

AS PRODUTIVIDADES PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS E AGROSSILVICULTURAIS

Tarcísio Viana de Lima¹
Adenilda Ribeiro de Moura²

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo fazer uma breve explanação sobre a dinâmica da produtividade biológica em comunidades de ecossistemas florestais espontâneas e na agrossilvicultura, considerando-se a importância fundamental que esse processo exerce em manter a sinergia dos diferentes níveis tróficos equilibrada e a capacidade de estabelecer uma conexão bilateral contínua entre os componentes bióticos e mesológicos respectivamente.

Palavras-chave: Níveis tróficos; Ciclo; Ciclo longo; Ciclo curto

INTRODUÇÃO

A fitofagia e a predação são interações conhecidas pelo homem desde tempos imemoriais. Entretanto, o desconhecimento de como os vegetais obtinham seu alimento era plenamente notório, a ponto de observadores mais dedicados deduzirem que a ausência de excrementos em torno das plantas era suficiente para justificar que os vegetais não consumiam alimento.

Essa dedução, segundo Domingos et al. (1983), perdurou por longo período, até que, no século IV a C, o filósofo grego Aristóteles insinuou que o solo era fonte de alimentos digeridos para as plantas, razão pela qual não se observava formação de produtos excretados.

As proposições de Aristóteles, além de consistentes para a época, se mantiveram como verdadeiras, segundo registros, até o século XVII, quando o químico e físico belga Juan Baptista van Helmont, trabalhando com crescimento de plantas, considerado um dos primeiros experimentos científicos realizados sob condições controladas, modificou as assertivas teóricas defendidas por Aristóteles e seus antecessores.

Apesar de conclusões errôneas obtidas por van Helmont em seu experimento científico bem planejado e inusitado para os padrões da época, os resultados colhidos permitiram a outros cientistas avançarem substancialmente nas pesquisas que foram decisivas para desvendar, mais de um século depois, a importância dos elementos minerais essenciais, água, dióxido de carbono e radiação solar para a estruturação e transferência de matéria orgânica com energia armazenada nas suas respectivas ligações moleculares a partir da base das cadeias alimentares: os autótrofos.

Os estudos foram também fundamentais para aprofundar os conhecimentos sobre os processos interativos entre os seres vivos de inúmeras espécies que compõem os níveis tróficos, assim como, contribuíram para explicar as razões pelas quais são possíveis a existência e a manutenção de comunidades complexas como florestas tropicais estruturadas e situadas sobre solos oligotróficos, cuja existência depende do fluxo de

¹ Professor Associado II do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

² Professora Assistente I do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá – Campus Binacional/Oiapoque.

nutrientes provenientes da produção, decomposição e mineralização da manta morta ou serrapilheira.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo descrever resumidamente os processos mais importantes que possibilitam a ocorrência da produtividade primária – bruta e líquida – no nível dos organismos autótrofos, bem como da produtividade secundária nos níveis dos heterótrofos, em comunidade vegetacionais de florestas espontâneas e na agrossilvicultura.

DESENVOLVIMENTO

Produção e Produtividade

No âmbito da ecologia três conceitos fundamentais são prioritários para se compreender os mecanismos que regem a origem e utilização da biomassa e as diversas modalidades de interações harmônicas e desarmonicas ocorrentes entre e dentre os níveis tróficos que estruturam os ecossistemas em geral, mais especificamente os florestais: a produção primária e as produtividades primária e secundária.

Entende-se por produção primária a quantidade total de compostos orgânicos elaborados pelos autótrofos por unidade de área (g.m^{-2} , cal.m^{-2} , J.m^{-2}) ou volume (g.m^{-3} , cal.m^{-3} , J.m^{-3}), respectivamente.

A produtividade, por sua vez, diz respeito a quantidade de matéria orgânica produzida pela espécie, população e até mesmo pelo ecossistema num determinado tempo, que pode ser expresso em dia, mês ou ano. Logo, a produtividade deve ser analisada de acordo com a fonte de produção e consumo.

Considerando-se a fonte de produção, os autótrofos são os componentes responsáveis pela produtividade primária, a qual expressa a velocidade da produção primária por unidade de área ou volume que ocorre num determinado tempo ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, $\text{kg.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, $\text{g.m}^{-3}.\text{dia}^{-1}$, $\text{kg.m}^{-3}.\text{ano}^{-1}$). Esses organismos, considerados estruturas da base das cadeias alimentares, iniciam o controle da extensão ou comprimento máximo expresso pelo maior número de arestas ou caminhos sequenciais (Figura 1) que conectam os diferentes níveis tróficos expostos em cadeias alimentares formadoras da rede ou teia trófica dos ecossistemas florestais.

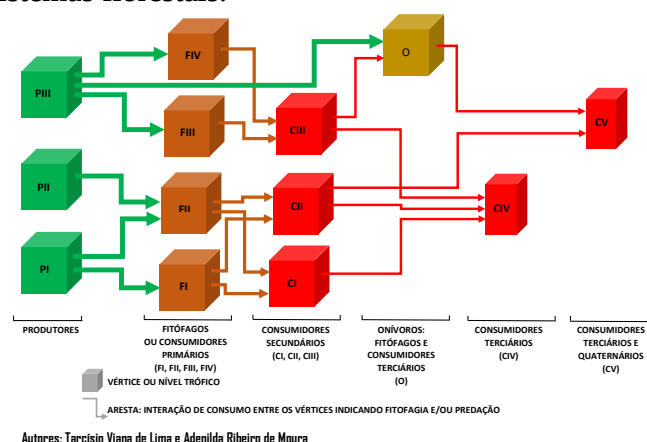


Figura 1. Níveis tróficos (vértices) interagindo entre si por fitofagia e/ou predação pelas arestas ou caminhos sequenciais que permitem determinar a extensão ou comprimento máximo das cadeias alimentares que compõem a teia ou rede trófica. No exemplo hipotético, o comprimento máximo (C) das interações entre os níveis tróficos das cadeias alimentares é igual a quatro:

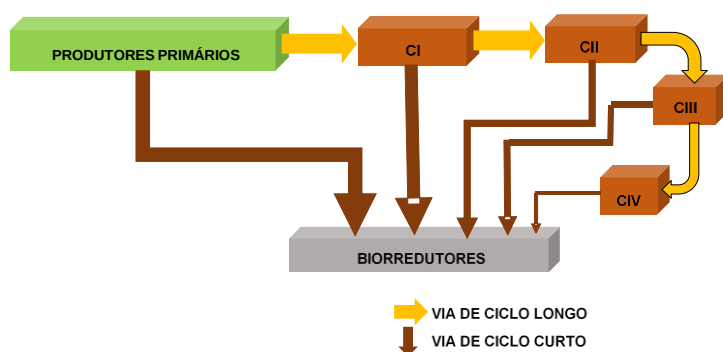
Cadeia alimentar: PIII → FIII → CIII → O → CV;
Cadeia alimentar: PIII → FIV → CIII → O → CV

O processo fotossintético permite observar duas estâncias na dinâmica da produtividade primária: a fixação total de energia pelos autótrofos, denominada de produtividade primária bruta (PPB); e a queima ou oxidação de parte dessa energia pelos próprios autótrofos devido à respiração, resultando numa perda de calor respiratório (R). Como consequência, constata-se que a diferença entre PPB e R originará uma taxa real de produção de nova biomassa, conhecida por produtividade primária líquida (PPL), para ser consumida pelos heterótrofos

A oferta da PPL exerce papel crucial, de forma direta e indireta, não só no contexto dos ecossistemas florestais, mas em toda a ecosfera, pois impõe limites nas densidades populacionais de todos os consumidores, impedindo dessa forma o colapso estrutural tanto da comunidade quanto do biótopo.

Destino da produtividade primária líquida

A partir do momento em que a matéria orgânica é formada, duas vias de deslocamentos também são geradas. A primeira, denominada via de ciclo longo, possibilita a transferência do produto orgânico formado pelos autótrofos de um nível trófico para outro em toda a extensão da teia alimentar. Essa cessão concretiza-se a partir do instante em que consumidores pastadores e predadores usam suas fontes de alimentos para delas obterem a energia necessária à sua sobrevivência. Ecologicamente, é de grande importância para o sistema como todo, uma vez que nesses tipos primários de interação, onde há pastagens e abates de seres vivos de uma dada espécie por outra, fica estabelecido o que convencionalmente se denomina de circuito regulador com retroalimentação (CRR) (LARCHER, 1986), ou seja, os fitófagos e/ou predadores necessitam durante todo seu ciclo de vida da reposição alimentar para suprir a energia gasta em suas atividades cotidianas (Figura 2).



Autores: Tarcísio Viana de Lima e Adenilda Ribeiro de Moura

Figura 2.- Representação esquemática da transferência da matéria orgânica através do ciclo longo e do ciclo curto em ecossistemas florestais.

Apesar de ser uma relação aparentemente traumática, particularmente para os seres predados, vale salientar que o sistema ecológico é extremamente beneficiado, uma vez que fica estabelecido e mantido o seu equilíbrio, face ao controle da densidade populacional imposto pelos predadores as suas presas. Entretanto, é por demais importante que se atente para o fato de que nem toda a fitomassa ingerida por fitófagos, obviamente nem toda zoomassa comida por carnívoros, é assimilada e incorporada à matéria orgânica desses consumidores, tendo em vista que estes além de gastarem energia necessária para obter seus respectivos alimentos, também formam produtos decorrentes

do seu metabolismo que são excretados, não sendo, portanto, adicionados aos tecidos desses organismos (LAROCA, 1995; ODUM, 1986).

Já a segunda via, chamada de ciclo curto, exerce papel preponderante para os ecossistemas, em especial àqueles que se situam em áreas cujos solos apresentam deficiência nutricional expressiva. Essa importância está intimamente condicionada ao fato de que todos os organismos, distribuídos nos diferentes níveis tróficos que compõem as cadeias alimentares, contribuem efetivamente com a formação da manta morta (serrapilheira), pois no decorrer dos seus respectivos ciclos de vida depositam sobre o solo quantidades variáveis de produtos orgânicos inertes que irão incrementar essa manta (Figura 2) (LARCHER, 1986).

Evidentemente que a quantidade e intensidade de deposição variam entre os níveis tróficos constituintes do sistema como todo. Em comunidades complexas, como florestas ombrófilas densas, sobretudo equatoriais, a contribuição de expressão máxima com a formação da serrapilheira, indiscutivelmente, recai sobre a cobertura vegetal, tendo em vista a diversidade de estruturas orgânicas desenvolvidas pelas plantas nessas unidades ecológicas (RIZZINI, 1997; ODUM, 1988; LARCHER, 1986; MOLEN, 1981).

É óbvio que a fauna tem sua parcela de contribuição nessas formações tropicais. Entretanto, por ser representada por organismos que apresentam, predominantemente, hábito arborícola e que são por excelência fitófagos de tamanho não tão expressivo como àquele apresentado, por exemplo, pelos animais de áreas não florestais; a sua participação na formação da manta morta, embora contínua, é substancialmente menor quando comparada com os representantes da flora. Dessa forma, evidencia-se que a via de ciclo curto é sedimentada fundamentalmente pelos vegetais nas regiões florestais localizadas nas baixas latitudes, tornando-a crucial para favorecer a reciclagem dos nutrientes nos sistemas ecológicos dessas regiões (RIZZINI, 1997; ODUM, 1988).

Eficiência da produtividade primária líquida

Em síntese, o sucesso da manipulação direta e indireta da produtividade primária líquida por parte dos organismos vivos heterótrofos está condicionado aos processos de **consumo** - que corresponde a percentagem da produtividade total disponível num determinado nível trófico para uso -; **assimilação** - relacionada a percentagem de energia alimentar nos consumidores para incorporação no crescimento ou para realização de trabalho;- e **produção** - percentagem de energia assimilada e incorporada à biomassa (TOWNSEND et al., 2006).

Essa eficiência certamente interfere na capacidade de autossuficiência dos ecossistemas completos, ou seja, aqueles constituídos por produtores, consumidores e biorredutores; tendo em vista que essas unidades ecológicas são autoprodutoras e gerenciadoras da matéria orgânica, disponibilizando-a em maior ou menor quantidade para consumo e reciclagem segundo a sazonalidade das condições climáticas favoráveis.

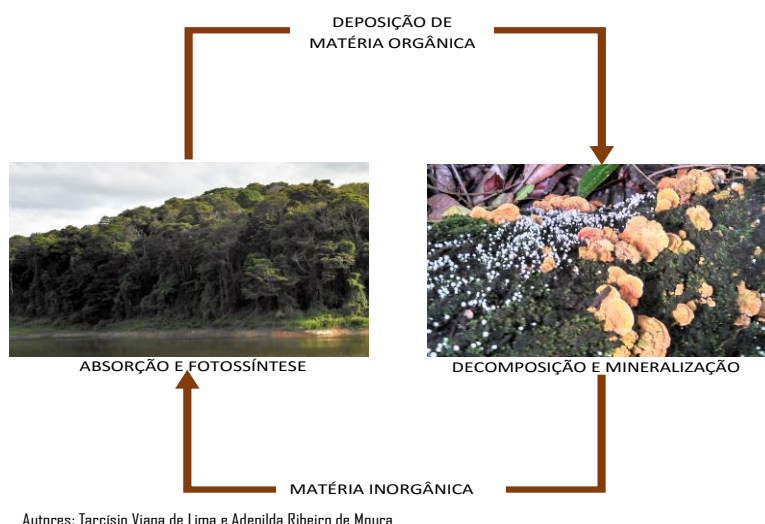
A Produtividade secundária

A utilização da matéria orgânica líquida a partir dos fitófagos e a respectiva transferência desse alimento para os diversos carnívoros ao longo da teia alimentar de quaisquer ecossistemas, visando a produção de biomassa, caracterizam a produtividade secundária. Essa denominação deve-se ao fato de que os consumidores são incapazes de produzir sua própria alimentação, tornando-se, portanto, dependentes sistemáticos dos organismos autótrofos. Dentro dessa óptica, percebe-se que a permanência desses seres vivos nos mais diferentes sistemas ecológicos só é possível a partir do instante em que

eles possam consumir, transformar e reutilizar o alimento disponibilizado ao longo das redes alimentares (ODUM, 1988).

Vários estudos comprovam que a ecosfera apresenta situações ambientais em que se detecta a ausência dos níveis tróficos dos produtores primários e dos fitófagos, respectivamente. Tais ambientes são, na realidade, zonas afóticas, ou seja, destituídas completamente da presença de luz solar, o que inviabiliza a fotossíntese, mas não a existência de teias alimentares que, nessas condições, são mantidas por detritos oriundos das zonas fóticas. Ecossistemas sob tais condições se enquadram como dependentes daqueles considerados completos, ou seja, dos que são estruturados por produtores, consumidores e biorredutores, respectivamente.

Esses estudos também revelam que não há sistemas ecológicos com ausência dos decompositores/mineralizadores. Portanto, é racional concluir que o nível trófico dos biorredutores é, biologicamente, “insubstituível”, sobretudo nos ecossistemas do epinociclo, em particular os que compõem as florestas, pois congregam microrganismos capazes de transformar substâncias orgânicas facilmente identificadas na manta morta (folhas, galhos ramos, miscelânea³, troncos, entre outros) em matéria simples e amorfa conhecida por húmus⁴, bem como levar a cabo a demolição total desse material orgânico humificado, disponibilizando os nutrientes essenciais para absorção e assimilação por parte das plantas superiores (Figuras 3) (TOWNSEND et al., 2006; ODUM, 1988).



Autores: Tarcísio Viana de Lima e Adenilda Ribeiro de Moura

Figura 3 – Importância da decomposição da matéria orgânica e da mineralização do húmus para a incorporação dos macronutrientes e micronutrientes nos organismos autótrofos dentro do sistema ecológico florestal

Coprófagos: um caso especial

Embora pouca ou praticamente nenhuma ênfase seja dada ao nível trófico constituído por seres vivos que têm por hábito usar excrementos – os coprófagos -, vale salientar que esse grupo desempenha papel crucial no processo de utilização e manipulação da matéria orgânica.

Apesar da baixa qualidade dos estrumes provenientes de carnívoros vertebrados, tendo em vista que esses organismos são eficientes no processo de assimilação do alimento, pois mais de 80% da matéria consumida sofre digestão e é incorporada aos seus

³ Miscelânea: termo usado em ecologia para representar o conjunto de flores, frutos e sementes.

⁴ Húmus: composto de frações solúveis denominadas de ácidos húmicos e fúlvicos e fração insolúvel chamada humina.

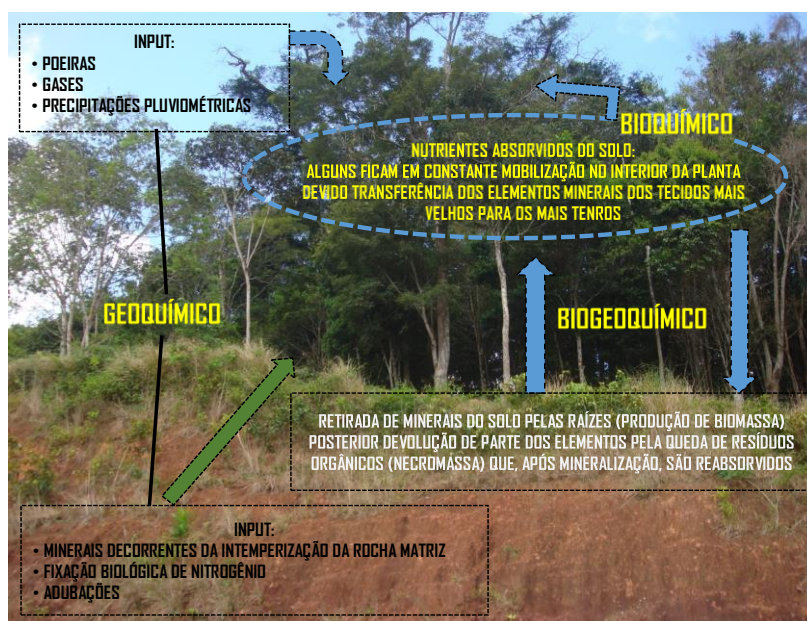
corpos; os coprófagos são decisivos em inserir no meio os parcos minerais postos a sua disposição após fazerem uso da energia desses resíduos.

Entretanto, contraditoriamente aos carnívoros vertebrados, os fitófagos, por fazerem uso substancial de matéria orgânica diretamente coletada dos produtores primários, apresentam em seus excrementos abundância de matéria orgânica, motivo pelo qual determinados grupos de besouros fazem uso sistemático desse material, onde efetivam postura e buscam sua energia para sobrevivência (TOWNSEND et al., 2006).

Modalidades de ciclagem que dão suporte as produtividades primária e secundária

Segundo Odum (1988), a produtividade em qualquer sistema ecológico depende da disponibilidade de elementos químicos que se distribuem na natureza em reservatórios (pools) classificados como inorgânicos e orgânicos

Os reservatórios inorgânicos são representados pela interface atmosfera, litosfera e hidrosfera, consideradas as três grandes regiões da ecosfera, as quais são fontes de componentes indispensáveis à origem da vida. Já os reservatórios orgânicos congregam a biota, conjunto de seres vivos que se distribuem nas três grandes regiões da ecosfera; e corpos necrosados ou em processo de declínio. Portanto, esses reservatórios estão interligados por meio de atividades geoquímicas, bioquímicas e biogeoquímicas, respectivamente (Figura 4).



Autores: Tarcísio Viana de Lima e Adenilda Ribeiro de Moura

Figura 4. Imagem parcial da mata Água Azul (Floresta Ombrófila Densa Baixo montana) situada na usina Cruangi, Timbaúba - Pernambuco, mostrando pools geoquímico, bioquímico e biogeoquímico

Nos reservatórios inorgânicos observa-se que os elementos como carbono e nitrogênio, encontrados no dióxido de carbono e no nitrogênio molecular respectivamente, são obtidos da atmosfera. Já o cálcio, do composto carbonato de cálcio, e o potássio, do feldspato, por sua vez, são adquiridos da litosfera. Apesar do nitrogênio molecular não ser aproveitado imediatamente pelos vegetais, esse elemento é extremamente importante, pois estrutura os tecidos orgânicos em geral. Entretanto, para que haja efetividade no seu uso por parte dos vegetais superiores, é necessário que ele seja absorvido na forma de nitrato dissolvido. Isto só é possível com a participação eficaz da hidrosfera (ODUM, 1988).

Evidentemente que não só o nitrogênio é obtido dessa forma pelos vegetais, outros elementos, como o fósforo do fosfato e o carbono do ácido carbônico, também “usam” como veículo de translocação os recursos hídricos em geral (TOWNSEND et al., 2006; (ODUM, 1988).

Os reservatórios orgânicos, representados por todos os seres vivos vegetais e animais, por sua vez, são expressivos concentradores do carbono, nas estruturas da celulose e gordura; de nitrogênio, nas proteínas; e de fósforo na forma de adenosina trifosfato (ATP) – nucleotídeo com alta concentração de energia armazenada em suas ligações químicas. Por conseguinte, esse reservatório exerce função de destaque, sobretudo, nas formações vegetacionais espontâneas e nas consorciações verificadas, como por exemplo, na agrossilvicultura.

Produtividade na agrossilvicultura

A agrossilvicultura, atualmente com boa difusão em vários países, sobretudo àqueles com vocação ao cultivo dos produtores primários, consiste numa ampla variedade de formas de vida da terra, onde essências arbustivo-arbóreas são cultivadas de forma interativa com culturas agrícolas em geral.

Nesse contexto, é fácil denotar que esse modelo de consorciação é uma opção de manejo sustentado da terra, tendo em vista que vários benefícios afloram no processo da sinergia agrossilvicultural.

No elenco de benefícios advindos da agrossilvicultura, percebe-se que a diversidade de espécies e de formas de vida envolvidas na consorciação proporcionam a criação de sinúsias⁵ manejadas com fins ecológicos e sociais bem definidos, nos quais se verificam imitações de formações vegetacionais espontâneas e o rápido retorno econômico, sobretudo para as propriedades comunitárias.

Esse comportamento é identificado por meio da presença, nesses consórcios, do estrato arbustivo-arbóreo que funciona como estrutura básica e chave para o bom desempenho das culturas de subsistência, pois, além de manterem a estabilidade do sistema, são componentes estratégicos no aproveitamento da energia solar e na ciclagem mais intensa de nutrientes, tendo em vista que a fitomassa decorrente das podas periódicas potencializa com mais matéria orgânica a serrapilheira formada naturalmente (MAFRA et al., 1998).

Segundo Ribaski et al.,(2002), entre as qualidades inquestionáveis do estrato arbustivo-arbóreo na agrossilvicultura, encontra-se a capacidade intrínseca desse componente em influir na quantidade e disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das culturas associadas. Esse comportamento é por demais importante principalmente por favorecer o incremento do nitrogênio por fixação biológica do nitrogênio molecular.

Outro aspecto interessante relacionado à questão nutricional, envolvendo indivíduos arbustivo-arbóreos, é que estes recuperam nutrientes sob sistema radicular das culturas agrícolas e/ou pastagens, evitam perdas de nutrientes por lixiviação e erosão, aumentam a disponibilidade de nutrientes devido à liberação de maior volume de matéria orgânica formadora de manta morta, além de funcionarem como convergentes da fauna,

⁵ Sinúsia: conjunto de plantas semelhantes na forma e no hábito e que requerem condições microclimáticas idênticas para seu crescimento e desenvolvimento numa comunidade.

que favorecerá tanto a polinização quanto a dispersão das unidades de reprodução das essências vegetais envolvidas na consorciação (RIBASKI et al.,2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Independentemente do desconhecimento absoluto do homem dos períodos imemoriais e da comprovação científica contemporânea sobre a dinâmica da matéria orgânica, as produtividades primária e secundária sempre construíram e permearam as estruturas das teias alimentares - sejam elas simples ou complexas, independentes ou dependentes -, desde os produtores até os biorredutores.

Essas produtividades funcionam como uma lei universal cuja intensidade varia de acordo com a maior ou menor oferta dos componentes inorgânicos representados pela água, dióxido de carbono, sais minerais e energia solar.

Evidentemente que as oscilações na oferta desses componentes indispensáveis à estruturação das diversas formas de vida estão correlacionadas à sazonalidade climática e as características edáficas específicas de cada região da ecosfera.

Dessa forma, a multiplicidade de ecossistemas dentro de biomas localizados nas baixas latitudes, sobretudo nas áreas tropicais pluviais; e a baixa representatividade de unidades ecológicas nos biomas situados nas médias e, principalmente, elevadas latitudes resultam da oferta dessas componentes inorgânicas com potencialidades divergentes condicionadas e reguladas segundo a capacidade de processamento da matéria orgânica via decomposição e mineralização pelos biorredutores.

Portanto, investigações sempre serão necessárias, não para comprovar evidências, mas consolidar que componentes abióticos e bióticos estão incondicionalmente ligados para manterem os fluxos cíclicos da matéria orgânica e acíclicos da energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOMINGOS, A. M.; NEVES, I. P.; GALHARDO, L. **Ciências do Ambiente**: livro do professor. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1983. 342p.

LARCHER, W.. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU. 1986.

LAROCA, S. **Ecologia**: princípios e métodos. Rio de Janeiro: Vozes. 1995. 197p

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDONZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aleias e sob vegetação nativa do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22, pp. 43-48. 1998.

MOLEN, Y. F. (1981). **Ecologia**. São Paulo: EPU.

ODUM, E. P. (1986). **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara. 1986. 434p.

ODUM, E. P. (1988). **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J. RODIGHER, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informativo Agropecuário**, 22, pp. 61-67. 2002.

RIZZINI, C. T. (1997). **Tratado de Fitogeografia do Brasil** (2ª ed.). Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. 1997. 747p.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. (2006). **Fundamentos em Ecologia** (2ª ed.). Porto Alegre: Artmed. 2006. 592p.