



BIOECONOMIA E PRODUTOS ECOLÓGICOS NO SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

Camila Cristina Simão da Silva¹; Maira Ferraz de Oliveira Silva²

¹Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA. Discente vinculada ao Programa de Iniciação Científica Voluntária da UESB, (202010033@uesb.edu.br); ²Orientadora. Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Professora do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (mairaferraz@uesb.edu.br)

RESUMO

No contexto mais amplo da abordagem sobre a Bioeconomia, a Bioeconomia Florestal propõe um modelo econômico baseado no uso e produção de recursos renováveis que para, além da minimização dos resíduos e substituição de recursos ou inovação biotecnológica, contribua para a redução da pobreza, a conservação da biodiversidade e o consumo sustentável. Assim, o objetivo desse trabalho é identificar e mensurar produtos ecológicos provenientes do setor florestal no Brasil e discutir suas alternativas de (re)aproveitamento. A partir de uma revisão da literatura técnico-científica especializada, foram identificados parâmetros e coeficientes que permitiram o cálculo dos volumes de biomassa e resíduos a partir de estimativas da produção do setor, extraídas do MapBiomass e Censos Agropecuários de 2006 e 2017. Ao examinar as mudanças ocorridas entre 2006 e 2017 no contexto dos produtos ecológicos do setor florestal brasileiro, os resultados demonstraram a diversidade de possibilidades e os significativos volumes de produtos ecológicos gerados a partir da produção e manejo do setor florestal na perspectiva de minimização de impactos ambientais relevantes associados à essa atividade produtiva e as potencialidades para dinamização desse setor segundo a abordagem da Bioeconomia Florestal.

Palavras-chave: Bioeconomia Florestal; Serrapilheira; Bens e serviços ambientais; Brasil.

INTRODUÇÃO

A Bioeconomia pode ser definida como a extração, exploração e produção de recursos renováveis da terra e do mar e sua conversão em produtos ecológicos (alimentos, rações, combustíveis, fibras, produtos químicos e outros materiais) cuja utilização insere-se no âmbito da reciclagem e consumo sustentável (SILLANPÄÄ & NCIBI, 2017). No contexto do setor florestal define-se a Bioeconomia Florestal como atividades econômicas que incluem cultivar, colher, processar, reutilizar, reciclar e vender produtos e serviços associados aos ecossistemas florestais, cuja dinâmica ultrapassa a minimização dos resíduos, substituição de recursos ou inovação biotecnológica podendo contribuir também para a redução da pobreza, a conservação da biodiversidade e o consumo sustentável (PIPLANI & SMITH-HALL, 2021).

Nessa perspectiva, serviços ambientais referem-se não somente aos serviços que tratam dos benefícios ao homem derivados de ecossistemas naturais, como também dos benefícios associados a diferentes tipos de gestão ativa de ecossistemas, por exemplo, práticas de agricultura sustentável e de gestão de paisagens rurais (MURADIAN et al., 2010).

Considerando da definição econômica de “capital” como meios de produção (fabricados), o “capital natural” é definido como um estoque que produz um fluxo de bens e serviços ecossistêmicos. Assim, o estoque ou população de recursos ambientais (árvores por exemplo) gera um fluxo ou produção de novos recursos (novas árvores) em ciclos subsequentes, sendo o fluxo (novos bens e serviços ecossistêmicos) a chamada “renda natural” e o estoque que produz o fluxo o próprio “capital natural” (CONSTANZA & DALY, 1992).

Os serviços ecossistêmicos desempenham um papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecológico e na provisão de benefícios essenciais para a sociedade. Entre esses serviços, destacam-se a regulação do clima, a purificação da água, a fertilidade do solo e a captura de carbono atmosférico. Partindo desses conceitos, adotaremos neste estudo o termo produtos ecológicos para designar o capital natural e serviços ambientais e ecossistêmicos, sejam estes utilizados como insumos ou produtos resultantes de dinâmicas econômico-ecológicas entre o sistema econômico e ecossistemas naturais.

Nesse sentido, o estudo se concentra na análise dos produtos ecológicos provenientes do setor florestal no Brasil, especificamente comparando os anos de 2006 e 2017. O objeto de estudo principal são os produtos ou serviços ecológicos proporcionados pela serrapilheira, camada de matéria orgânica composta por folhas, galhos e outros detritos vegetais que se depositam no solo das florestas. A serrapilheira desempenha um papel crucial na ciclagem de nutrientes, como nitrogênio, potássio e fósforo, essenciais para a fertilidade do solo e o crescimento das plantas.

Além disso, nesta análise investiga-se o papel das florestas na captura de carbono, um dos principais gases de efeito estufa responsáveis pelo aquecimento global. A capacidade das florestas em absorver e armazenar carbono atmosférico através da biomassa vegetal e da serrapilheira torna-se ainda mais relevante no contexto alarmante de mudanças climáticas.

MATERIAIS E MÉTODOS

No contexto deste trabalho, a abordagem teórica foi conduzida para explorar os conceitos relacionados à Bioeconomia Florestal e os seus benefícios ambientais. Nesse sentido buscou-se estimar produtos ecológicos associadas a atividade do setor florestal brasileiro.

Os produtos ecológicos tratados neste estudo foram quantificados a partir de coeficientes técnicos identificados na literatura, em estudos de pesquisadores do setor florestal e de instituições de pesquisa agropecuária, conforme detalhados no Quadro 1.

A seleção dos coeficientes de cálculo para a Floresta nativa buscou-se referências nos estudos de Barbosa et al. (2017) e de Santos (2021), para o eucalipto também foi utilizado o estudo de Barbosa et al. (2017), os dados da Acácia mangium foram coletadas no estudo de Andrade, Costa & Faria (2000), enquanto para a espécie de Acácia Negra o estudo utilizado foi o de Caldeira, Schumacher & Santos (2001), Santos (2021) também foi utilizado para a coleta de dados do Mogno, para a espécie Pinheiro Brasileiro (Araucária) o trabalho utilizado como referência foi o de Schumacher et al. (2004) e, finalmente, o estudo de Andrade, Costa & Faria (2000) foi utilizado para a determinação do coeficiente para quantificar os produtos ecológicos provenientes da espécie Sabiá.

Sobre a importância associada aos produtos ecológicos referentes aos nutrientes para o solo, que foram dimensionados a partir do volume dos resíduos florestais conforme os estudos citados anteriormente, cabem algumas considerações.

O carbono (C), é um importante elemento do solo para o crescimento das plantas e faz parte da produção de matéria seca das culturas. As árvores sequestram boa parte desse carbono disponível para que a fotossíntese continue a ocorrer. Os demais nutrientes como o Nitrogênio (N), o Fósforo (P) e o Potássio (K) que são elementos essenciais para as plantas, em sua grande maioria estão

presentes em níveis inferiores nos solos, e por isso são frequentemente adicionados para melhorar o crescimento das plantas e aumentar a produtividade das colheitas.

Quadro 1 – Coeficientes de cálculo, em kg/ha, do volume de resíduos e biomassa gerados a partir da produção florestal brasileira, para espécies selecionadas.

PRODUTOS ECOLÓGICOS	TIPO DE PRODUÇÃO/ESPÉCIE						
	Floresta Nativa	Eucalipto	Acácia mangiueira	Acácia negra	Mogno	Pinheiro Brasileiro (Araucária)	Sabiá
Folha/Acícula	2,52	8,44	6.392	7.197,44	0,1	5,12	6.499
Galhos	2,76	3,54	457	8.083,72	---	1,83	1.726
Cascas	0,64	0,25	183	4.265,98	---	---	508
Carbono	2,69	5,58	---	---	---	---	---
Nitrogênio	87,6	83,6	147	262,15	---	10,76	211
Fósforo	11,2	---	4,4	12,33	---	1,42	11,5
Potássio	37,8	---	21	150,22	1,56	3,46	28
Cálcio	269,2	---	60	90,6	1.074,10	45,96	80
Magnésio	29,9	---	11	25,43	136,14	2,42	24

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Esses resíduos podem ser utilizados economicamente em forma de fertilizantes, substratos e adubos orgânicos. Salienta-se que o uso adequado de nutrientes através das adubações balanceadas pode aumentar significativamente o potencial de sequestro de carbono, uma vez que culturas mais produtivas tendem a aumentar os níveis de carbono orgânico dos solos e sequestro do CO₂ atmosférico (STEWART, 2002).

Os coeficientes citados estão expressos em quilos/hectare e para isso foi necessário buscar as informações sobre a área em hectares do setor florestal no Brasil. Os dados sobre a área ocupada pelo setor foram coletados e tabulados nas plataformas do projeto MapBiomass e do sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA). Na plataforma SIDRA do IBGE foram extraídas informações a partir dos censos agropecuários dos anos de 2006 e 2017.

Pelo fato de o IBGE não disponibilizar a área em hectares para a atividade de silvicultura, apenas a área cortada, optou-se por extrair a informação acerca do número de pés plantados e assim calcular a área plantada da atividade. Para calcular a área a partir do número de plantas utilizou-se a delimitação 3m x 3m, padrão utilizado para respeitar o crescimento da copa das árvores e evitar competitividade entre plantas. Os espaçamentos mais usuais são 2m x 2m (2.500 plantas/ha) e 3m x 2m (1.667 plantas/ha) de acordo com a Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

A partir do mapeamento anual da cobertura e uso da terra descrita na coleção 8 “Cobertura e transições bioma & estados”, publicada pelo MapBiomass, que disponibiliza dados de área em (ha) por bioma e estado, para o período de 1985 a 2022, foram extraídas as informações referentes formação de floresta, classificada como natural para representar o setor de florestas nativas. Para compatibilizar o período do estudo com os censos agropecuários foram utilizados os dados dos anos de 2006 e 2017.

Para fins de comparação entre os volumes de nutrientes estimados neste estudo e do seu rendimento em termos de adubos comerciais, equiparou-se as quantidades encontrada de Fósforo (P) e Potássio (K) com a adubação de correção para P e K que pode ser calculada no CADUB GHF

na forma como é sugerida pelo Manual de Adubação e Calagem – MAC. Neste manual são recomendados três valores fixos para a correção, ou seja, quando o teor no solo estiver abaixo do limite muito baixo (LMBMAC), será recomendado 120kg do nutriente, quando estiver entre o limite muito baixo e o limite baixo (LBMAC), será recomendado 60kg e, quando estiver entre o limite baixo e o limite crítico (LCMAC), será recomendado 30kg. (CQFS, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos resultados foram estimados os produtos ecológicos advindos da serrapilheira da floresta nativa e espécies utilizadas para a produção florestal nos anos de 2006 e 2017, com a finalidade de realizar uma análise comparativa entre estes anos. Ao comparar os dois anos é possível afirmar que, com os resultados de volume total, o ano de 2017 apresentou maiores volumes de produtos ecológicos decorrentes do crescimento do setor florestal e conseqüentemente, o aumento de serviços ecossistêmicos advindos dos produtos ecológicos.

O eucalipto atualmente é uma espécie fundamental para a economia brasileira e amplamente utilizada na indústria de base florestal. Assim, ao analisar a diferença entre os anos de 2006 e 2017 e o considerável crescimento desse produto no setor, pode-se afirmar que os serviços ecossistêmicos mesmo, que muito presentes em produtos ecológicos da produção florestal de madeira nativa, também se encontra significativamente nas florestas plantadas com valores de 18.408 toneladas de serrapilheira em 2006 e 75.847 toneladas de serrapilheira em 2017 conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Produtos ecológicos¹, por espécie, em quilogramas, Brasil, 2006-2017.

PRODUTO ECOLÓGICO	ESPÉCIE FLORESTAL						
	Floresta nativa	Eucalipto	Acácia mangiueira	Acácia negra	Mognão	Pinheiro Brasileiro (Araucária)	Sabiá
2006							
Folha/Acícula ²	967.290	18.408	---	914.161	0,02	45	13.245
Galhos	1.059.413	7.721	---	1.026.729	---	16	3.518
Cascas	245.661	545	---	541.831	---	---	1.035
Carbono	1.032.544	12.170	---	---	---	---	---
Nitrogênio	33.624.856	182.338	---	33.296	---	95	430
Fosforo	4.299.068	---	---	1.566	---	12	23
Potássio	14.509.356	---	---	19.080	0,28	30	57
Calcio	103.331.178	---	---	11.507	195	404	163
Magnésio	11.476.977	---	---	3.230	25	21	49
2017							
Folha/Acícula ²	947.169	75.847	124.861	1.037.727	0,84	89	140.229
Galhos	1.037.376	31.813	8.927	1.165.511	---	32	37.242

Cascas	240.551	2.247	3.575	615.069	---	---	10.961
Carbono	1.011.066	50.145	---	---	---	---	---
Nitrogênio	32.925.415	751.281	2.872	37.797	---	187	4.553
Fosforo	4.209.642	---	86	1.778	---	25	248
Potássio	14.207.542	---	410	21.659	13	60	604
Calcio	101.181.755	---	1.172	13.063	8.885	798	1.726
Magnésio	11.238.241	---	215	3.666	1.126	42	518

²Acícula: termo utilizado somente para a espécie de pinheiro brasileiro (araucária).

Fonte: Elaborado pelas autoras.

É de conhecimento geral que os solos do Brasil, em sua grande maioria, apresentam deficiência de nutrientes e acidez, o que afeta diretamente o crescimento das principais culturas. Assim, a fertilidade natural dos solos é baixa e não há reservas de nutrientes suficientes para sustentar produtividades ótimas destas culturas. Como resultado, tem-se um aumento significativo no consumo de fertilizantes.

Os fertilizantes representam cerca de 30% das despesas dos produtores agrícolas no Brasil de acordo com dados da Confederação Nacional da Agricultura – CNA (2024), em contrapartida pode-se afirmar que um produtor reduziria seu custo com fertilizantes se utilizasse os produtos ecológicos que são depositadas pela decomposição da serapilheira, sendo fundamental para ciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes e a principal forma natural de transferência de elementos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas (LOPES et al., 2009).

A importância desse material na ciclagem de nutrientes é evidenciada de forma mais clara em florestas que se mantêm em solos de baixa fertilidade (SCHUMACHER et al., 2003; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011). Por conseguinte, mesmo que os nutrientes advindos de forma natural da serrapilheira sejam depositados mais lentamente que os fertilizantes convencionais, a prática de sistemas agroflorestais traz para o produtor um retorno econômico significativo ao utilizar produtos das culturas perenes (florestais) como um serviço ecossistêmico de provisão.

O cálculo proposto pelo Manual de Adubação e Calagem utilizado para determinar a quantidade necessária de nutrientes diz que em uma área com teor no solo de Fósforo e Potássio abaixo do limite será necessário 120kg dos nutrientes por hectare. O preço atualizado do fertilizante NPK (04-14-08) com 25kg é de R\$250,00 reais, se o solo necessita de 120kg desse nutriente, logo haverá um gasto de R\$1.200,00 por hectare se for necessário repor esses nutrientes no solo.

Ulteriormente, outro ponto observado nos resultados é a grande capacidade da floresta em armazenar carbono, considerando a necessidade de abrandar o aquecimento global causado pelas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). As florestas desempenham um papel crucial ao capturar e armazenar grandes quantidades de carbono da atmosfera, contribuindo significativamente para a estabilidade climática. Isso valoriza cada vez mais os serviços ambientais das florestas, o aumento dos estoques florestais e o mercado de carbono como estratégias fundamentais para enfrentar os desafios climáticos globais.

Apesar da maior parte do carbono sequestrado estar mais presente nas florestas nativas do que nas florestas plantadas, pelo fato de a vegetação mais densa das florestas nativas armazenar mais carbono, juntas os dois tipos de floresta armazenam 4,1 bilhões de tCO₂eq, sendo que as florestas naturais conservadas pela indústria florestal estocam 2,4 bilhões de toneladas de carbono equivalente (tCO₂eq) no Brasil, enquanto as plantadas estocam 1,7 bilhão de tCO₂eq (FEFFER, 2017).

CONCLUSÃO

Esse estudo destaca a considerável relevância do setor florestal como provedor de serviços ecossistêmicos, considerando as novas dinâmicas socioambientais preconizadas pela Bioeconomia Florestal. Os resultados revelaram não apenas a capacidade das florestas de armazenar carbono, mas também de enriquecer o solo com nutrientes essenciais através da decomposição da serrapilheira. Esses produtos e serviços ecológicos são fundamentais para fomentar uma nova dinâmica do setor florestal no âmbito da bioeconomia brasileira, beneficiando não apenas os ecossistemas naturais, mas também a sustentabilidade das atividades produtivas e as comunidades locais. Além disso, a pesquisa revela a importância de estudos mais aprofundados que possibilitem a compreensão e valorização dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas nativas e plantadas no contexto de mudanças climáticas e transição para uma economia pós-fóssil.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Aluisio Granato; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 24, p. 777-785, 2000.

BARBOSA, Verilma et al. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e20150243, 2017.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; SCHUMACHER, Mauro Valdir; SANTOS, EM dos. Conteúdo de nutrientes em uma procedência de *Acacia mearnsii* plantada no Rio Grande do Sul-Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 42, p. 105-121, 2001.

CONSTANZA, R., Daly, H.E. Natural Capital and Sustainable Development. **Conservation Biology** 6 (1), p. 37-46, 1992.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS). **Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC**. 10.ed. 394p. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE AGRICULTURA (CNA). **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil**. Brasília, 2024. Disponível em: < <https://www.cnabrazil.org.br/cna>>. Acesso em: 10.08.2024.

FEFFER, D. O valor das florestas. **Revista Veja**, 2017. Disponível em: <https://complemento.veja.abril.com.br/pagina-aberta/o-valor-das-florestas.html>. Acesso em: 12.08.2024.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; LOBATO, F. A. O.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agro Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 72-79, 2009.

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL U.; KOSOY N.; MAY, P. H. **Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services**. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2010.

PIPLANI, Meenakshi; SMITH-HALL, Carsten. Towards a global framework for analysing the forest-based bioeconomy. **Forests**, v. 12, n. 12, p. 1673, 2021.

SANTOS, Grazielle Nunes Lopes dos. **ATRIBUTOS DO SOLO EM FLORESTA PLANTADA DE MOGNO, SAF, PASTAGEM E MATA NATIVA EM GRAVATÁ, PE**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2021.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 791-798. 2003.

SILLANPÄÄ, Mika; NCIBI, Mohamed Chaker. **A Sustainable Bioeconomy: The Green Industrial Revolution**. Springer, 2017.

STEWART, M. **Balanced fertilization and the environment**. Potafos site, 2002. Disponível em: <[http:// www.potafos.org/ppiweb/ppibase.nsf](http://www.potafos.org/ppiweb/ppibase.nsf)> Acesso em: 26.08.2024.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba: Edição dos autores, 2011. 104 p.