

Capítulo 14

Ciclagem de Nutrientes e Manejo do Solo em Florestas Plantadas

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Introdução

O Estado do Acre possui a maior parte de seu território coberta por florestas naturais. As composições florísticas dessas florestas são, entretanto, bastante variadas, principalmente em função dos diferentes tipos de solo que ocorrem no Estado (capítulo 1).

Apesar da extensão da área coberta por florestas naturais, calcula-se que o cultivo de florestas plantadas seja no futuro próximo uma importante fonte de renda para a região, tanto pela possibilidade da introdução de espécies exóticas de alto valor comercial e excelentes taxas de crescimento (teca, eucalipto, etc.), como também pelo plantio de espécies florestais nativas (andiroba, copaíba, cedro, etc.). Devido à abundância de áreas florestais nativas com inúmeras espécies de madeira de alto valor no mercado, a silvicultura somente poderá apresentar algum desenvolvimento se baseada no cultivo de espécies com alto valor econômico e altas taxas de crescimento.

Embora haja receio de que o aumento de áreas plantadas com espécies madeireiras possa ocasionar maior pressão para o desmatamento de áreas de florestas nativas, deve-se considerar a possibilidade de que o plantio dessas espécies concorra para diminuir a pressão por madeira em áreas de floresta nativa, pelos seguintes motivos:

a) Aumento da oferta de madeira de alto valor comercial, em médio prazo, em locais mais próximos das serrarias, diminuindo os custos de exploração e transporte.

b) Possibilidade da oferta escalonada de madeira com fuste de boa qualidade.

c) Incorporação no sistema de produção florestal de áreas degradadas ou em processo de degradação e, portanto, inviáveis para os sistemas de produção agrícola.

Esse último aspecto pode ser particularmente importante na economia do Estado, já que muitas áreas atualmente destinadas a pastagens ou à agricultura itinerante e que apresentam baixa produtividade, se incorporadas no sistema de produção florestal, podem apresentar excelente capacidade de produção, principalmente porque muitos fatores que determinam essa perda de produtividade nos demais sistemas algumas vezes não são limitantes na silvicultura.

O fato de haver grande restrição em alguns setores da sociedade local desestimulando o cultivo de florestas plantadas, alegando que essas ocasionam perda de biodiversidade se comparadas com as florestas nativas, também deve ser avaliado mais criteriosamente, já que o desenvolvimento de maciços florestais homogêneos pode diminuir a pressão pela exploração de áreas de florestas nativas, ajudando assim, a preservar a biodiversidade.

Acrescente-se que as florestas devem ser plantadas principalmente em áreas de solos pesados, de difícil mecanização e nas áreas de maior declividade que já tenham sido desmatadas em função de atividades antrópicas anteriores e, principalmente, naqueles solos que necessitam de pousio ou descanso por longos períodos de anos, respeitando-se as áreas de vegetação nativa em torno da rede de drenagem natural e corpos d'água.

Por outro lado, não se deve ignorar que as florestas plantadas, sob o ponto de vista de uso do solo, constituem importantes práticas tanto para a recuperação como para a conservação dos recursos edáficos e hídricos de uma região, em função da cobertura do solo (manta orgânica e dossel vegetativo), da ciclagem de nutrientes, da acumulação rápida do carbono atmosférico (CO₂) e da melhoria das relações hídricas.

O objetivo deste capítulo será abordar alguns aspectos da ciclagem de nutrientes mais diretamente relacionados com as florestas plantadas, bem como sugerir práticas silviculturais que possam ser adotadas para o manejo dos solos sob reflorestamento, com vistas a maximizar os benefícios advindos da exploração florestal, tanto sob o ponto de vista de conservação dos recursos edáficos como da lucratividade econômica do sistema.

Ciclagem de Nutrientes em Florestas Plantadas

No Estado do Acre coexistem solos de alta e de baixa fertilidade natural; assim, dependendo da fertilidade do solo, alguns aspectos da ciclagem de nutrientes serão determinantes da produtividade florestal em certas condições.

Dessa forma, para a determinação do sistema de manejo do solo mais adequado, é importante compreender os aspectos básicos da ciclagem de nutrientes em florestas plantadas, de forma que se possa eleger para cada situação quais os aspectos mais limitantes ou relevantes.

De forma geral, dois grandes ciclos de nutrientes têm sido reconhecidos nos ecossistemas florestais: o ciclo geoquímico e o ciclo biológico, sendo esse último comumente dividido em ciclo biogeoquímico e bioquímico.

Ciclo Geoquímico

O ciclo geoquímico consiste nas transferências de nutrientes entre o ecossistema florestal e outros compartimentos da biosfera. Assim, trata das entradas e saídas de nutrientes do ecossistema.

As principais entradas de nutrientes no ecossistema ocorrem por intemperismo, precipitação, fixação assimbiótica e simbiótica e fertilização. As principais saídas ocorrem por lixiviação, erosão, volatilização e remoção por exploração florestal (retirada de madeiras ou outros tipos de produtos).

A contribuição do intemperismo mineral para a nutrição das florestas plantadas é de difícil determinação, envolvendo muitas vezes a análise de grande número de variáveis.

Entretanto, a despeito dessas dificuldades, enquanto se espera que na maioria dos solos brasileiros seja baixa a contribuição do intemperismo para a nutrição florestal, essa situação não é esperada nos solos do Estado do Acre, onde se tem constatado a presença de minerais primários em proporções relativamente mais elevadas que em solos de mesma classe de outras partes do País.

Acrescente-se a isso a constatação de que mesmo em solos altamente intemperizados, algumas espécies florestais (povoamentos de eucalipto) têm sido capazes de absorver nutrientes do solo a partir de frações não prontamente trocáveis (como por exemplo, frações não- trocáveis de potássio).

A exemplo do potássio, outros nutrientes podem ser mais “facilmente” absorvidos por determinadas espécies florestais em comparação com a maioria das espécies agrícolas. Isso significa que os estoques totais de nutrientes disponíveis para os povoamentos florestais podem suplantam as quantidades trocáveis determinadas pelos métodos convencionais de avaliação da fertilidade do solo.

Se além desse fato for considerada também a elevada presença de minerais primários e secundários, normalmente ricos em nutrientes, como as micas, os feldspatos, a gipsita, a montmorilonita

e as vermiculitas, junto ao pH extremamente ácido dos solos, que torna esses minerais instáveis, potencializando sua liberação, haverá na prática uma contribuição muito significativa do intemperismo mineral para o fornecimento de nutrientes aos povoamentos florestais.

Na prática, significa que nos solos de baixo pH (principalmente naqueles mais ácidos que o pH 4,5) e onde se verifica a ocorrência de argilas de alta CTC (indicativo da presença de argilominerais do tipo 2:1 ou 2:2 e de minerais primários), o intemperismo mineral resultará provavelmente numa das mais importantes fontes de nutrientes.

Outra entrada de nutrientes no sistema são as adições atmosféricas pela precipitação. No Estado do Acre, embora não haja adição decorrente da poluição, como ocorre nas áreas industriais, o grande número de queimadas contribui para que esse tipo de adição seja importante, transferindo os nutrientes de um sistema para outro, empobrecendo o local da queimada e enriquecendo outros locais onde há deposição das cinzas.

Com relação especificamente ao ciclo do nitrogênio, a fixação não biológica também pode ser relevante, haja vista a alta frequência de relâmpagos e a elevada precipitação pluviométrica, em determinados períodos do ano (capítulo 5).

A fixação biológica também é outra forma de entrada de nitrogênio que nunca deve deixar de ser considerada (capítulo 4). Embora se restrinja

somente ao nitrogênio, trata-se provavelmente do componente geoquímico, junto ao fósforo, que apresenta o maior potencial para proporcionar rápidas respostas ao crescimento do povoamento florestal, estimulando-o.

A fixação biológica ocorre de forma simbiótica ou assimbiótica, dependendo do organismo e espécie vegetal associados (capítulo 4). Entretanto, o pH extremamente ácido dos solos acreanos pode contribuir para inibir o desenvolvimento de muitos tipos de bactérias diazotróficas, embora haja um grande número delas tolerante a baixos valores de pH, muitas associadas a leguminosas nativas (fixação simbiótica) ou a gramíneas (fixação assimbiótica). A fixação biológica por meio de outros tipos de organismos do solo, como as algas, embora pouco estudada, também deve ser considerada.

A contribuição da fixação biológica de nitrogênio para o crescimento do povoamento florestal pode ser importante logo nos primeiros anos de implantação, contribuindo significativamente para reduzir as necessidades de investimentos com fertilizantes.

Os fertilizantes constituem outra forma de adição de nutrientes no ecossistema florestal e podem ser do tipo orgânico ou mineral. Os fertilizantes orgânicos, normalmente por dificuldades de manuseio e transporte, são pouco empregados em povoamentos florestais, embora, possam se constituir importante alternativa em algumas

localidades do País, como por exemplo, próximo aos grandes centros onde o composto de lixo urbano pode ser utilizado como fonte de nutriente, com amplas vantagens ambientais em comparação com a utilização dessas fontes em sistemas agrícolas convencionais.

Especificamente para as condições do Estado do Acre, onde a reserva para alguns nutrientes no solo é em muitos casos suficiente (cálcio, magnésio e potássio, principalmente), a utilização de fontes nitrogenadas e principalmente fosfatadas de nutrientes minerais pode constituir uma maneira indiscutível de promover o enriquecimento do ecossistema e de maximizar a produtividade florestal e a lucratividade das explorações florestais.

Entretanto, para obter o máximo aproveitamento dos nutrientes aplicados, devem-se distinguir três estágios nutricionais dos povoamentos florestais:

Estágio 1 (antes do fechamento da copa) – caracteriza-se pela elevada demanda de nutrientes para a formação da copa, sem que haja retorno pela queda de folhas. Será nesta fase que melhores respostas podem ser esperadas pela adição de fertilizantes, já que praticamente toda a necessidade nutricional das plantas depende do fornecimento via solo.

Estágio 2 (fechamento da copa) – caracteriza-se pela intensificação da ciclagem bioquímica e biogeoquímica, em que ocorre redistribuição dos nutrientes absorvidos entre partes da planta e

também seu retorno ao solo, pela queda das folhas e galhos.

Estágio 3 (fase clímax ou de acúmulo de biomassa no lenho) – caracteriza-se pela manutenção ou mesmo redução da área fotossintética do povoamento e, portanto, com uma drástica diminuição na demanda de nutrientes.

Assim, o fornecimento de nutrientes deve ocorrer principalmente no estágio 1 e deve-se basear naquele nutriente que apresenta menor disponibilidade no solo. Daí, a importância da adubação fosfatada para garantir o estabelecimento de um povoamento florestal vigoroso.

No que se refere às perdas ou saídas de nutrientes do ecossistema por meio das transferências geoquímicas, é importante salientar que ocorrem normalmente na maioria dos ecossistemas naturais, porém, dependendo do tipo de manejo do solo, podem ser amplificadas a ponto de comprometer a produtividade florestal logo nos primeiros ciclos de corte da exploração.

A intensidade de cada um dos cinco processos principais de perdas (lixiviação, queima, erosão, volatilização e exploração florestal) varia em relação ao nutriente considerado e com as condições edafoclimáticas dominantes durante cada processo.

A lixiviação, sob a perspectiva geológica, está entre os principais processos relacionados à formação dos solos de baixa fertilidade no Brasil, que se

caracteriza pela dessilicação (perda de sílica – responsável pela formação dos solos com predomínio, na fração argila, de óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro) e acidificação (perda de cátions alcalinos e alcalinos terrosos).

Contudo, mesmo considerando escalas de tempo de poucos anos, principalmente nos solos bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions – o que implica diretamente na baixa capacidade de retenção de cátions –, a lixiviação constitui um dos principais processos responsáveis pela perda de nutrientes catiônicos (potássio, magnésio e cálcio) e aniônicos (nitrato e sulfato, este último em menor intensidade).

Entretanto, no Estado do Acre, esses processos de perda ocorrem com maior intensidade apenas nos Latossolos, sendo menos intensos ou mesmo insignificantes nas demais classes, o que se explica pelo predomínio de solos com drenagem deficiente (capítulo 1).

Outro processo de saída de nutrientes, praticamente nulo sob condições naturais, são as perdas por erosão. À medida que se intensifica o preparo do solo, o desmatamento e a exposição do solo à precipitação direta, a erosão se torna um dos principais componentes de perdas dos ecossistemas.

Considerando que a erosão provoca a perda de solos não só por meio de sulcos e voçorocas, mas também de forma superficial (erosão laminar) e que grande parte das reservas minerais de muitos solos

encontra-se normalmente nos primeiros centímetros, a degradação e a perda da sua capacidade produtiva estão estritamente relacionadas à intensidade dos processos erosivos.

As operações de preparo convencional do solo (aração, gradagem aradora ou niveladora) e outras práticas que contribuem para deixá-lo descoberto, como as capinas, atuam no sentido de acelerar e intensificar os processos erosivos.

Nesse sentido, a prática de queima de resíduos vegetais (florestais ou não) também concorre para aumentar a exposição do solo aos processos erosivos. Além disso, a queima, por si só, favorece a perda de nutrientes, como nitrogênio e enxofre, por volatilização, além de conduzir a uma drástica redução do conteúdo de matéria orgânica. Favorece ainda a perda de nutrientes como cálcio e magnésio pelo processo de convecção dos ventos.

Embora o processo de queima resulte em um aumento momentâneo da fertilidade do solo em decorrência da adição das cinzas na sua superfície, esse aumento aparente consiste apenas em uma pequena fração do nutriente que seria mantido no sistema e que poderia ser mineralizado e disponibilizado para o povoamento florestal (capítulo 5). Com o processo de queima, invariavelmente, haverá o empobrecimento do ecossistema e perda de sua produtividade futura. Por esse motivo, a queima não deve ser recomendada em nenhuma etapa do processo de limpeza ou preparo da área, devendo-se optar por alternativas, como trituração

e corte da vegetação anterior, ou técnicas de cultivo mínimo¹ com auxílio de herbicidas.

Outro processo de perda de nutriente (nitrogênio, particularmente) não associado diretamente à queima é a volatilização do amônio em solos com pH alcalinos. Entretanto, esse tipo de perda será provavelmente desprezível sob as condições de elevada acidez da grande maioria dos solos acreanos.

O quinto processo de perda de nutrientes é o da exportação por meio dos produtos florestais (madeireiros e não-madeireiros). Em termos absolutos, é o processo que mais remove nutrientes do sistema. A quantidade removida depende de vários fatores, como densidade do povoamento, idade de corte, componente da árvore explorado, espécie cultivada e qualidade do sítio (fertilidade do solo, principalmente).

De modo geral, pode-se dizer que a quantidade de nutrientes exportados será tanto maior quanto:

- a) Mais fértil for o solo.
- b) Maior for a quantidade de biomassa exportada.
- c) Menor for a eficiência nutricional da espécie cultivada.

O efeito da idade de corte depende do estágio de desenvolvimento do povoamento, já que árvores

¹Prática de plantio que considera o menor número possível de intervenções no solo.

mais novas tendem a apresentar maiores concentrações de nutrientes em seus tecidos lenhosos que aquelas de idade mais avançada. Entretanto, como com o avanço da idade aumenta a quantidade de biomassa exportada, obviamente haverá também maiores quantidades de nutrientes exportados nessa situação.

Duas importantes estratégias podem ser desenvolvidas para minimizar a exportação de nutrientes. A primeira consiste em não retirar da área de exploração componentes da árvore sem utilidade comercial. Por exemplo, as cascas das árvores apresentam normalmente uma elevada concentração de nutrientes em seus tecidos, principalmente em relação às concentrações observadas nos tecidos do lenho, e para alguns elementos, como por exemplo, o cálcio, as quantidades alocadas na casca podem representar uma fração considerável do total do nutriente contido na parte aérea das árvores. Assim, na exploração, deve-se preferir aqueles processos que permitam a extração somente dos componentes utilizáveis comercialmente e, sempre que possível, folhas, galhos e cascas devem ser deixados no local de exploração.

A segunda estratégia, embora menos óbvia, é a mais importante sob o ponto de vista ecológico. Consiste em otimizar a capacidade de produção do povoamento, de forma que se obtenha aumento do coeficiente de utilização biológico, ou seja, maximizar a quantidade de biomassa produzida em

relação à quantidade de nutrientes exportados pelo componente explorado. Com isso, será possível obter maiores quantidades de carbono fixado da atmosfera, com sua transformação em produtos madeireiros, a um menor custo nutricional.

Ciclos Biogeoquímico e Bioquímico

O ciclo biogeoquímico inicia-se pela transferência do nutriente do solo para a planta e encerra-se com o retorno do nutriente ao solo. Essa transferência dá-se pelo processo de absorção, enquanto a transferência do nutriente da planta para o solo ocorre pela deposição de resíduos orgânicos e pela lavagem do nutriente de partes da árvore com a água da chuva.

A quantidade de nutrientes absorvida pela árvore depende de fatores inerentes a cada espécie (exigência nutricional, associações simbióticas) como também da capacidade do solo em fornecer o nutriente, razão pela qual se espera maior absorção nos solos mais férteis, se outros fatores não forem impeditivos.

O principal processo de retorno do nutriente para o solo consiste na queda de folhas e galhos e na formação da serrapilheira. As folhas normalmente constituem a maior proporção da biomassa dos resíduos que caem ao solo e também os resíduos com maior concentração, embora, devido ao ciclo bioquímico, grande parte dos nutrientes seja translocada das folhas velhas e senescentes para os tecidos mais jovens.

O ciclo bioquímico (translocação do nutriente dentro da planta) é particularmente importante para os nutrientes mais móveis, como nitrogênio, fósforo e potássio.

Os processos de transferência biogeoquímica e bioquímica apresentam grandes impactos na produtividade. Contudo, sob o ponto de vista da sustentabilidade dos recursos edáficos e da economia de nutrientes, são menos importantes, já que não implicam, ao menos diretamente, em perdas ou entradas de nutrientes do ecossistema.

Práticas de Manejo do Solo

As técnicas relacionadas com o preparo do solo (limpeza da área, preparo da área e tratos culturais), com as práticas conservacionistas e com a adubação são as mais importantes no sentido de se manejar o ecossistema para mantê-lo sustentável.

Preparo da Área

Tradicionalmente, o preparo da área consiste em limpá-la, entocando os resíduos vegetais em leiras para que possam depois ser queimados. Após a limpeza, segue-se o preparo da área, com subsolagem, uma aração profunda e várias passagens de grade, até que a área em preparo se apresente bem uniforme. Finalmente, os tratos culturais deverão remover toda a vegetação espontânea, principalmente na linha ou em torno das covas de plantio, as quais deverão ser mantidas livres da competição pelo mato. Normalmente, faz-

se uso do fogo para ajudar tanto na limpeza da área como na queima da vegetação espontânea.

Esse sistema de preparo do solo, contudo, é totalmente contra-indicado por promover enormes perdas de nutrientes, seja favorecendo os processos erosivos, seja favorecendo a volatilização e convecção pelos ventos com a combustão dos resíduos vegetais.

Dependendo da situação inicial, dois tipos de preparo da área podem ser adotados, sem causar os danos advindos do preparo convencional.

O primeiro aplica-se naquelas áreas onde ocorreu grande desenvolvimento da vegetação secundária (capoeiras) de forma que não seja possível o manejo da área sem que essa vegetação seja removida.

Nesse caso, recomenda-se o corte e a trituração da capoeira por meio de equipamentos apropriados. Esse processo promoverá a formação de uma camada de material vegetal sobre o solo, concorrendo para minimizar os processos erosivos. O não uso do fogo contribuirá para evitar perdas por volatilização ou convecção pelo vento, mantendo quase integralmente os estoques de nutrientes contidos na biomassa da vegetação secundária.

Em áreas mais limpas ou naquelas provenientes da exploração de povoamentos de florestas plantadas, pode-se adotar o cultivo mínimo, que consiste em preparar apenas uma estreita faixa de solo, normalmente, a linha de plantio (uma faixa estreita),

de forma que possa ser realizado o coveamento e a aplicação de herbicidas seletivos, deixando-se a cada duas ou três linhas de plantio os resíduos vegetais maiores (galhos e troncos) e nas demais linhas os materiais mais frágeis, permitindo assim o tráfego de máquinas para as operações dos tratos culturais e exploração.

Em ambos os casos deve-se fazer uso de herbicidas, para evitar a competição pelas ervas daninhas, de forma que com a dessecação da vegetação espontânea pelos herbicidas, esta atue como uma cobertura de material morto sobre o solo.

Assim, as únicas operações mecanizadas para a limpeza e preparo do solo que devem ser adotadas são o corte e trituração de capoeiras (quando se fizer necessário), a roçada mecânica, uso de subsoladores na linha de plantio (cultivo mínimo) e, se houver necessidade, máquinas para abertura de covas. Mesmo essas últimas devem ser evitadas, pela compactação que causam nas paredes das covas de plantio.

Práticas Conservacionistas

As principais práticas conservacionistas que devem ser adotadas são a locação de estradas em nível, para diminuir o escoamento superficial da água de chuva, o plantio de leguminosas, para aumentar a cobertura do solo e fornecer nitrogênio após o corte da leguminosa, e o plantio em nível. Essas práticas, quando adotadas com o cultivo mínimo ou o corte e

trituração de capoeiras, são bastante efetivas no controle da erosão e na minimização das perdas de nutrientes.

Manejo da Adubação

O último fator que deve ser manejado é o fornecimento dos nutrientes em maior grau de limitação, de forma a promover um rápido crescimento inicial das árvores e fechamento mais rápido do dossel, o que contribuirá para diminuir o impacto direto da chuva sobre o solo descoberto ou pouco protegido.

Para aqueles solos com argilas de alta atividade, normalmente não será necessária a correção da acidez, mesmo que a valores de pH tão baixos como 4,0 ou menor, já que as espécies florestais são altamente tolerantes à acidez do solo e as quantidades de cálcio, magnésio e potássio normalmente são suficientes para o crescimento do maciço florestal. Os baixos valores de pH também tendem a favorecer a retenção de nitrogênio na forma de amônio (capítulo 5).

Isso significa que a calagem somente seria recomendada caso a saturação de bases nesses solos de alta CTC fosse menor que 10%, situação rara, à exceção de alguns Gleissolos e outros solos Aluviais.

Assim, recomenda-se a prática da adubação fosfatada e, preferencialmente, o plantio de

leguminosas para o fornecimento de nitrogênio. Poderá ser necessária alguma adubação nitrogenada para favorecer o crescimento inicial das mudas após seu pegamento, até que a leguminosa plantada em consórcio se desenvolva e possa ser incorporada, fornecendo o nitrogênio necessário para o primeiro estágio de desenvolvimento da floresta.

Nos solos de baixa CTC, além da adubação fosfatada, poderá ser necessária a adição de outros nutrientes, como potássio e nitrogênio nos primeiros 2 anos após o plantio, e uma calagem para o fornecimento de cálcio e/ou magnésio, elevando-se a saturação de bases para valores mínimos de 25% a 35%.

Conclusão

As florestas plantadas podem constituir, num futuro próximo, uma importante fonte de renda e alternativa para uso dos solos no Estado, principalmente naquelas áreas onde predominam solos com baixa aptidão para agricultura mecanizada.

A implantação de maciços florestais deve ser planejada, contudo, no sentido de preservar os recursos edáficos, evitando-se que haja perda da sustentabilidade do sistema pelo uso indevido desses recursos. As tecnologias já estão disponíveis e dependem apenas do correto planejamento das atividades de implantação e exploração.

Referências Bibliográficas

BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. de. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

MILLER, H. G. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and the consequence for fertilizer practice. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP: productivit in perpetuity, 10, 1981, Canberra. **Proceedings**. Canberra: CSIRO, 1981. p. 12-27.