar qual o manejo possível, de 1 a 11, ou quais as combinações que são possíveis e interessantes.

Nesse ponto, esperamos que o leitor tenha se dado conta do tipo de agricultura que se tornou o padrão tecnológico obrigatório para qualquer ecossistema, num colonialismo tecnológico insustentável nos dias atuais.

O que descrevemos anteriormente não são propostas novas. Trata-se simplesmente do relato de práticas milenares de povos que criaram civilizações sustentadas pelos diferentes ecossistemas citados. Via de regra, quanto mais brutal a intervenção humana rompendo o fluxo de matéria orgânica ao solo, mais necessitamos do tipo de tecnologia desenvolvida para lidar com condições extremas.

Um agravante é que as populações originais em ambientes extremos nunca foram naturalmente altas. Quando isso acontece, a energia deve ser drenada de outros pontos para manter a densidade populacional. Um exemplo clássico disso é o desequilíbrio energético da agricultura européia e norte-americana: virtuais "buracos negros", sugando energia sob a forma de barris de petróleo, e toneladas de soja colapsando ecossistemas inteiros e comprometendo o futuro. O mesmo se poderia dizer da derrubada de florestas tropicais para criação de gado de

corde: perda irreparável da biodiversidade, esbanjamento de energia sob a forma de radiação, chuva e nutrientes para um benefício bastante questionável tanto no aspecto técnico como no social. Porém, nem sempre o transporte de nutrientes e matéria orgânica constitui um desequilíbrio: pode ser o início de um processo de reequilíbrio ou mesmo de integração entre unidades produtivas próximas. Nesse sentido, aportes externos de nutrientes em forma mineral e orgânica podem ser o passo inicial em situações de solo degradado e lixiviado, onde cultivos de ciclo curto exigem nutrientes que não estão disponíveis. Eventualmente, adubos organominerais e minerais de baixa solubilidade podem ser utilizados.

A introdução de matéria orgânica é condição *sine qua non*, porém não podemos seguir receitas. Devemos nos reportar ao ecossistema em que estamos atuando e nos perguntar até onde podemos chegar, e o que precisamos para chegar. Porém, devemos saber conciliar, dentro do esquema que se maneja, o equilíbrio entre *inputs* externos e produção local de biomassa, tendo sempre em vista a produção. À medida que o sistema evolui, o fluxo de matéria orgânica se reestabiliza, reativando com ele o fluxo de nutrientes que se encontrava indisponível. Assim, o trio NPK volta a ocorrer na biomassa e na solução do solo, junto com todos os oligoelementos e os fatores de crescimento ligados à atividade da vida vegetal e animal, e pode-se falar em produção sustentável. Evidentemente, o grau de degradação a que cada solo foi submetido é que vai ditar por quanto tempo serão necessários *inputs* externos para se retomar um fluxo de nutrientes que seja capaz de produzir um excedente agrícola.

Formação de pomares ecológicos no Rio Grande do Sul

Nas condições que geralmente se fazem presentes nas pequenas propriedades da encosta superior do nordeste do Rio Grande do Sul — solos degradados e lixiviados, porém com bom potencial na rocha matriz, — a introdução de matéria orgânica é o passo inicial, juntamente com a implantação de uma cobertura verde rústica e com alto poder de produção de biomassa. Esse processo permite que se desenvolvam espécies nativas de uma sucessão vegetal mais adiantada que passa a ser manejada em conjunto com os dois primeiros elementos citados.

Com o passar do tempo, procura-se recompor a arquitetura original da vegetação clímax, o que pode ser traduzido inicialmente pela introdução de coberturas verdes — exóticas ou não — e de aportes mais intensos de matéria orgânica, a fim de estimular o banco genético do solo.

Durante o processo, recomendamos o parcelamento da adubação orgânica, parte no outono e parte na primavera, em quantidades que serão dosadas pelas condições do solo e baseadas no que foi analisado até agora.

Em nossas condições climáticas, aplicamos a matéria orgânica no final do outono, o que segue o ciclo verificado na floresta semicaducifolia. A adubação feita na primavera não deve ser efetuada com matéria orgânica fresca, a não ser em doses baixas (3 t de cama de frangos/ha) e, necessariamente, sobre a adubação verde. Quantidades maiores encontram uma atividade metabólica ainda baixa em função da temperatura, fato que dificulta que o organismo pomar metabolize adequadamente um aporte elevado de matéria orgânica fresca.

Em regiões marcadamente subtropicais ou mesmo tropicais úmidas, onde os ciclos naturais são praticamente ininterruptos, a situação muda bastante. Os aportes podem ser mais frequentes e feitos com material mais fresco, de modo a estimular o banco genético do solo e a sucessão vegetal, cujo potencial de mobilização e fornecimento de nutrientes é bastante grande. Os aportes poderão ir sendo reduzidos em quantidades dimensionadas, de acordo com a etapa de evolução do organismo pomar. Quanto mais maduro e diversificado o organismo, maior sua capacidade de reciclagem.

Solos degradados

Na região de Torres, em solo arenoso de várzea cuja camada superficial foi removida para formar gramados, instalou-se um pomar de *Citrus*. Portanto, além de já ter perdido a vegetação clímax, esse solo, que estava coberto por gramíneas, teve sua última capa orgânica removida. O domínio de uma gramínea agressiva estava sufocando as mudas. A solução encontrada foi a introdução da crotalária, leguminosa de porte arbustivo, em formação maciça. Ela eliminou a gramínea e forneceu nitrogênio, porém não proporcionou matéria orgânica estável para suprir o desenvolvimento desejado das plantas, o que só poderia ser obtido pela combinação do manejo da crotalária com aportes sucessivos de bagaço de cana compostado, esterco bovino e outros materiais orgânicos, até que se chegasse a um nível nutricional que recompusesse parte do horizonte orgânico perdido. Porém, os cítricos, apesar de bastante aclimatados, não se encaixam plenamente na arquitetura florestal da mata daqueles ecossistemas, e o pomar sempre necessitará de doses de matéria orgânica externa, ainda que da ordem de menos de 5 t/ha/ano, para manter a produtividade, considerando-se um manejo de cobertura verde perene com leguminosas para compensar a falta de eficiência energética do sistema.

Aportes externos e evolução do sistema

É importante lembrar que os ecossistemas maduros são baixos produtores de excedentes de biomassa: praticamente tudo que é produzido é reciclado. Os primeiros estágios de sucessão são os que fornecem os maiores excedentes de biomassa, pois estão utilizando, de maneira acelerada, os nutrientes proporcionados pelo fim do ciclo de uma formação vegetal.

Traduzindo-se essa informação para a prática, uma das maneiras utilizadas para diminuir a necessidade de aportes externos é aumentar a densidade vegetal por unidade de área. Todos os estratos possíveis para aquela condição climática são preenchidos com plantas de cobertura do solo, árvores com função fertilizadora nos estratos dominantes ou em faixas, etc. Os multiestratos fornecerão matéria orgânica e nutrientes para o cultivo ou cultivos de exploração. Esses multiestratos podem ter ciclo definido, assim como a formação vegetal ou o sistema explorado como um todo. Ao final do ciclo de cada indivíduo ou de toda a formação, esta é retirada e seus restos fornecerão os nutrientes para as remanescentes ou para a renovação total do sistema. O grau de evolução ou involução do ecossistema de que partimos é que determinará a necessidade maior ou menor de aportes externos de matéria orgânica. Tudo pode ser resumido numa frase: *utilização eficiente dos recursos energéticos disponíveis*.

É de se esperar que as necessidades de aportes externos caiam à medida que o ecossistema evolui, se houver uma recomposição adequada da sua formação vegetal típica. Os sistemas agroflorestais desenvolvidos para as regiões quentes e úmidas dependem majoritariamente da biomassa produzida pela vegetação para o fornecimento de nutrientes. Vejamos um exemplo simplificado: a mata secundária é derrubada, mantendo apenas alguns indivíduos da mata terciária nela presentes. Um consórcio adequado de banana, mamão, palmito, feijão, aipim, batata-doce e rebrote da mata aproveitam os nutrientes que vão sendo mineralizados e formam uma sucessão. A banana retorna nutrientes à medida que cada cacho é colhido, através dos pseudocaules e das folhas. Não só a banana, mas cada um dos indivíduos do sistema completa seu ciclo e, ao ser colhido, deixa parte de sua biomassa no solo. A menos que o manejo seja predatório e totalmente inadequado, a exportação de nutrientes, considerando-se a matéria seca, é bastante reduzido em relação à fixação de nitrogênio e à disponibilidade do fósforo e do potássio adsorvidos nos colóides do solo. Nessas condições, os nutrientes estão em constante reciclagem e não podem estar armazenados no solo, como ocorre nos climas temperados. Nestes, a biomassa produzida numa estação de crescimento ou passa para a biomassa animal ou se armazena sob a forma de compostos húmicos para viabilizar a próxima estação de crescimento.

Na verdade, o que muda de um ecossistema para outro é a forma e a periodicidade dos ciclos em que atuam os recicladores tais como fungos, bactérias, insetos, herbívoros, carnívoros, etc. e a complementaridade existente entre eles. Portanto, os nutrientes de um ecossistema sempre estarão regulados pela presença dos recicladores. A quebra dessas cadeias diminui a eficiência do sistema, numa escala onde a fixação química pelo solo é um dos degraus que antecedem estágios ainda mais avançados de degradação.

Matéria orgânica e elemento animal

Análise de ecossistemas e sua fauna

O fluxo da matéria orgânica passa, sem dúvida, pelo organismo dos recicladores. A biomassa vegetal torna-se biomassa animal e vice-versa, como os clássicos nos ensinam. Entretanto, há um ponto sobre o qual devemos nos ater sobremaneira, qual seja, o tipo de recicladores que cada conexão solo-flora-fauna produziu.

Um exemplo clássico dessa conexão parte da observação dos colonizadores ingleses que chegaram à América do Norte. Temerosos de que os diques feitos pelos castores se rompessem, eles os desmanchavam. Com o tempo, a mata ciliar que circundava os lagos formados pelos diques foi degenerando até se limitar à beira dos riachos. O castor concentra os recursos escassos na região primeiramente em seu organismo. Utilizando a energia que acumulou, forma os diques. O dique eleva e regulariza o lençol freático, o que possibilita a expansão das formações florestais e das gramíneas lacustres que, junto com os peixes, formam a dieta dos castores. Os dejetos dos castores e das aves fertilizam o lago e trazem novas espécies, que se concentram ao redor do recurso limitante que é a água, a qual também maximiza outro recurso limitante que é a radiação, pela reflexão da luz e pela capacidade de reter calor: a borda norte do lago é mais iluminada e mais aquecida que a sul (lembrando que estamos nos referindo ao hemisfério norte). Esse é um dos exemplos mais próximos do tipo de intervenção que eleva o potencial de um agroecossistema e que mostra a conexão entre um ecossistema e o elemento animal.

Vamos analisar alguns extremos: nas situações onde há limitantes sazonais para o crescimento vegetativo, como é o caso das estepes frias ou dos semi-áridos tropicais, onde permanece a matéria orgânica e o inóculo biológico para sua transformação? Inicialmente, podemos observar que

ambas as regiões têm em comum uma expressiva população de herbívoros de grande porte, como é o caso das renas no círculo polar ártico e dos antílopes, elefantes e outros herbívoros nas savanas africanas. Tal fato nos induz a concluir que parte da biomassa vegetal produzida no ciclo de crescimento possível está resguardada das condições climáticas adversas na biomassa animal constituída por esses herbívoros.

Outro fato relevante nesse caso diz respeito à relação superfície-volume. O aumento do volume do animal corresponde a um pequeno aumento em sua superfície. Isso significa vantagens em relação à manutenção da homeostase: menos água que o animal perderá num clima semi-árido, ou menos calor que perderá num clima onde o fator limitante for a radiação. Trata-se de um pequeno aumento de consumo energético para incrementar a quantidade de matéria viva resguardada das condições adversas.¹⁵ Isso explica, ao menos parcialmente, a predominância de animais de maior porte em regiões onde ocorrem limitações sazonais à vida. Junto com a disponibilidade de nutrientes, esse pode ter sido um vigoroso agente de seleção natural.

Inóculos microbianos ou biotecnologia de Gaia

Os dejetos animais em condições de restrição sazonal para o desenvolvimento da vida são verdadeiros *pellets* de matéria pré-digerida e microrganismos. Quando retornam as condições adequadas de radiação, água ou nutrientes, os microrganismos recicladores já estão inoculados, e os processos biológicos se desenvolvem com a rapidez e a eficiência necessárias relacionadas ao fator limitante daquele ecossistema.

Um outro exemplo desses mecanismos de adaptação a fatores limitantes e de armazenamento de biomassa integrado com animais é o caso das composições vegetais características de savanas e semi-áridos. As formações predominantes de leguminosas levam a uma fixação intensa de nitrogênio no período favorável de chuvas ou buscam umidade em profundidades inacessíveis aos animais. O pastoreio e o conseqüente acúmulo na biomassa animal permitem que os nutrientes não se percam. As condições secas fazem com que o esterco seja praticamente um inóculo de rápida utilização quando chuvas escassas e de pequena duração possibilitam o crescimento vegetativo. As árvores caducifólias têm mecanismos semelhantes em climas diversos. A macieira, por exemplo, armazena substâncias como a arginina e asparagina nos ramos e nas raízes durante o período de crescimento, permitindo que a floração e a brotação inicial possam ocorrer a partir das reservas acumuladas na estação anterior.

O entendimento desse mecanismo desenvolvido pela maçã para um clima sazonal com uma estação de crescimento bastante curta é fundamental: como a atividade biológica do solo tem uma curva que responde ao incremento da temperatura, conseqüentemente os nutrientes tornados disponíveis pela atividade biológica têm uma curva semelhante. Assim, a maçã se desenvolve com recursos próprios nas fases iniciais e ganha um tempo precioso que lhe permite completar o ciclo vital antes da volta do período de inatividade imposto pela estação fria.

Finalmente, isso nos leva a pensar que há uma estratégia comum dos processos vivos nos rebrotes maciços de *Mimosa scabrella* nos planaltos do sul do Brasil, nos cardumes imensos de poucas espécies em águas frias, comparados com a diversidade de espécies no que se refere a peixes em águas tropicais, e em árvores e arbustos nos rebrotes pioneiros das matas equatoriais. Diversidade e ciclos praticamente ininterruptos para climas quentes e úmidos, pouca diversidade e ciclos definidos onde umidade ou radiação são fatores limitantes.

Implicações práticas para o manejo do elemento animal

O tipo de análise feita até agora tem o objetivo de estimular a percepção de sistemas e criar manejos adequados para os diferentes ecossistemas: permite prever períodos críticos para os nutrientes e planejar a adubação orgânica e o manejo de coberturas.

Em climas tropicais e subtropicais úmidos, essa necessidade de reserva é mais uma estratégia de recomposição da vegetação pioneira por ocasião de um distúrbio qualquer do que uma regra entre as árvores do estágio clímax. A matéria orgânica é constantemente reciclada e rapidamente utilizada num ambiente pleno de estruturas de absorção e transformação. Portanto, é muito mais importante reduzir-se a velocidade de oxidação da matéria orgânica e otimizar a reciclagem do que se preocupar em fornecer inóculos para ativação do solo. Este já os possui, e a compostagem só ajuda quando usada em covas, protegida da intensa atividade recicladora. O esterco líquido não pode ser usado sobre a terra nua, mas sim sempre sobre o solo já coberto por vegetação desenvolvida. A estabilização desse biofertilizante reduz as perdas de nitrogênio e evita desequilíbrios em sistemas ainda expostos ao alto coeficiente de energia que chega ao solo.

Isso permite entender um dos fatores que contribuem para a quase inexistência de herbívoros de grande porte nas florestas tropicais úmidas,

onde os fatores limitantes do crescimento vegetativo são praticamente nulos. Nelas, os herbívoros arborícolas de médio porte atuam discretamente, sendo que o papel reciclador maior cabe à micro e mesofauna e flora que, em ciclos praticamente ininterruptos, trabalham a matéria vegetal e animal que chega ao solo. A grande população de aves e animais arborícolas é mais um aspecto dessa estratégia da floresta para a reciclagem de nutrientes.

Nessas condições, torna-se de certa maneira evidente que os maiores acúmulos de nutrientes estejam sob a forma da imensa e complexa biomassa vegetal e não sob a forma de herbívoros de grande porte. Portanto, o manejo da vegetação para uma cobertura adequada é mais importante para a manutenção do fluxo de nutrientes do que o simples aporte de esterco, que pode se tornar fonte de desperdício e de poluição do sistema.

Sucessão de flora e de fauna

Essa análise pretende jogar um pouco de luz na função do elemento animal no manejo de matéria orgânica em um organismo pomar e mesmo num agroecossistema. Assim como o manejo adequado da biomassa vegetal se dá através da observação da sucessão e do clímax característico, o manejo dos animais deve seguir o mesmo princípio.

Na prática, isso implica reconsiderar a presença de herbívoros de maior porte em pastejo em situações de floresta úmida tropical e subtropical. A presença de animais pesados deve ser evitada sobremaneira, principalmente em solos argilosos, e a introdução de animais menores deve ser cíclica e adequada à evolução do próprio organismo pomar: cada etapa deve receber uma determinada lotação com determinada periodicidade.

Nada impede, porém, que se criem animais em condições outras que não sob pastejo direto, utilizando-se o excedente de biomassa vegetal para alimentá-los e retornando o esterco ao sistema. Trata-se de integrar diferentes estratégias para obtermos os pontos de fertilidade e os excedentes que nos interessam. A Costa Rica e a África têm experiências significantes nesse aspecto, com o elemento árvore assumindo o papel do elemento pastagem na criação animal. Temos, nesses casos, uma adaptação típica que minimiza o desperdício energético e maximiza o potencial de produção de biomassa do ecossistema florestal.¹⁶ Do mesmo modo, a equação evolucionista que locou elefantes nas savanas, ruminantes de grande porte nas pastagens e tundras e macacos e preguiças na floresta úmida pode ser flexibilizada, porém até certo ponto.

Aí reside um dos pontos chave para o entendimento dos fluxos de matéria orgânica que podemos colocar sob a forma de perguntas: num clima de trópico úmido, os recicladores de ciclo curto como fungos, bactérias, insetos, etc. ocupam papel de destaque, conforme acabamos de ver. Portanto, qual é a melhor maneira de se levar matéria orgânica ao solo nessas condições? Será fornecer a biomassa vegetal a recicladores intermediários, como os bovinos, a fim de se utilizar o esterco?

Ao generalizarmos práticas como o pastoreio, estamos rompendo as cadeias de recicladores de ciclo curto pela retirada do material vegetal que constitui a base de sua existência. A forma preponderante de fornecimento de matéria orgânica deve se adequar aos tipos de recicladores mais eficientes para cada situação climática.

É muito mais importante para a agricultura dos climas quentes e úmidos estimular a ação dos micro e mesorecicladores do que transformar a palha em esterco e depois retorná-la ao solo. Podemos imaginar uma sucessão não-linear da importância do elemento animal: quanto mais nos aproximamos de climas que criam situações limitantes ao crescimento vegetativo, mais cresce a importância do elemento animal como reciclador dentro do agroecossistema.

Cada erro ou acerto no manejo desses fatores desencadeia reações em série, num efeito orgânico, não-linear e imprevisível por meios puramente teóricos, mas perfeitamente avaliável pela observação dos indicadores biológicos de evolução ou degradação do ecossistema. Como regra geral, vale um dito popular que fala a respeito de que é mais fácil conservar o que se tem do que repor o perdido: uma sombra adequada a um cafezal pode se equiparar ao fornecimento de doses maciças de matéria orgânica a um cultivo a pleno sol, cujo solo é mantido limpo. Isso porque deixamos de perder, e qualquer aporte, por mínimo que seja, aumenta o potencial produtivo.

Filosfera, rizosfera e nutrientes

Filosfera

Ao analisarmos qualquer formação vegetal, notaremos que as espécies distribuem-se em diferentes estratos, de maneira a preservar e ampliar os elementos indispensáveis à vida. Totalmente interligadas a esse processo estão um sem-número de formas de vida, e esse conjunto

pode ser chamado de filosfera. Podemos ilustrar a interdependência que se verifica com a flora que habita o rúmen de um bovino: evoluíram conjuntamente e sua existência é interdependente.

Como todo processo dinâmico, cada etapa da sucessão vegetal tem interações diferentes, todas elas maximizando o potencial biótico do que se pode chamar de organismo florestal. A retirada expressiva de um elemento dessa interação desencadeia uma série de reações que podem induzir o desaparecimento de espécies ou o colapso de todo o ecossistema.

As funções são as mais diversas e fundamentais: controle populacional entre predadores e predados, fornecimento de nutrientes pela ação enzimática de microrganismos e pela digestão da fauna arborícola, emissão de substâncias estimuladoras de crescimento, disseminação de espécies, etc. Muito pouco dessas interações são levadas em conta na elaboração de agroecossistemas. Porém, a pesquisa convencional tem voltado seus olhos para um dos aspectos mais gritantes ligados à simplificação reducionista que se verifica nos sistemas agrícolas modernos: a perda de nutrientes do sistema.

A análise dos ecossistemas florestais tem mostrado que a água da chuva que escorre desde os estratos superiores é rica em nutrientes elementares, bem como em formas mais complexas como aminoácidos, enzimas, açúcares, ácidos húmicos, hormônios vegetais, etc. Ao alcançar o solo, o que não tiver sido absorvido pelas formas vivas nos diferentes estratos o será pela imensa atividade de outro conjunto de atividade incessante que é a rizosfera. Assim, o percentual de água da chuva que percorreu a filosfera e não foi evapotranspirada retorna aos rios praticamente isenta de elementos nutritivos, aspecto comum em rios nascidos em florestas tropicais úmidas

Como já foi dito, os sistemas agrícolas não apresentam uma eficiência razoável para a conservação dos nutrientes. Dos nutrientes minerais mais lixiviados das plantas, potássio, cálcio, magnésio e manganês são usualmente os mais significativos em termos quantitativos. Da beterraba-açucareira (*Beta vulgaris*), 62 g de sais diversos, 39 kg de ácido fosfórico e 5 kg de óxido de cálcio são lixiviados por cada 18-24 h de chuva.

Na maçã, foram encontradas perdas de 20 a 30 kg de potássio, 5 a 10 kg de cálcio e 9 kg de sódio por ha/ano, sendo que 50% desse cálcio e 80% desse potássio podem ser lixiviados em 24 horas. De 2 a 3 kg de potássio, cálcio e sódio são carregados para o solo pela chuva em abetos (*Picea abies*) e pinheiros (*Pinus silvestris*) durante 30 dias de outono. De todos os elementos, os mais facilmente lixiviados são ferro, zinco, fósforo e cloro. Porém, a maior quantidade de lixiviados ficam por conta das

substâncias orgânicas, principalmente carboidratos. Na maçã, os números alcançam 800 kg/ha/ano. Aminoácidos, ácidos orgânicos e fitormônios também são lixiviados, porém os estudos ainda são poucos.¹⁷ A lixiviação não ocorre somente na filosfera. Plantas rasteiras como o morango (*Fragaria* sp.) e arbustivas como a amora-preta (*Rubus* sp.) são especialmente suscetíveis no período que antecede a colheita, e a lixiviação acontece também em nível radicular, como no caso do morango.

Tecidos jovens em crescimento ativo dificilmente são lixiviados, e a senescência coincide com o pico da lixiviação. As plantas do trópico úmido desenvolvem mecanismos especiais, porém o cacau e a banana são bastante suscetíveis à lixiviação se comparados a outras espécies de climas mais frios. Tal fato está intimamente relacionado ao tipo de formação vegetal a que pertencem, que permite uma reciclagem intensa dos nutrientes. A retirada das árvores de sombra e das umbrófilas em nível de solo rompe o equilíbrio dinâmico e abre a ciclagem, perdendo-se os nutrientes do sistema.

Dentro da mesma lógica, compreende-se que temperaturas mais elevadas, especialmente se associadas a chuvas intermitentes, acentuam a lixiviação. Seu incremento é tanto maior quanto mais durarem os fatores, podendo alcançar três a oito vezes o conteúdo inicial do elemento nos tecidos foliares. Esse número dá uma medida da importância dos mecanismos de reciclagem de nutrientes, seja ao redor da planta, seja no ecossistema como um todo.

A composição dos vários estratos cumpre outras funções fundamentais: cada planta interage com a chuva mudando composição, energia e distribuição da água. O efeito geral da vegetação é moderar e conservar as entradas energéticas no sistema, ou seja, chuva, sol, vento, nutrientes, etc.¹⁸ A afirmação de que "não só a planta é um produto do solo como o próprio solo é produto da planta" fica bastante clara. Entender essa afirmação é entender a função totalizante que cada formação vegetal diferente cumpre na sucessão ecológica que forma ou recompõe um solo.

Rizosfera

Podemos enxergar a rizosfera como uma filosfera subterrânea. Na verdade, nem tão subterrânea: numa camada muitas vezes não superior a 30 cm encontra-se 80% da atividade biológica de um solo no trópico e no subtropical úmido. À medida que o solo se aprofunda, diminui o oxigênio e, conseqüentemente, as formas de vida que oxidam a matéria orgânica e que mantêm o fluxo de elementos nutritivos cíclico e constante. As

grandes raízes extratoras de água aprofundam-se no solo e, ao final do ciclo da planta, enterram grandes quantidades de carbono, equilibrando em parte as emissões naturais do vulcanismo e das queimas naturais.

A diversidade irá se mostrar a cada centímetro aprofundado e a cada centímetro de movimento lateral. Sítios mais úmidos ou secos, sombreados ou ensolarados, pobres ou ricos em minerais, cada um deles tem suas populações específicas trabalhando na conservação da energia do sistema vivo.

O processo constante de renovação da filosfera, com as quedas de árvores e o final de ciclo de espécies, contribui para estimular essa diversidade através de aportes de lignina, celulose, açúcares, carbono, etc. A macro e mesofauna atuantes na rizosfera também contribuem para a aeração e os aportes, permitindo que o sistema evolua para cada ecossistema, de maneira a otimizar suas condições bióticas.

Os problemas começam pelo total abandono a que os estudos da rizosfera foram relegados durante anos. A pesquisa deslumbrou-se com a química agrícola e, nos seus devaneios positivistas, relegou o estudo da ecologia das raízes a um plano secundário. Com exceção de estudiosos isolados, o ocidente muito pouco contribuiu para o conhecimento da dinâmica das rizosferas, ao contrário da então União Soviética que tem um histórico apreciável de trabalhos desde o período czarista.

A filosfera e a rizosfera evoluíram num mesmo sentido, ou seja, em direção à otimização do uso dos recursos energéticos. Cada forma de vida existente na filosfera co-evoluiu com elementos da rizosfera. Assim, a retirada de uma árvore do estrato superior que fornecia um lixiviato ao solo sob a forma de açúcares e carbono poderia alterar a composição fúngica da rizosfera, vindo a interromper os padrões de solubilização de nutrientes e, por conseguinte, da nutrição de espécies do estrato inferior. Esses efeitos muitas vezes são sutis e, por influenciarem no metabolismo vegetal, não são imediatamente percebidos.

Uma das áreas em que se pode encontrar certa bibliografia se refere aos oligoelementos. Embora bastante negligenciados pela pesquisa em nutrição de plantas, eles desempenham papel fundamental nos processos vitais como catalizadores de reações enzimáticas, ponto chave da manutenção da vida. A atividade da rizosfera tem uma relação direta com a disponibilidade desses oligoelementos: quando se interrompe o fluxo de matéria orgânica e lixiviatos ao solo, toda sua biota diminui a ação, e muitos oligoelementos tornam-se indisponíveis pela complexação com outros elementos, como o ferro e o alumínio.

A atividade da rizosfera é condicionada pelos mesmos mecanismos da filosfera: radiação, nutrientes e umidade. A radiação inibe deter-

minadas formas de vida e estimula outras, além de imprimir velocidade aos ciclos vitais através do aumento da temperatura. A alteração dos padrões de radiação, seja pelo comprimento de onda ou pela modificação da curva de aquecimento do solo durante o dia ou durante estações, muda a composição da rizosfera e a dinâmica dos nutrientes no solo.

A presença de micorrizas, por exemplo, pode aumentar o crescimento das plantas e a absorção de nutrientes, bem como a resistência ao stress hídrico, havendo dados já quantificados para culturas de grãos, florestais, olerícolas e frutíferas. Exemplos são o café (*Coffea arabica*), com incrementos de até 300% na absorção de zinco, cobre e manganês, e a soja (*Glycine max*), com incremento de 700% do zinco, 300% do cobre e 200% do manganês. A aplicação de fungicidas sistêmicos pode ter ação letal sobre as micorrizas, fator fundamental a se levar em conta na análise das relações entre nutrição e fitossanidade.

As modificações provocadas alteram a composição fúngica e bacteriana, e a indisponibilidade ou a mudança do fluxo de nutrientes pode se somar ao desaparecimento ou à diminuição da população de predadores e produtores de antibióticos, favorecendo explosões populacionais de fungos patógenos e insetos fitófagos.

Várias práticas agrícolas podem causar mais danos que benefícios. Uma calagem excessiva tornará indisponíveis o zinco e o ferro, alterando a flora fúngica de maneira bastante aguda. Do mesmo modo, a acidificação pelo uso de nitrogênio sintético amoniacal irá liberar alumínio no solo e tornar indisponível o fósforo, com efeitos em cadeia sobre a rizosfera.

Essas alterações podem ser estimulantes à vida em situações específicas e em doses apropriadas, o que não é a regra na agricultura dos dias de hoje. Alguns desses efeitos foram bastante estudados e temos casos de campo bastante interessantes. É sabido que os produtos fungicidas e herbicidas a base de benzimidazole têm ação vermífuga, o mesmo se verificando para os cúpricos. Ambos produzem uma redução brutal de anelídeos no solo e, conseqüentemente, na sua aeração. Num solo compactado, a emissão de raízes finas diminui, bem como a absorção de elementos que dependem muito desse tipo de raízes como o boro e o cálcio. O resultado são distúrbios metabólicos relacionados a esses elementos. No caso da maçã, o ataque de fungos causadores de podridões como *Glomerella cingulata*, ou problemas fisiológicos como a mancha de cortiça estão geralmente relacionados ao uso abusivo de fungicidas acompanhado de capinas, sem reposição de matéria orgânica.

A própria matéria orgânica não é um benefício sem fronteiras: como vimos anteriormente, quantidade, qualidade e periodicidade de aplicação

devem ser verificados conforme o modelo do ecossistema. Um aspecto prático no que diz respeito ao tipo de matéria orgânica são as populações fúngicas e bacterianas que ela induz numa situação de solos agrícolas desgastados onde a biodiversidade encontra-se reduzida. Estudos nos Estados Unidos¹⁹ e no Japão indicam um maior desenvolvimento de fungos como *Trichoderma viride* e *Streptomyces* sp. que são antagonistas de *Fusarium*, *Rizoctonia* e *Phytophthora* quando a matéria orgânica fornecida ao solo for rica em celulose.

Além disso, vários gêneros de fungos atuam diretamente sobre a disponibilidade de nutrientes, notadamente fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, manganês e ferro. O fósforo, por si só, depende fundamentalmente da atividade microbiana para se tornar disponível, e mesmo as fosfobacterinas (*Bacillus megatericum* var. *phosphaticum*) têm sido usadas como inoculantes de solo com esse fim. Porém, é mais simples e razoável manejar a evolução da vegetação/solo e reconstituir os fluxos de matéria orgânica. A introdução de microrganismos é, em si, mais um atenuante de desequilíbrios do que uma tentativa séria de se corrigirem manejos estruturalmente equivocados.

Ainda em termos de fósforo, podemos exemplificar com os solos australianos o paradoxo dos cânones da agroquímica: solos adubados desde os anos 50 com superfosfato apresentam, hoje, até 50 ppm de fósforo nos primeiros 4 cm, ficando o restante complexado nos 20 cm superficiais, indisponível às plantas.²⁰ Sendo o fósforo um elemento de baixa mobilidade e extremamente interligado ao manejo da matéria orgânica, não é de se estranhar que valores absurdos estejam sendo apontados em solos de floricultura e olericultura. O uso de um nutriente em um meio vivo do mesmo modo que se usaria em um substrato inerte é absurdo. A atividade biológica da rizosfera tem um trabalho incessante de ataque à rocha matriz, solubilizando nutrientes, entre eles o fósforo. As taxas de consumo e lixiviação não são suficientes para justificar as altas dosagens de fósforo solúvel recomendadas na agricultura atualmente.²¹

Rizosfera, nutrientes e formações vegetais

Se olharmos para o manejo equivocado que fazemos da cobertura do solo, considerando-se filosfera e rizosfera, podemos dar uma justificativa parcial às recomendações rotineiras para o fósforo. Vamos ilustrar com um exemplo de campo: a cebola e o alho são duas culturas consideradas exigentes em adubação fosfatada, sendo que para o alho matéria orgânica e fósforo são condições *sine qua non* para a produção. Se olharmos para a

arquitetura de uma planta de alho, ou mesmo para um campo de alho, chegaremos à conclusão que ele, definitivamente, não é uma planta que evoluiu em um sistema de chuvas e radiação solar intensas. Não protege o solo e, ao completar o ciclo, elimina sua parte aérea, armazenando no bulbo reservas para um próximo ciclo. Além desta, o alho apresenta mais uma característica típica de uma planta que evoluiu em condições de climas sazonais: folhas ricas em cera para não perder umidade e conduzir a água disponível ao bulbo, cujas reservas lhe possibilitarão atravessar um período seco ou frio.

Quando transpomos o alho para o subtropical úmido, ele não tem como se proteger da oxidação da matéria orgânica e da lixiviação dos nutrientes. O que ocorre, então, é que a atividade biológica do solo entra em declínio durante o cultivo, reduzindo cada vez mais a disponibilidade de fósforo. Nas fases críticas, o fósforo já estará escasso, o que se refletirá na produção final. A pesquisa oficial, baseada em um manejo de herbicidas e lavoura limpa, irá, então, recomendar altas doses de fósforo solúvel para manter seu suprimento alto. Na verdade, não é o alho que é exigente em fósforo, matéria orgânica e calagem, mas sim o manejo da cultura no subtropical úmido que exige matéria orgânica rapidamente, torna o fósforo indisponível e esbanja cálcio e nitrogênio. Dados de pesquisa mostram que uma simples cobertura plástica aumenta os teores de fósforo no solo. A adoção de manejos que amenizem a arquitetura inadequada do alho ao clima subtropical irão reduzir a necessidade de insumos: coberturas mortas, rotações com consórcios de gramíneas e leguminosas, favorecimento da presença de micorrizas, etc.

O exemplo do alho pode ser estendido a um sem-número de espécies florestais e frutíferas: praticamente 100% das necessidades de potássio da bananeira podem ser supridas com a reciclagem de seu próprio talo, e o manejo de sombreamento e estratos rasteiros pode resolver as necessidades de nitrogênio e fósforo em solos que não tenham sido anteriormente utilizados até a exaustão. A videira pode ter suas necessidades de aportes externos de nutrientes zeradas com a reciclagem dos restos de poda, dos resíduos de cachos e do bagaço, combinados com o manejo da vegetação invernal. Não devemos menosprezar a capacidade da vida em obter seus recursos, uma vez que nosso manejo recupera os processos vitais de um ecossistema. O elemento nitrogênio é o grande trauma da agricultura: a síntese de compostos amoniacais a partir do nitrogênio atmosférico pareceu ser a salvação da lavoura quando de sua descoberta. Na verdade, a natureza dispõe de uma imensa gama de mecanismos para repor nitrogênio ao solo e às formas de vida que dele dependem. O problema, novamente, é a interrupção de ciclos que diminuem ou eliminam a eficiência

desses mecanismos de auto-regulação. No Japão, estudos levantaram o montante de 7 t/ha/ano de biomassa microbiana morta no solo, o que resulta numa quantidade de 100 kg de nitrogênio orgânico/ha/ano. Em condições de manejo ecológico, grande parte desse elemento é absorvido, ao contrário do que ocorre em um solo com manejo químico, onde as perdas seriam muito maiores. Em regiões de trópicos e subtropicais úmidos, o efeito dos raios contribui com até 50 kg de N/ha/ano. Somando-se a isso a fixação do nitrogênio atmosférico por fixadores de vida livre e simbioses, que pode chegar a 400 kg N/ha/ano, temos uma idéia de porque não se observam deficiências de nitrogênio em sistemas naturais ou nos anos agrícolas que se seguem à derrubada das matas.

Infelizmente, a colonização européia trouxe consigo um uso do solo que induz à necessidade artificial de se repor o nitrogênio esbanjado pelo manejo inadequado dos agroecossistemas do subtropical e do tropical úmidos. Essa necessidade vai sendo amenizada à medida que se criam e se adotam práticas adaptadas à velocidade de reciclagem de elementos que caracteriza esses ecossistemas.

Capítulo V

A ação humana: reduzir intervenções

Quando Masanobu Fukuoka lançou seu primeiro livro, *One Straw Revolution*, relatando como conseguia produzir 9,6 t/ha de arroz e 9,6 t/ha de centeio em cultivo seqüencial sem apelar para o uso maciço de esterco, composto ou adubação química, ele realmente dava impulso a uma revolução na concepção do que era uma agricultura natural.

Toda a obra desse pesquisador japonês baseou-se na observação dos fenômenos naturais sob uma "ótica despida de ótica": segundo ele, devemos observar o arroz do ponto de vista do arroz, e não sob o ponto de vista humano. Não se pode conhecer o funcionamento de um ecossistema se estamos buscando esse conhecimento dentro de uma orientação antropocêntrica. Uma colméia é um organismo em si, e conceitos calcados na sociedade humana, como rainhas, operárias e guerreiras muito mais dificultam do que auxiliam a compreensão dos fenômenos que regem a vida desses preciosos insetos. Na ótica da natureza, tão preciosos quanto a famigerada varroa, que ataca as colméias. Tudo se encontra em constante evolução; uma evolução que modifica o ambiente, e a cada elemento da biodiversidade que a ação humana extingue, perde-se um precioso auxiliar no processo de aperfeiçoamento do potencial produtivo de um agroecossistema.

Portanto, a essência da filosofia de Fukuoka — o não agir — é, na verdade, intervir somente na direção do fluxo natural da evolução dos sistemas vivos. Ações pontuais em momentos cruciais, de modo a se obter o máximo de resultado com o mínimo de trabalho e de dano ambiental. Mais do que ser uma filosofia, esses princípios têm trazido resultados produtivos e ganhos econômicos sólidos a agricultores em todas as partes do mundo. A seguir, procuraremos expor os procedimentos adotados em fruticultura e alguns dos resultados obtidos.

Insetos, ácaros e doenças como indicadores biológicos

A espécie humana tem um histórico muito recente no planeta. Para nos situarmos numa escala mais compreensível, se o surgimento da vida tivesse ocorrido a 1 km atrás, o primeiro humanóide teria surgido no último metro e a sociedade industrial que conhecemos, no último milímetro. Se nos imaginarmos como o primeiro ser humano que adquiriu a capacidade de julgar o que comer, que árvore derrubar, onde habitar, etc. no início daquele metro fatídico que marca a presença do homem na Terra, quais seriam os instrumentos disponíveis para esse julgamento?

Nesse campo de suposições, temos algumas hipóteses cientificamente comprovadas onde nos apoiar. Uma delas é a memória genética: aves de rapina incubadas e criadas em laboratório sabem distinguir entre uma cobra-coral-venenosa e uma cobra-coral-falsa, não venenosa, sem nunca terem tido um aprendizado prévio. Essa memória genética provavelmente também é responsável pelas nossas reações instintivas como o medo da escuridão, o caso da criança com deficiências minerais que come terra, etc.

Portanto, não partimos do zero: como todas as formas de vida, evoluímos conjuntamente com o planeta e passamos por vários mecanismos de seleção. Entre estes, estão o que chamamos de nossos predadores como serpentes, animais carnívoros de grande porte, além de outros como vegetais venenosos, vírus, fungos e bactérias. Se hoje fazemos parte da biodiversidade do planeta é porque estamos ainda aptos, como espécie, a fazer parte da vida.

Conforme já foi mencionado, o manejo da nutrição e da matéria orgânica se reflete no metabolismo de cada organismo individual que compõe o agroecossistema, bem como neste como um todo. A cada erro de manejo da adubação corresponde uma disfunção do metabolismo individual ou coletivo, ou ainda uma cadeia de problemas. Os fatores interagem e não devem ser analisados isoladamente. Porém, um erro de manejo bastante comum e facilmente observável diz respeito ao aporte de nitrogênio ao sistema. Quando falamos de *facilmente observável*, nos referimos a indicadores biológicos seguros que têm sido avaliados ao longo de nossa experiência de campo e amparados em informações diversas que vão desde o saber popular, passando pela observação de técnicos de áreas distintas (geólogos, por exemplo), até à bibliografia relacionada ao controle das erroneamente denominadas "invasoras".

Indicadores em diferentes níveis

Aqui, utilizamos o conceito de *indicadores biológicos* como também o de *mecanismos biológicos de evolução das espécies*. Cada espécie está sujeita a uma constante pressão de seleção por parte da natureza. O reconhecimento dos elementos envolvidos nesse processo é um valioso auxílio na definição das formas de manejo adequadas.

Em nível de planta, os distúrbios metabólicos relacionados ao nitrogênio ocorrem frequentemente em pomares, propiciando acúmulos de aminoácidos livres e açúcares solúveis na seiva circulante: a velocidade de absorção do nutriente é maior do que a capacidade de síntese da planta. Essas substâncias, por sua vez, constituem-se na dieta de fungos, bactérias, insetos e ácaros que, encontrando alimentação farta, reproduzem-se em grande velocidade.²² Ao mesmo tempo, sintomas de carências de oligoelementos podem se tornar visíveis. Os processos de síntese protéica dependem diretamente de enzimas, as quais são ativadas por esses oligoelementos, entre eles cobre, zinco, manganês, boro, molibdênio, cobalto, ferro, estanho, estrôncio, lítio, iodo, além de outros que estão constantemente sendo identificados.

Análises de tecidos ou de solos pouco nos dizem a respeito das causas, num processo onde causa e efeito não são claros. O potássio, o cálcio, o silício e o enxofre estão também intimamente ligados ao nitrogênio. Nesse campo, onde sinergismos e equilíbrios formam uma ciranda de difícil manejo, os indicadores biológicos são o caminho mais seguro para chegarmos à origem dos erros que cometemos. Após uma adubação pesada com nitrogênio solúvel, é comum o aparecimento de pulgões, cochonilhas, fungos e outros oportunistas. Porém, toda intervenção que atuar sobre a disponibilidade, a absorção e a translocação dos microelementos se refletirá na síntese de proteínas e, conseqüentemente, se manifestará nos indivíduos.

Em nível de camada superficial do solo, poderá ocorrer uma diminuição da atividade de micorrizas e *Rhizobium* sp., devido à disponibilidade excessiva de nutrientes solúveis. A dinâmica dos recicladores também será afetada e, indiretamente, também a disponibilidade de oligoelementos.

Em nível de organismo pomar, a redução das defesas individuais e a oferta de alimento propiciada pelos distúrbios metabólicos implica explosões populacionais que comprometem a biodiversidade. Esses desequilíbrios, causados pela intervenção humana, demoram a ser contrabalançados pelos agentes biológicos que formam o sistema de autorregulação. No caso da sarna da macieira (*Venturia inaequalis*), predadores naturais como os ácaros micófagos têm o papel de eliminar

esporos, diminuindo o inóculo primário. Entretanto, eles não seriam suficientes para conter o desenvolvimento do patógeno favorecido por uma adubação pesada de nitrogênio solúvel.

De forma oposta, quando os distúrbios metabólicos são provocados por situações localizadas, como manchas de solo, períodos de seca ou chuvas excessivas, o organismo pomar reage, controlando o problema individual. Na safra de 90-91, a região de Ipê sofreu períodos prolongados de seca que propiciaram o surgimento de vários problemas, entre eles a lagarta enroladeira (*Phteocroa cranaodes*, Meyrick) que causou danos nas maçãs. Após um período inicial, as lagartas surgidas no pomar Josnei, de manejo ecológico, foram atacadas pelo fungo *Nomuria rileyi*, e o ataque não chegou a níveis de dano. Enquanto isso, pomares de manejo convencional recorriam a pulverizações sistemáticas de organofosforados, sem sucesso.

O comportamento dos organismos de um pomar pode chegar a formar complexos sistemas de autorregulação. Recentemente, se verificou que algumas plantas respondiam ao dano foliar causado por lagartas liberando terpenóides voláteis. Tais substâncias atraem predadores específicos, o que não ocorre quando o dano é causado por corte deliberado ou dano físico por fricção, entre outros.²³ Num ambiente pobre em predadores, o chamado não encontra resposta, e é evidente que o dano será tanto maior quanto maior for o desequilíbrio do sistema como um todo. Certamente, não apenas esse fungo entomófago exerceu papel fundamental no controle da lagarta, mas também pássaros, aranhas, vespas e um sem-número de predadores que se desenvolvem no estrato inferior desse ecossistema pomar, ou seja, na cobertura verde do solo. Nesse caso, o organismo individual e o organismo pomar foram coadjuvantes na auto-regulação.

Mudas

A palavra muda tem sua raiz etimológica ligada ao latim *mutare*, de mudar. Portanto, quando pensamos em mudas de árvores, estamos pensando em tirá-las de um local e plantá-las em outro. O transplante de mudas é uma prática ancestral, mesmo entre populações autóctones. Os indígenas concentram recursos em termos de plantas medicinais, ornamentais ou alimentícias em locais de fácil acesso ou estratégicos, como à beira de trilhas, locais protegidos de eventuais inimigos ou surtos de doenças, etc. Porém, nem sempre é possível ou desejável "mudar". A morfologia, o *locus* na sucessão, o grau de agressividade e a adaptação são referenciais importantes para definirmos o que é mais apropriado para o agroecossistema que queremos formar. Existem espécies de fácil transplante de raiz

nua, com alta porcentagem de pega. Geralmente, estão associadas a espécies mais agressivas, cujo sistema radicular não é pivotante e que evoluíram para reproduzir-se por outras formas que não apenas por semente.

A macieira e a maior parte das caducifólias têm essa habilidade. A reprodução vegetativa por pedaços de raiz ou ramos é outra característica de plantas pioneiras ou das que têm comportamento pioneiro nas fases iniciais de sua vida. Porém, quando se trata de raízes pivotantes, principalmente em espécies clímax, o manejo é mais delicado. A seringueira, o cacau, a araucária são exemplos de espécies clímax que não toleram o rompimento de sua raiz axial, o que se traduz em crescimento retardado e produtividade baixa, se conseguirem sobreviver à pressão natural de seleção, uma vez que há desvantagens em relação ao resto da vegetação.

Um caso bastante elucidativo é o do eucalipto: extremamente agressivo, sofre muito com o transplante de raiz nua, que é completamente desaconselhado para a espécie. Sendo bastante ávido por umidade, sua característica fundamental é emitir raízes muito longas à procura de água. Um rompimento dessas raízes atrasa seu desenvolvimento e pode matá-lo, pois comprometeria, na lógica da sobrevivência, sua capacidade em sobrepor períodos secos, sua grande característica.

A reprodução por sementes direto a campo é bastante complexa quando se trata de formar pomares de maçã no sul do Brasil. A pressão de seleção sobre a espécie e sobre a formação vegetal *pomar de maçã* é muito grande, e as possibilidades de sucesso, muito reduzidas. Porém, as formas intermediárias são bastante desejáveis, tais como o plantio do porta-enxerto a campo com posterior enxertia, a formação de mudas de sementes em covas com posterior enxertia ou seleção, que são possibilidades bastante aplicadas pelos agricultores. Em qualquer dos casos, quanto mais se respeita as formações vegetais características de cada ecossistema, menos pressão é exercida sobre as mudas e sobre sua formação.

Na propriedade de Ernst Götsch, em Piraí do Norte, Bahia, é possível apreciar a diferença entre o manejo de implantação e mudas por semente e o de mudas por saquinho no cultivo do cacau. Porém, as diferenças de desenvolvimento entre seu sistema de coveamento e plantio de três sementes pré-germinadas e o sistema convencional não pára no tipo de muda e sim se estende a toda a concepção do agroecossistema.

Vale a pena citar o caso da bananeira, que tem início de vida heliófito, passando a umbrófilo no período adulto. O tipo de muda que produz melhor resultado é o tipo chifrinho ou chifre. Trata-se do rizoma já formando o pseudo caule, porém antes de abrir as primeiras folhas. A bananeira é planta de ciclo longo, ciclo que, em vida livre, se renova quan-

do da queda de uma árvore dominante. Tanto a forma da muda como o tipo de propagação fundamentalmente vegetativa mostram seu lugar na sucessão. Após a queda da árvore e a posterior decomposição da biomassa, o chifre ultrapassa o *mulch* e cresce, juntamente com outras espécies, inicialmente como heliófita e, após, durante sua vida produtiva, como sub-bosque de mata alta de dossel esparsos.

Veja-se agora um pomar formado com mudas que passam pelas seguintes etapas:

- semente colhida e estratificada;
- plantio em canteiros;
- repique para canteiros maiores;
- enxertia;
- arranque para plantio;
- poda de raízes;
- plantio.

A quantidade de agressões que sofre a raiz é significativa, e somente espécies caducifólias as toleram. Porém, é claro e corrente que frutíferas caducifólias originadas de mudas de semente têm ciclos mais longos e potencial produtivo elevado, com muito maior capacidade de auto-regulação. Em resumo, é perfeitamente exequível formarem-se pomares a partir de semeadura a campo, desde que com espécies adaptadas. O grau de inadaptação é o que influencia o gasto energético para obterem-se as mudas e estabelecê-las.

Enxertos e porta-enxertos

O que foi dito para a formação de mudas vale para os processos de enxertia. A enxertia nada mais é que uma forma de se contornarem inaptações ambientais, se apressarem ciclos ou se uniformizarem plantios. Porém, cada vez mais se reúnem evidências de que o ponto de enxertia pode vir a se tornar um filtro de nutrientes, o que pode se traduzir em deficiências nutricionais bastante difíceis de diagnosticar, uma vez que o elemento em falta estará sempre disponível no solo, sem, no entanto, aparecer em níveis adequados nas análises de folha. Portanto, a enxertia é um processo que deve ser criterioso em relação à compatibilidade entre as partes a serem ligadas, mas muito mais em relação a que tipo de agroecossistema queremos montar. Na Costa Rica, temos um exemplo claro: os laranjais para consumo interno, inclusive na América Central, são formados a partir de sementes, gerando árvores de ciclo mais

longo e altura em torno de cinco metros que se adaptam muito bem aos cultivos multiestratificados e aos consórcios. Já os laranjais para exportação, que requerem espécies que agradam ao paladar norte-americano, são enxertados e, obviamente, são menores e se encaixam em sistemas mais reducionistas do que pede a arquitetura florestal típica da mata centro-americana.

Temos testado sempre a mínima agressão possível ao sistema radicular e à planta como um todo, optando pela enxertia quando esta não se constituir em um futuro foco de necessidades de intervenções.

Podas

Após conhecer, é possível pensar em intervir. Tratando-se de árvores frutíferas, o grau de adaptação de cada espécie está bastante relacionado à quantidade de intervenções, na forma de podas, que são realmente necessárias em se tratando de árvores frutíferas. Uma árvore dispõe seus ramos e folhas segundo uma ordem exata que é determinada pela sua bagagem genética e alterada na forma, mas não na essência, pelos fatores ambientais. A filotaxia estuda esse comportamento e fornece dados bastante interessantes para estabelecermos padrões de poda.

Devemos nos perguntar primeiramente o que a planta pretende com o tipo de forma que usualmente apresenta na natureza.²⁴ A resposta é simples e, normalmente, coincide com os interesses humanos: eficiência no aproveitamento da radiação, moderação do impacto da chuva, distribuição de flores e folhas de modo a permitir um equilíbrio cíclico entre reprodução e crescimento vegetativo, defesa contra predadores, renovação de ramos e eliminação de distorções no crescimento.

A diferença fundamental entre o que entendemos como poda e os objetivos citados é que o podador quer agir igual, em qualquer clima do planeta, com a mesma espécie. O que no sul do Brasil é fundamental para formar uma planta produtiva de maçã pode parecer ridículo no Canadá ou na Europa Central. Do mesmo modo, o que é absurdo para um pomar mecanizado nos Estados Unidos pode ser totalmente viável nos plantios familiares de 1 ha na serra gaúcha.

Com exceção de algumas poucas espécies, as frutíferas tropicais praticamente não sofrem poda. O que tem acontecido é uma inversão do paradigma de causa e efeito. As plantas são rebaixadas com podas drásticas e porta-enxertos nanizantes para se adaptarem melhor aos sistemas de pulverizações de agrotóxicos que procuram combater problemas causados por desequilíbrios de fertilização, excesso de umidade e densidade, estresse por incompatibilidade entre enxerto e porta-enxerto

e por desequilíbrios causados pelas próprias podas muito acentuadas. Algo assim como queimar o galpão para eliminar as pulgas ou amputar a perna para que sirvam as calças. Porém, tudo se encaixa perfeitamente dentro de uma lógica que vê a atividade agrícola como uma das engrenagens que movem o fluxo do capital industrial.

Para concluir, devemos esclarecer que uma vez iniciado um processo de intervenção na ordem natural da planta, ele deve continuar, sob pena de se criarem plantas totalmente desorientadas quanto à forma e, portanto, quanto à frutificação e à vegetação. Nesse sentido, a poda é a arte zen por excelência: intervir somente para não agir e, por isso, intervir no sentido do fluxo natural. Isso vale para cacau, banana, cítricos, caqui, maçã e qualquer outra espécie domesticada pelo homem.

Como regra geral, podemos classificar as plantas frutíferas em relação à sua tolerância à poda como:

- *tolerantes* (crescem como lianas ou cipós);
- *medianamente tolerantes* (crescem com galhos baixos e têm facilidade de reprodução vegetativa);
- *intolerantes* (com raiz pivotante, reprodução por sementes e perenifólias).

Se buscarmos o *locus* de cada uma dessas plantas na formação florestal, logo entenderemos o porquê desse agrupamento. Os cipós de vida longa (kiwi, videira, pimenta-do-reino, etc.) evoluíram para resistir ao arranque de parte de seus ramos por quedas de galhos, de árvores, etc. e para rebrotar, mantendo-se e reproduzindo-se, da mesma forma que os de ciclo curto, como o maracujá. As espécies como figo, maçã e caju adaptaram-se a perder a planta original assim que um galho baixo tenha vingado no solo ou uma raiz atingida origine um rebento. Porém, a poda rasa prejudica sua longevidade. Plantas dominantes de folhas perenes não têm nada que as derrube senão o passar do tempo, e muito menos animais que quebrem galhos frutíferos, muitas vezes localizados a dezenas de metros do solo, como é o caso de jaqueiras e abacateiros. Portanto, não evoluíram para aceitar perdas de material verde sem responderem com grandes danos nas possibilidades de frutificação.

Novamente, nos vemos frente a uma equação: quanto pretendemos gastar em agrotóxicos, adubação e horas de poda para termos abacateiros anões e "altamente produtivos" por uma dezena de anos, enquanto um abacateiro no ciclo normal e em clima adequado pode responder ao sistema *plante e colha* por até cem anos? Tudo dependerá de oportunidades de mercado, responderá o economista do "agribusiness". Tudo dependerá da sustentabilidade do sistema proposto e de sua resposta social, diremos nós.

Capítulo VI

Pulverizações foliares, adubações e metabolismo da planta

O aporte por via foliar na natureza

Como vimos, o aporte por via foliar promovido dentro dos ecossistemas é rico, freqüente e está intimamente ligado ao tipo de arquitetura vegetal e à constituição de fauna e flora que formam cada ecossistema. A arquitetura da rizosfera atua complementando o mecanismo de reciclagem e potencialização da biota, no máximo de eficiência que chegou aquele ecossistema. Portanto, sabemos que a retirada de qualquer dos elementos, em qualquer das etapas da sucessão ecológica implica perda: para o assunto que nos interessa agora, perda de um elemento responsável pela nutrição ou de defesa contra o extravio de nutrientes do sistema.

Ainda como elemento teórico para conduzir a prática, vamos nos reportar a uma equação energética simples, em que o vento, a precipitação e a radiação são vetores energéticos e o conjunto fauna/flora/solo é a resultante, com suas características principais, tais como formas, padrões, ciclos. Ao modificarmos bruscamente as condições de vento, radiação e precipitação, o que pode ocorrer com a resultante? Num processo evolutivo comum ao planeta, algumas espécies são substituídas por outras e outro conjunto se adapta às transformações ocorridas até atingir o máximo de eficiência energética. Em outras palavras, utiliza e recicla os nutrientes da melhor maneira possível em função dos outros vetores que afetam a vida e suas formas.

Mas o que acontece quando transplantamos um sistema inadequado para moderar a energia e liberar e reciclar os nutrientes? Na Ásia Menor, a pressão expansionista e militarista sobre os recursos florestais

transformaram florestas manejadas para alimento humano e criação de porcos em encostas povoadas por cabras e ovelhas. A perda de solo foi tão intensa que, num período que vai do século V a.C. até o século I a.C., a cidade costeira de Éfeso tornou-se interiorana, distando atualmente cerca de 4 km do Mar Egeu.²⁶

Por que estamos levantando fatos tão gerais para orientar uma simples pulverização foliar? Vamos listar algumas das razões:

- Em relação à radiação, um erro de manejo como colocar a pleno sol uma espécie umbrófila, implica:
 - aceleração da atividade fotossintética;
 - aceleração da produção de hormônios de senescência;
 - degradação de proteínas em nível foliar (proteólise);
 - redução da taxa de assimilação de carbono.

Esses quatro pontos têm como conseqüência uma floração profusa, característica do encurtamento do ciclo, sensibilização a insetos, fungos e bactérias, queima de folhas, declínio e morte.

- Em relação à precipitação, a retirada de um estrato superior implica:
 - maior impacto mecânico das gotas de chuva;
 - maior lixiviação;
 - diminuição no fornecimento de lixiviados;
 - evaporação mais intensa da umidade.

A conseqüência direta é uma diminuição da síntese de proteínas causada pela falta dos elementos nutricionais anteriormente aportados pelos lixiviados, sensibilização a insetos, fungos e doenças.

- Em relação ao vento:
 - Em zonas costeiras, traz sais que são benéficos quando moderados pelo conjunto da vegetação e danosos quando atuando diretamente sobre uma planta isolada. Nesse caso, o sódio ocupa o lugar do cálcio e causa lise protéica, conhecida como queima da borda das folhas. A absorção excessiva de sais por plantas não adaptadas também apresenta esses sintomas.
 - Os danos físicos aumentam a transpiração da planta e impedem o funcionamento adequado da fotossíntese, interrompendo o crescimento.

Ao analisarmos o vetor vento, tornamo-nos repetitivos e o óbvio aparece: os três vetores atuam conjuntamente e analisá-los separadamente não fornece a visão da qual necessitamos. Temos que ter em mente que

uma pulverização foliar não é um elemento regenerador. Trata-se de um atenuante que minimiza os efeitos da rejeição com que o ecossistema tenta se livrar de uma espécie ou formação vegetal/animal inadaptaada.

O caso das frutíferas de clima temperado

A macieira, em seu ecossistema original, é uma árvore dominante e, portanto, não se encaixa como dependente de lixiviados. Podemos dizer mais: dentro de sua formação florestal original, cresce sem quebra de dormência, podas, enxerto, etc. Porém, trazida para o subtropical brasileiro, encontrou uma precipitação mais volumosa e intensa. Saiu de solos calcários para solos basálticos. De solos profundos para solos rasos. De umidades relativas baixas para altas. De estações frias e definidas para uma estação dependente da entrada de frentes frias, com quedas bruscas e posteriores elevações de temperatura.

Definitivamente, a imagem que se vendeu do sul do país como excelente para maçãs é muito relativa. Porém, a tecnologia de produção apregoada foi coerente com a imagem vendida: espaçamento, manejo de solos, poda e adubação emprestados aos pomares norte-americanos e europeus. Infelizmente para os agricultores e felizmente para a indústria de agroquímicos, o número de tratamentos com agrotóxicos teve que ser incrementado em relação ao modelo importado.

Após mais de seis anos de observações, tentativas, sucessos e fracassos, alguns pontos sobre o uso de pulverizações foliares com função nutricional e, portanto, de equilíbrio fisiológico foram sendo levantados:

- Pomares rotativos, capinados química ou mecanicamente estão na escala mais baixa de aproveitamento das adubações foliares e da reciclagem de lixiviados.
- Os nutrientes fornecidos pela via foliar são mais eficientes quanto mais se aproximam da forma orgânica. Portanto, não basta compor formulações de macro e micronutrientes solúveis em água. Os lixiviados naturais não têm somente função nutricional, mas também fitormonal e estimuladora da filosfera, e incluem aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos orgânicos, etc.
- A frequência das pulverizações está ligada ao metabolismo da planta e seus ciclos. Estes, em última análise, também estão ligados ou são influenciados pelo metabolismo e pelos ciclos do ecossistema como um todo. Para o caso particular da maçã, isso implica acompanhar o ciclo fenológico para compor os preparados foliares, bem como o ciclo de

chuvas para repor nutrientes lixiviados. Do mesmo modo, significa acompanhar os ciclos da cobertura verde introduzida e nativa para maximizar a reciclagem desses aportes no organismo pomar.

- O teor e o conteúdo dos lixiviados mudam naturalmente ao longo dos ciclos e de acordo com a composição dos diferentes estratos (filosfera e rizosfera). Portanto, não existe uma formulação única. Em função disso, é necessário formulações diferenciadas para espécies e para momentos dentro de um ciclo de uma mesma espécie.
- A prática tem mostrado que essas intervenções por via foliar são otimizadas quando buscamos a integração de práticas. Nesse caso, o agir objetiva o não-agir. O aumento da biodiversidade e da qualidade e quantidade dos frutos é decorrência natural da evolução do sistema.

O caso das frutíferas tropicais

Ao tratarmos de frutíferas de origem tropical ou subtropical, a quantidade de intervenções necessárias cai drasticamente. O uso de aportes foliares é geralmente substituído pela formação de estratos e pela combinação de espécies. O manejo da sucessão e da vegetação que a compõe otimiza o processo.

O exemplo da banana no litoral norte do Rio Grande do Sul é bastante ilustrativo. Vamos relacionar alguns pontos cruciais que vêm determinando o declínio dos bananais que, com outra roupagem, são os mesmos que têm afetado a pomicultura na serra gaúcha:

- A mata original é queimada para a implantação do bananal. As perdas de nutrientes são absurdas, tendo-se em vista que se trata de solos com até 45% de declividade.
- Os ventos litorâneos danificam as folhas, reduzindo sua capacidade fotossintética. A parada de crescimento que se segue à ocorrência de ventos fortes geralmente é acompanhada pelo recrudescimento dos casos de *Fusarium* sp.
- O processo de degradação do solo acaba causando a dominância de gramíneas e outras pioneiras que, por não estarem no mesmo ciclo da bananeira, atuam alelopaticamente sobre seu crescimento.
- A radiação e os ventos atuam reduzindo a capacidade de crescimento, o que mantém a planta em constante desequilíbrio fisiológico: ela absorve nutrientes mas não consegue metabolizá-los. Um fungo oportunista como o que causa o mal-do-panamá é extremamente beneficiado pelo acúmulo de substâncias simples que lhe favorecem tais como açúcares redutores e aminoácidos e nitrogênio livres.

- A falta de cobertura do solo e de biodiversidade favorece grandes infestações de insetos hospedeiros da banana, como é o caso do moleque-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*). Suas progênes, na forma larval, são beneficiárias também do estado de proteólise dominante na planta.
- A falta de um estrato superior, além de todos os danos físicos e mecânicos que causa, tira da bananeira um precioso aporte de lixiviados, além de expô-la a uma lixiviação intensa, não recuperada pela ineficiência da parca cobertura do solo.

No caso específico da bananeira, fica claro que a utilização de pulverizações foliares pode ter o mesmo papel que para a maioria das frutíferas tropicais: pulverizações nos estágios iniciais ou em nível de viveiro, visando potencializar o crescimento e a sanidade. Porém, em nível de campo, a reconstituição da arquitetura original é que dará o tom para que alcancemos o trinômio auto-regulação, quantidade e qualidade.

Adubação e metabolismo

Temos citado repetitivamente alguns conceitos como proteossíntese ou síntese protéica, proteólise ou lise protéica, aminoácidos livres, taxa de assimilação de carbono, etc. São conceitos que criaram vida pela mão de Francis Chaboussou, pesquisador francês que formulou a Teoria da Trofobiose.

Segundo Chaboussou, as plantas apresentam dois estados fundamentais, quais sejam, o de síntese e o de lise. O estado de síntese ótimo pode ser encontrado numa planta que, dentro do seu ecossistema, utiliza de maneira cem por cento eficiente os nutrientes que absorve. Para esse estado, contribui a disponibilidade (em quantidade e diversidade) de oligoelementos e complexos orgânicos que permitem uma otimização da atividade enzimática e, portanto, da síntese protéica e do crescimento. Uma planta que se desenvolve nessas condições tem uma taxa de assimilação de carbono ótima, ou seja, todo o carbono que absorve é assimilado e integrado ao sistema vivo da planta.

O estado de lise é aquele onde moléculas complexas, como as proteínas, são lisadas, ou seja, desmontadas em seus componentes fundamentais, os aminoácidos. O estado de lise protéica ou proteólise é característico da senescência. Os tecidos degeneram e isso, fisiologicamente, significa que açúcares simples, nitrogênio livre e aminoácidos se acumulam na seiva. É o sinal para decompositores, oportunistas e toda a micro e mesofauna e flora que promovem a reciclagem na natureza. Porém,

síntese e lise não são estados encontráveis de maneira linear na planta. Perturbações ambientais, intervenções humanas, ciclos como floração, pega de frutos, germinação, etc. são períodos de sensibilização onde síntese e lise estão numa correlação muito estreita. A falta de nutrientes no solo pode provocar a mobilização desses mesmos nutrientes de uma parte da planta (folhas mais velhas, por exemplo) para pontos de crescimento. Assim, teremos lise e síntese numa mesma planta. A diferença entre desenvolvimento e senescência vai depender de que estado está predominado. Várias intervenções humanas podem alterar esse equilíbrio, fazendo a balança pender para um lado ou para outro, desde a germinação até a morte da planta:

- Na germinação: excesso de salinidade, nitrogênio solúvel. Falta de microelementos ou compostos húmicos, fitormônios.
- No desenvolvimento inicial: excesso de nitrogênio ou qualquer outro elemento solúvel em solos com baixo poder tampão. Exposição a fatores ambientais desfavoráveis que atuem sobre a fotossíntese. Uso de herbicidas cujos metabólitos tenham ação sobre a fotossíntese.
- Na floração: fatores ambientais estressantes que atuem sobre a fotossíntese e a capacidade de assimilação como ventos fortes, chuvas pesadas, frio ou calor excessivo, etc. Aplicação de nitrogênio solúvel e deficiências agudas em macro e microelementos
- No desenvolvimento dos frutos: além dos problemas ambientais, deficiências nutricionais de elementos ligados a essa fase da planta como potássio, cálcio, magnésio, boro, etc.
- No período de dormência: podas mal-executadas desequilibrando a relação carbono-nitrogênio, a insolação ou a capacidade de produção de folhas e, conseqüentemente, a capacidade fotossintética.
- Irrigação excessiva ou insuficiente: pulgões e ácaros são indicadores bastante visíveis do desequilíbrio nutricional e fisiológico nessas condições.
- Pulverizações com agrotóxicos: muitos princípios ativos afetam a taxa de assimilação de carbono, induzindo estados de proteólise e sensibilizando a planta ao ataque de oportunistas. Os ditiocarbamatos e os carbamatos são bastante conhecidos por esse tipo de efeito, sendo que fungos que causam podridões e ácaros são os indicadores biológicos que logo surgem nessas situações.
- Capinas: quando mal-executadas, cortam raízes finas, acelerando a respiração, o que é um reflexo de perda de capacidade de assimilação da planta. A planta fica sensibilizada e ataques de fungos e insetos são

bastante comuns nesses casos, geralmente mascarados por pulverizações maciças de inseticidas.

- Colheita e mau armazenamento: após a colheita, todo vegetal entra automaticamente em degenerescência. Porém, o estado geral dos tecidos, sua constituição e a quantidade de água, aminoácidos e açúcares e nitrogênio livres que armazenavam por ocasião da colheita condicionam a flora fúngica que trazem consigo e sua expectativa de conservação. Se levamos em conta esses fatores, o uso totalmente descriterioso que se faz do nitrogênio solúvel leva a perdas muito mais significativas que as atribuídas "às pragas e às doenças", como alardeiam os materiais de propaganda das empresas do ramo agroquímico e seus representantes na sociedade civil.

Trofobiose e controle biológico

Se conseguirmos enxergar as formações vegetais e os ecossistemas como organismos, não há dificuldades em utilizarmos os conceitos proteossíntese e proteólise. Vamos citar o exemplo da mata de araucária: uma floresta que tem seu estrato dominante retirado perde elementos preciosos da fauna, além de todos os fatores que vimos em relação a nutrientes, vento, radiação e precipitação/umidade. Se introduzirmos gado nessa floresta, como é comum na serra gaúcha, para pastar o rebrote e as gramíneas umbrófilas que se desenvolvem nos claros proporcionados pela retirada das araucárias, temos um agravante. Nesse caso, pioneiras agressivas como o bambu começam a dominar o sub-bosque, não há regeneração das espécies do ciclo terciário e a sucessão ecológica é alterada e pressionada na direção das gramíneas. O organismo florestal entra em estado de degenerescência. Isso se visualiza também em nível do organismo individual árvore pelo ataque de brocas, fungos, vicejamento de plantas parasitas e seca de ramos. O organismo individual está em proteólise e o organismo coletivo, a floresta, idem.

Não por acaso, a mata abriga uma população imensa de dípteros que atacam os bovinos, o que torna o ambiente suportável apenas no inverno. *No caso da floresta, o gado é a praga e o díptero é o controle biológico. A praga, o boi, está, de forma oportunista, aproveitando o estado de degenerescência que abre clareiras e possibilita o crescimento de gramíneas, assim como as coleobrocas aproveitam os aminoácidos livres e outros elementos simples abundantes na seiva para viabilizar a alimentação de sua prole.* Isso nos coloca frente a outro fato: o boi também é ativo no processo, pois ele não só aproveita o estado de degenerescência como o provoca. Portanto, uma vez iniciado o processo de desequilíbrio, o agente

instala-se e procura reproduzir-se, modificando o meio em que se encontra. Esse processo é cíclico e tende a retornar ao equilíbrio, nem que seja pelo aniquilamento total do hospedeiro. Um exemplo prático é o da chamada imunidade por hipersensibilidade. O fungo encontra condições extremamente favoráveis, mas a planta o isola. A imediata transformação do substrato líquida o próprio fungo.

Numa escala macro, a intervenção visando formar a floresta tem o boi e o homem por trás. A desertificação ou a criação de condições insalubres a ambos é o caminho certo do manejo insensato, e o abandono possibilitará, de acordo com a extensão do dano, o reequilíbrio. Porém, o homem neutraliza artificialmente os mecanismos de auto-regulação, num processo de intervenções cada vez maiores e mais dispendiosas, e, por isso mesmo, cada vez menos eficazes. *Na verdade, o homem atua na floresta como praga coadjuvante, eliminando as imunidades do organismo florestal.*

A história, porém, tem mostrado que o esgotamento dos recursos naturais falam por último. Relatos da civilização micênica, por volta de 1200 a.C. mostram que a exaustão das reservas florestais e o depauperamento do solo contribuíram para modificações significativas: "(...) no sudoeste do Peloponeso, o número de povoados caiu de 150 para 14. (...) Na Lacônia, o número de cidades caiu de 30 para 7. (...) O número total de habitantes da Grécia caiu 75% por volta dos séculos XII e XI a.C." E continua: "(...) com a dispersão dos gregos pela Ásia Menor (...) no século VIII, a terra grega tinha se recuperado, de modo que a vida no continente podia florescer outra vez".²⁶

A história da ocupação humana no berço da civilização ocidental é um manual do *como não fazer*. E podemos dizer que a agricultura dita "moderna" tem seguido a mesma trilha cega e antropocêntrica dos nossos antepassados da Mesopotâmia.

Felizmente, todo conceito dogmático esbarra nos mecanismos de controle e evolução da natureza. Na medida em que juntamos os conceitos e lhes damos organicidade, eles se potencializam para gerar o conhecimento necessário para entendermos a auto-regulação, que é intrínseca aos ecossistemas e o objetivo fundamental no manejo de um agroecossistema.

Preparação e utilização de estimuladores de metabolismo e de adubos foliares

A preparação baseia-se em processos fermentativos. Se não temos o estômago animal ou o *estômago coletivo* do organismo florestal, temos que providenciar um substituto. O processo de fabricação tem sido bastante dinâmico, com ajustes conseqüentes a experiências de campo de um

número crescente de produtores, bem como acesso a novas informações teóricas relacionadas à fisiologia e à nutrição de plantas. Como todo processo participativo, ele está sujeito a modificações. Atualmente o "supermagro", como foi batizado por agricultores de Ipê e Antônio Prado é preparado da seguinte maneira:

- Em um tonel de 200 litros, acrescenta-se cerca de 30 ou 40 kg de esterco fresco de gado, ou de suínos alimentados com fibras. Esterco de aves ou de animais confinados são ricos em nitrogênio e pobres em fibras, o que diminui a eficiência do processo e aumenta demasiadamente a quantidade de nitrogênio. Completa-se com 100 ou 120 litros de água.
- Os micronutrientes necessários são acrescentados em sua forma mineral, separadamente, e a intervalos que vão de quatro a sete dias. Esses intervalos visam propiciar a incorporação desses micronutrientes pela massa microbiana e evitar paradas na fermentação, a fim de possibilitar uma boa complexação com a matéria orgânica.
- A cada micronutriente acrescentado, juntam-se produtos aceleradores da fermentação e fontes de cálcio para contrabalançar a acidez gerada pelos íons sulfato presentes na maior parte dos micronutrientes disponíveis comercialmente. Os aceleradores de fermentação mais eficientes são o melaço, o soro e o leite desnatado. Açúcar, sangue, farinha de ossos e de peixe também podem ser usados.
- O volume total do tonel deve ser completado, porém a fermentação não pode parar. Portanto, acrescenta-se água aos poucos, evitando uma salinização excessiva do composto. De 15 a 20 dias após o último micronutriente ter sido acrescentado, o produto deverá apresentar-se como um líquido viscoso, cheirando a fermentação e a levedura, com cor ocre. As preparações em tonéis metálicos podem resultar mais escuras em função da liberação de ferro.
- O produto estabilizado é então coado e diluído de 1 a 5%, usado puro ou em mistura com calda bordalesa ou calda sulfocálcica, cujas concentrações variam de 0,1 a 1%, de acordo com a cultura e com seu estágio fenológico.

Micronutrientes: quanto, quando e quais acrescentar?

Essas perguntas têm uma resposta convencional e uma resposta ecológica. A resposta convencional é que os micronutrientes usados são baseados na carência típica identificada pela pesquisa convencional. As

doses são reduzidas à metade das que são recomendadas normalmente. Por exemplo: temos 6 Kg de sulfato de magnésio nos 200 litros finais do tonel. Portanto, o produto está a 3%. Se usamos 10 litros do composto em 100 litros de água, teremos sulfato de magnésio a 0,3%. Porém, as dosagens geralmente não excedem 5%, o que significa que a concentração final aproximada de sulfato de magnésio será de 0,15%, ou seja, 50% da dose usualmente recomendada para corrigir carências de magnésio em frutíferas. Na alface, como estimulante da fotossíntese, o produto tem sido utilizado a 1% com ótimos resultados, o que significa que o sulfato de magnésio está sendo usado a 0,03%.

A pesquisa convencional sobre carências de oligoelementos é fonte importante para a elaboração de um "cardápio". Porém, o espírito crítico deve ser aguçado para não cairmos em lógicas reducionistas. Interações, sinergismos e antagonismos são bastante visíveis em solos sem poder tampão e expostos a adubações NPK pesadas. Quando se trabalha com manejo da vegetação e quelatização em meio orgânico, muitos desses aspectos podem ser relativizados, mas não totalmente desprezados.

A resposta ecológica é mais complexa, porém mais promissora. O campo das pesquisas na área de plantas indicadoras ou que concentram determinados nutrientes é muito grande. É sabido que uma das funções de uma formação vegetal que compõe determinada etapa de sucessão é recuperar e tornar disponível oligo e macroelementos sob a forma orgânica, além de outras substâncias, às camadas superficiais do solo, ativando outros processos vivos e estimulando a evolução do sistema como um todo.

Por que não coletarmos determinadas plantas ou amostras da formação vegetal inteira e "digeri-las" num processo como o descrito para os micronutrientes minerais? Temos relatos interessantes desse tipo de experiência em zona de semi-árido, com resultados excelentes em *Vigna* sp. De qualquer modo, essa é uma técnica que tem suas origens perdidas na história dos povos e que foi recuperada para a ciência pelos trabalhos de Rudolf Steiner. Os próprios índios incineram determinadas plantas e as usam como adubo, deliberadamente, para corrigir carências específicas.

Conclusão

Mais uma vez, queremos nos referir ao conceito de que "não só a planta é um produto do solo, como o próprio solo é um produto da planta".²⁷ Essa é a chave para se entender o papel das espécies que compõem a sucessão ecológica de organismos animais e vegetais encarregados de aproveitar e conservar a energia que entra nos ecossistemas.

A intensidade dessa energia é muito grande no trópico e no subtropical, e o modelo agrícola convencional não contempla a biodiversidade necessária para que o sistema não seja deficitário energeticamente, ou seja, que consiga metabolizar menos energia do que recebe, transformando o excedente em problemas.

Dessa maneira, restaurar a organização da biomassa nos moldes do ecossistema original traz enormes benefícios. Quanto maior a distância entre o ecossistema e o agroecossistema, maiores serão os danos causados ao ambiente e menor será a sustentabilidade. Crescerá, proporcionalmente, a necessidade das intervenções humanas, tendência atual da agricultura convencional subsidiada dos países do Primeiro Mundo ou da agricultura importada praticada no Terceiro Mundo. Se essas intervenções humanas tornarem-se cada vez mais necessárias em frequência e intensidade, podemos ter certeza de que estamos diante de um sistema em declínio, nunca em evolução.

Referências

1. POSEY, Darrel. Etnoentomologia de tribos indígenas da Amazônia. In: SUMA etnológica brasileira. Petrópolis: Vozes, Rio de Janeiro: FINEP, 1987. p. 251-71.
2. FOUCAULT, Michel. **As palavras e as coisas**: uma arqueologia das ciências humanas. São Paulo: Martins Fontes, 1987.
3. KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1987.
4. FEIERABEND, Paul. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.
5. BACHELARD, Gaston. **A filosofia do não**: filosofia do novo espírito científico. Lisboa: Editorial Presença, 1984.
6. _____. **O novo espírito científico**. Lisboa: Ed. 70, 1986.
7. KAPRA, Fritjof. **O tao da física**. São Paulo: Cultrix, 1983.
8. MACEDO, Cristhovam Buarque. **A desordem do progresso**: o fim da era dos economistas e a construção do futuro. s. n. t.
9. LOVELOCK, James. **As eras de Gaia**: a biografia da nossa terra viva. São Paulo: Ed. Capus, 1991.
10. GLEICK, James. **Caos**: a criação de uma nova ciência. São Paulo: Campus, 1990.
11. POSEY, Darrel. **Manejo da floresta secundária, capoeiras, campos e cerrados (Kayapó)**. In: SUMA etnológica brasileira. Petrópolis: Vozes, Rio de Janeiro: FINEP, 1987. p. 173-85.
12. SCHALSCHA, Eduardo B. e BENTJERODT, Olivia. **Determinación microbiológica de fósforo y cinc en suelos "trumaos"**. In: Agricultura técnica, v. 29, n. 1, p. 24-8, 1968.
13. ALTIERI, Miguel. **Agroecologia**: bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989.
14. FUKUOKA, Masanobu. **The natural way of farming**. Tokyo: Japan Publications, 1985.
15. GOULD, Stephen Jay. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. São Paulo: Martins Fontes, 1992.
16. SOARES, Eduardo Safons et al. **Relatório de viagem à Costa Rica**. Vitória: APTA, 1993.
17. SIOLI, Harald. **Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petrópolis: Vozes, 1985.

18. MOLISSON, Bill. **Permaculture: a designer's manual**. Tyalgum/Australia: Tagari Publications, 1988.
19. COMPOST. *Acta Horticulturae* n. 172, p. 191-8, 1985.
20. MOLISSON, Bill. Op. cit. 18
21. RESENDE, Mauro. **Uma abordagem sobre solos, com ênfase na questão da disponibilidade de fósforo**. Viçosa: UFV, 1992.
22. CHABOUSSOU, Francis. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Porto Alegre: LP & M, 1987.
23. Organic Gardening. v. 38, n. 5, p. 18, mai/jun. 1991.
24. FUKUOKA, Masanobu. Op. cit. 14, p. 207-20.
25. PERLIN, John. *História das Florestas: a importância da madeira no desenvolvimento da civilização*. Rio de Janeiro: Imago, 1992.
26. _____. Op. cit. 25
27. MOLLISON, Bill. Op. cit. 18.

AS-PTA
Rua da Candelária, 9 - 6º andar
20091-020 - Rio de Janeiro - RJ
Fax: (021) 233-8363

CAE-IPÊ
Caixa Postal 21
95240-000 - Ipê - RS
Fax: (054) 233-1226