

Conceitos de funções florestais para construção de uma Avaliação do Ciclo de Vida no setor florestal

Langer, M.¹; da Silva D. A.²; J. E. Arce² e S. H. Rocha³

1. Produção e uso de recursos florestais

De 1990 a 2015, a depleção florestal global foi de 3,1 %, cerca de 129 milhões de hectares, resultando uma área florestal remanescente inferior a 4 bilhões de hectares (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS – FAO, 2016). Essa área remanescente compreende as diversas tipologias florestais naturais locais e as plantações florestais comerciais, com diferentes e múltiplas funções madeireiras e não madeireiras.

Em 2015, a área mundial com plantações florestais comerciais era de 290 milhões de hectares (FAO, 2016), ou seja, menos de 1 % do total da cobertura florestal mundial. Contudo, as plantações florestais comerciais⁴ vêm apresentando incremento anual de 1,9 % e, em relação a 2010, o seu crescimento acumulado era de aproximadamente 10 % (ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR, 2016).

As florestas estão ganhando novos papéis de destaque no desenvolvimento econômico, passando de garantia de suprimento de matéria-prima para todos os usos da madeira, atuais e potenciais, a uma nova economia de baixo carbono; e as plantações florestais assumem papéis fundamentais nessa mudança (INDÚSTRIA BRASILEIRA DA ÁRVORE - IBÁ, 2016). No Brasil, em 2016, as áreas com

¹ Doutorando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) E-mail: marcelolanger@ufpr.br

² Orientador, Doutor em Engenharia Florestal, Professor do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR.

³ Orientadora, Doutora em Engenharia Florestal, Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

⁴ Termo designado para plantios florestais estabelecidos pelo homem e para fins comerciais, podendo ser formados por espécies nativas ou exóticas.

plantações florestais totalizavam 7,84 milhões de hectares, com incremento de 0,5 %, em relação às plantações florestais de 2015 (IBÁ, 2017).

As áreas plantadas com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* são responsáveis pelo abastecimento de 91% do volume de madeira para as indústrias dos diversos setores madeireiros brasileiros (IBÁ, 2016; 2017). Em 2014, essas áreas de plantações florestais representavam 1,4 % da área total do território brasileiro (ACR, 2016) e, segundo os estudos de tendências elaborados por STCP (2016), as plantações de eucalipto continuarão crescendo e, em contrapartida, as pinus tendem a ser subtraídas por outras espécies florestais e agrícolas.

De acordo com o IBÁ (2016; 2017), no Brasil, o gênero *Eucalyptus* possui o maior volume em área de plantações florestais, com 5,6 milhões de hectares, localizadas principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, sendo que nos últimos cinco anos, as plantações desse gênero florestal apresentaram crescimento contínuo de 2,8 % ao ano (a.a.), e o Mato Grosso do Sul se destacou com o plantio de 450 mil hectares.

Por sua vez, o gênero *Pinus* possui 1,6 milhões de hectares, com maior representatividade nos estados do Paraná e Santa Catarina, porém, no período de 2010 a 2015, a área plantada com esse gênero está diminuindo a uma taxa de 2,1% a.a., e cerca de 600 mil hectares dos antigos plantios de pinus, no Brasil, já estão ocupados com outros gêneros florestais (IBÁ, 2016; 2017).

As plantações florestais comerciais e as florestas nativas ainda não possuem suas diversas funções reconhecidas. As coberturas florestais nativas ou plantadas podem apresentar distintos propósitos, como produção de diferentes produtos madeireiros e não madeireiros, uso múltiplo da floresta e de seus produtos, uso direto e indireto, conservação dos recursos naturais e, ainda, por seus valores ecossistêmicos à qualidade da vida planetária.

Para Puettmann e Wilson (2005) a madeira é um recurso renovável e ambientalmente amigável ao planeta, quando comparada a outros materiais, porém deve ser produzida sob padrões de responsabilidade socioambiental e técnicas de bom manejo¹ amparadas por programas de certificação.

Mesmo com o aumento do reconhecimento dos valores ecossistêmicos das florestas e o desenvolvimento de diversos programas de avaliação dos impactos e certificação de processos produtivos, o crescimento econômico mundial e a urbanização continuam exercendo imensa pressão sobre as reservas florestais naturais e seus benefícios. Esses fatores de pressão causam perdas aos valores ambientais e à biodiversidade; danos à saúde e à qualidade de vida dos seres humanos e, ainda, reduzem as reservas de matérias-primas naturais (EUROPEAN COMMISSION, 2011; THE INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT – IBRD, 2012).

¹ O termo “bom manejo” foi adotado pelo *Forest Stewardship Council* (FSC) devido à complexidade dos fatores de definição para manejo sustentável florestal. Desse modo, um manejo florestal é definido como “bom manejo”, quando atende a um nível mínimo dos padrões internacionais do FSC.

Segundo o IBRD (2012), nos países em desenvolvimento com economias emergentes, como Brasil, Índia e China, o desafio é duplo, pois além deles terem de reduzir a pobreza, precisam melhorar o gerenciamento do capital natural, mitigando as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e poluentes locais. Ressalta-se que, atualmente, a energia é o centro dos esforços globais para mitigar os problemas relacionados ao crescimento populacional e à redução das mudanças climáticas.

Para que o quadro atual de degradação ambiental seja revertido, é necessária a adoção de outros modelos econômicos, com a identificação e quantificação dos impactos ambientais, qualificação dos danos e definição de ações produtivas de baixo impacto. Os atuais paradigmas internacionais sobre os processos produtivos, sistemas econômicos e de desenvolvimento são definidos como “modelo econômico verde inclusivo de baixo impacto socioambiental”, no qual o consumo de recursos e energia renováveis é fundamental (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PRAGRAMME; SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – UNEP/SETAC, 2015). Para Heck (2008), é necessário repensar os sistemas de gestão de fluxos de materiais para a produção mundial, inclusive para os produtos renováveis.

Apesar dos produtos florestais e madeireiros serem considerados renováveis, o seu consumo pode ser associado negativamente ao desenvolvimento humano, pois pode incentivar o desmatamento para obtenção de madeira para construção civil, geração de energia e outros usos (PUETTMANN; WILSON, 2005).

O uso da biomassa como combustível tem sido historicamente importante para o fornecimento global de energia e continua a ser a principal fonte contribuinte para o mix energético, em muitas economias emergentes e em desenvolvimento. Gaudreault *et al.* (2016) consideram que as florestas são uma fonte cada vez mais importante de matéria-prima para a bioenergia, uma vez que os esforços globais para mitigar as concentrações atmosféricas de CO₂ aumentam.

Recursos como a madeira, o carvão vegetal e os resíduos agrícolas têm sido utilizados por muitos países em desenvolvimento, devido a sua disponibilidade local e facilidade na conversão térmica. Todavia, a biomassa agroflorestal pode ser convertida em uma vantajosa fonte de combustível líquido e gasoso, bem como em energia elétrica de baixa emissão de GEE. A biomassa em forma de toras de madeira e os derivados da cana-de-açúcar constituem as principais fontes de energia renovável no Brasil (BAILIS *et al.*, 2013). A partir do ano 2000, o uso da biomassa como fonte de combustível para aquecimento e energia tem crescido no mundo em 55% e a produção de biocombustível líquido cresceu acima de 500% nesse mesmo período (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA, 2011).

Os recursos florestais para produtos de funções diversas, como produção de madeira para carvão vegetal e biomassa para geração de energia, podem ser adaptados a um modelo econômico de baixo impacto. Se produzidos sob um bom manejo florestal, adequados aos princípios do desenvolvimento sustentável e aos

padrões de certificações internacionais, os recursos florestais são fontes de energia renovável e podem contribuir para a conservação do meio ambiente e para a redução das emissões de GEE no consumo energético (FAO, 2016; SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2006; IEA, 2016; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2016). Segundo IBÁ (2017), um hectare de plantação florestal de eucalipto para uso na siderurgia, para produzir ferro-gusa e aço, pode evitar a emissão de quatro toneladas de CO₂, principal GEE. Essas emissões de GEE são oriundas de combustíveis fósseis utilizados como fontes de energia e biorredutores para a produção de ferro-gusa e aço.

O uso e o consumo de recursos florestais, com funções diversas na cadeia produtiva de diversos setores, podem apresentar grandes contribuições para reduzir as diferenças sociais, gerar energia e preservar os recursos naturais (UNEP/SETAC, 2007; 2009). Porém, são necessárias mudanças tecnológicas e gerenciais nos sistemas produtivos, com adoção de ferramentas de quantificação, controle e redução dos impactos operacionais, a fim de trilhar o caminho do desenvolvimento sustentável (UNEP/SETAC, 2015; IBÁ, 2017; UNEP/SETAC, 2011).

A certificação florestal e a gestão ambiental responsável, associadas aos princípios da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), são ferramentas de gestão empregadas no apoio às decisões gerenciais de organizações de diferentes setores produtivos. No setor florestal, essas ferramentas buscam desenvolver o bom manejo florestal com menor impacto social, ambiental e econômico e promover a maior responsabilidade socioambiental de suas atividades (STRAKA; LAYTON, 2010). A adoção dessas práticas de gestão e, ainda, a aplicação da ACV, podem auxiliar na elaboração de política públicas, nas decisões gerenciais e na escolha de processos produtivos sustentáveis em todos os segmentos da sociedade (UNEP/SETAC, 2009; 2011).

O objetivo deste capítulo é apresentar os diferentes conceitos das funções florestais para harmonizá-los aos princípios da ACV de produtos de base florestal, uma vez que a diversidade das coberturas florestais mundiais determinam diferentes funções para os recursos e valores das florestas. Ressalta-se que a definição incorreta das funções das florestas e de seus produtos podem gerar erros nos resultados provenientes de uma ACV. Saber identificar as funções florestais adequadamente faz parte da primeira fase da metodologia de construção da ACV. Essa fase tem como propósito definir o objetivo e o escopo do estudo da ACV. Tais definições podem assegurar a qualidade final dos resultados da ACV e contribuir para a definição de sistemas sustentáveis mundiais.

Este trabalho busca contribuir às estratégias do tema “metodologias de ACV dedicadas a setores estratégicos” definida no Fórum Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida realizado em 2015 (INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - IBICT, 2016).

1.1 Atuais demandas da população

Para atender às demandas da população sobre a qualidade dos produtos e apoiar a decisão dos gestores dos diferentes setores industriais, algumas técnicas, metodologias e métodos de avaliação dos processos produtivos e dos produtos gerados vêm sendo aplicados no mundo. Atualmente, setores produtivos de vários países estão buscando ferramentas capazes de avaliar as características de sustentabilidade dos produtos e processos produtivos e suas correlações com o meio ambiente e a sociedade (LOPES *et al.*, 2011). Essa busca não se restringe mais à avaliação de produtos ou processos produtivos industriais, mas se estende ao setor financeiro e ao de serviços, por exemplo, a Resolução nº 4.327/2014, do Banco Central do Brasil (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2014).

A técnica de ACV é uma dessas ferramentas e pode contribuir para que os consumidores saibam como os produtos são produzidos, utilizados, reciclados e descartados, possibilitando o crescimento do “mercado verde” ou de “produtos verdes” (STRAKA; LAYTON, 2010; UGAYA, 2013). Sua aplicação está crescendo em todas as atividades empresariais e governamentais, inclusive no setor florestal (ZANGHELINI *et al.*, 2014; WILLERS; RODRIGUES; SILVA, 2013; STRAKA; LAYTON, 2010; ZAMAGNI, 2010).

1.2 Comportamentos dos consumidores em relação ao consumo dos recursos naturais

A partir do início de 1990, principalmente a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Eco-92, realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992, uma parte da sociedade mundial tem mudado suas atitudes e comportamentos de consumo. Essa parte da sociedade mundial está buscando certezas de que suas escolhas de consumo tenham o menor impacto negativo possível sobre o meio ambiente e os recursos naturais, além de buscarem reduzir as desigualdades sociais e os desequilíbrios econômicos; como apregoado pelo paradigma do desenvolvimento sustentável, desde o final da década de 1980 (ROCHA; CHAVES NETO, 2014). Essa parte da sociedade mundial tem desenvolvido práticas mais conscientes de consumo de produtos florestais, considerando, além da sua composição, a origem da matéria-prima, seu sistema produtivo e seu descarte final (FAO, 2009). A aquisição de produtos com origem confirmada por certificações e rótulos ambientais, sociais, econômicos, dá segurança às decisões dos consumidores mais conscientes das necessidades do momento histórico atual.

Empresas que adotam modelos de gestão mais sustentáveis, ampliam suas atividades e aumentam suas participações nos mercados internacionais,

principalmente as empresas de base florestal, pois adequam seus padrões de gestão aos princípios e requisitos de sustentabilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF, 2013; ROCHA, 2014; IBÁ, 2016). Na forma da lei ou por ações voluntárias, o consumo dos recursos naturais e de fontes energéticas são pilares fundamentais para a gestão sustentável de qualquer empreendimento empresarial (IEA, 2013; IBRD, 2012).

O acirramento da industrialização e a globalização do mercado demandam a necessidade de obter outro tipo de performance e, ainda, índices de qualidade dos produtos adequados aos princípios e objetivos do desenvolvimento sustentável, às políticas públicas dos países e aos programas de reversão de perda dos valores ambientais (LOPES *et al.*, 2011; BRASIL/MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES, 2014; 2017; UNITED NATIONS/GENERAL ASSEMBLY, 2015a, 2015b). A integração dos índices de produtividade aos índices de sustentabilidade e aos conceitos de ciclo de vida de produto, define o atual padrão industrial e tem apresentado ganhos à indústria que os adota (SCHLÖR; HAKE, 2015; GRI/UN/WBCSC, 2015).

Por meio do atendimento às leis e às normas técnicas ou, inclusive, incorporando programas de certificações voluntárias, como a Série ISO 14.000, o FSC, o *Programme for the Endorsement of Forest Certification / Programa Brasileiro para Certificação Florestal (PEFC/CERFLOR)*, a *International Council of Forest and Paper Associations (ICFPA)*, a *Sustainable Forest Initiative*, o *American Tree Farm System (ATFS)*, as empresas florestais vêm assumindo outros padrões de qualidade ambiental e social para seus negócios (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS, 2017; SBS, 2006; IBÁ, 2016; STRAKA; LAYTON, 2010).

A fim de manterem-se em mercados globalizados, as empresas florestais devem garantir o atendimento aos princípios e aos objetivos do desenvolvimento sustentável e assegurar outra performance de seus indicadores de gestão, por exemplo, indicadores de rendimentos econômicos sustentáveis, desenvolvimento social da região onde se inserem e medidas de conservação dos valores ambientais locais (LOPES *et al.*, 2011; STRAKA; LAYTON, 2010; ROCHA, 2014; GRI/UN/WBCSC, 2015). Essas empresas devem adotar técnicas de bom manejo aprovadas pelos órgãos ambientais nacionais para suas florestas nativas e para os seus reflorestamentos comerciais, atendendo às leis vigentes e aos princípios e critérios dos programas de certificações voluntárias, de que seu país é signatário (FSC, 2014; SBS, 2006; IBÁ, 2016).

Os objetivos das certificações das séries ISO 14.000, 26.000, BS 7750, SA 8000, FSC, PEFC, dentre outros, visam assegurar que os processos produtivos gerem produtos com menor impacto ambiental, social e ou econômico possível. De uma forma mais ampla, a técnica de ACV surgiu para auxiliar na adequada identificação desses impactos (UNEP/SETAC, 2011) e dar suporte a essas certificações, pois ela tem como propósito mensurar as atividades produtivas e produtos, ao longo

de todo o seu ciclo de vida, desde a extração até o seu descarte final (STRAKA; LAYTON, 2010).

Segundo IBÁ (2017), no Brasil, a área florestal certificada pelo FSC e pelo PEFC/CERFLOR é de 5,4 milhões de hectares, ou seja, 70,5% de toda a área com plantações florestais comerciais no Brasil, sendo que desse total, 2,9 milhões de hectares são certificados pelo PEFC/CERFLOR. Segundo o próprio FSC (2017), no Brasil, há 7,107 milhões de hectares certificados pelo FSC, incluindo 48 mil hectares certificados para projetos florestais de pequeno tamanho, definidos como *Small and Low-Intensity Managed Forest Standard* (SLIMF/FSC). Já de acordo com CERFLOR (2015), no Brasil, em 2015, havia 2,4 milhões de hectares certificados sob a sua chancela, com 20 certificados para manejo florestal e 68 para cadeia de custódia. Esses números expressam a preocupação do setor florestal em atender aos padrões de desenvolvimento sustentável.

O SLIMF tem como objetivo envolver produtores, comunidades e empresas que manejam ou exploram áreas pequenas ou de baixa intensidade, aumentando a oferta de madeira certificada, oriunda de um processo produtivo com valor social e ambiental.

No mundo, em 2017, 198,8 milhões de hectares de florestas são certificados pelo FSC, distribuídos em 84 países (FSC, 2017), porém a ACV para sistemas florestais, no Brasil e no mundo, ainda é pouco difundida e aplicada (KLEIN *et al.*, 2015); além disso, apresenta diversas lacunas nas metodologias e nas bases de dados (ZANGHELINI *et al.*, 2014; WILLERS; RODRIGUES, 2013; ZAMAGNI, 2010; BARRANTES *et al.*, 2016; LANGER *et al.*, 2016; GAUDREAUULT *et al.*, 2016). Especificamente, este capítulo enfocará o setor florestal e, por isso, os conteúdos e a abordagem para ACV serão direcionados aos produtos da cadeia florestal madeireira e não madeireira.

2. Conceitos e definições florestais harmonizados aos princípios da acv

2.1. Metodologia do trabalho

De acordo com a ABNT (2009a; 2009b), a fase 1 da metodologia de construção da ACV deve definir o objetivo e o escopo do estudo, uma vez que a determinação adequada dos objetivos e do escopo de uma ACV para as diferentes atividades agrícolas e florestais e para seus produtos, exige conhecimentos claros e precisos, a fim de eliminar as incertezas.

Para cumprir com o objetivo deste trabalho, somente a fase 1 será tratada aqui.

No exemplo apresentado adiante, o processo produtivo florestal pode ser definido por sua cadeia produtiva, cadeia de fornecedores, cadeia de valor ou, ainda, por sua cadeia de custódia, conforme o produto fabricado e a função desse produto. O processo produtivo florestal abrange as cadeias florestal e a madeireira. A cadeia florestal abrange todos os benefícios da floresta, como produtos madeireiros, não madeireiros e serviços ecossistêmicos e, a cadeia madeireira, refere-se especificamente aos produtos lenhosos gerados. Tanto as cadeias florestais quanto as cadeias madeireiras apresentam diversas variáveis produtivas e fatores produtivos diferenciados. Em ACV, tais variáveis e fatores são definidos como "processos e fluxos elementares", contendo entradas e saídas para diferentes compartimentos ambientais.

Para facilitar o desenvolvimento deste trabalho e a sua compreensão, será apresentado um exemplo de processo produtivo e produto florestal.

2.2. Exemplo de ACV florestal

Como exemplo para este estudo foi definida a ACV para "produção de energia renovável", obtida a partir de biomassa florestal oriunda de uma plantação florestal comercial de pinus, no sul do Brasil, sendo a plantação certificada pelo FSC.

A plantação de pinus gera, como produtos, toras e materiais resultantes do processamento das toras. Os materiais resultantes são definidos como "mix de biomassa de pinus" e é formado por ponteiros, cascas, galhos, folhas e também toras descartadas por apresentarem defeitos de forma e de qualidade. Uma pequena parte desses materiais é mantida nas plantações florestais para proteção e ciclagem nutricional dos solos, e a grande parte é coletada para ser transformada em biomassa, na forma de cavaco, para geração de energia renovável.

A função definida para o exercício deste trabalho de ACV é "gerar energia renovável", tendo como unidade funcional a "geração de 1000 kcal de energia renovável".

Para gerar a unidade funcional foram considerados os fluxos de produto florestal tora de pinus e os fluxos dos coprodutos florestais mix de pinus (galhada, casca, copa, massa verde, discos e troncos de madeira desqualificados). O "fluxo de referência" é a quantidade necessária de biomassa florestal cavaco, a partir do produto tora de pinus e do coproduto mix de pinus, necessária para geração de 1000 kcal de energia. A seguir é apresentado, no quadro 1, o objetivo e o resumo do escopo da ACV florestal definida para este trabalho.

Tabla 1. Resumo do objetivo e escopo da ACV florestal definida para esse trabalho.

<p>Função da ACV: gerar energia renovável;</p> <p>Unidade funcional: gerar 1000 kcal de energia renovável;</p> <p>Fluxo de referência: 300 kg de biomassa cavaco a partir de toras de pinus ou 470 Kg de biomassa cavaco a partir de mix de pinus (para gerar 1000 kcal de energia renovável).</p>

Para o sistema de produto da biomassa florestal cavaco a ser utilizado neste trabalho, foi definido como "ponto inicial do sistema de produto" as pilhas de toras de pinus e as pilhas de mix de pinus no talhão florestal até a caldeira da indústria para geração de energia renovável, de acordo com a figura 1 abaixo:

**Figura 1.** Sistema de produto da ACV para geração de energia a partir das pilhas de produtos e coprodutos de uma plantação de pinus. Os autores, 2017.

Para o exemplo utilizado neste estudo foram considerados somente os fluxos de massa do sistema de produto, ou seja, somente os volumes de madeira do processo. Os processos elementares considerados para a fronteira do estudo foram os fluxos de entradas de massa (volumes de materiais) das pilhas formadas de toras e mix de pinus dispostas no talhão florestal; volume de produção de cavaco por um picador móvel com sua disposição direta na carroceria do caminhão; transporte do cavaco pelo caminhão até o pátio de estoque de biomassa florestal do tipo cavaco de pré-consumo para geração de energia em caldeiras; transporte via esteira para alimentação da caldeira de geração de energia; e, geração de energia, de acordo com a unidade funcional e o fluxo de referência, conforme apresentado na figura 2, a seguir:

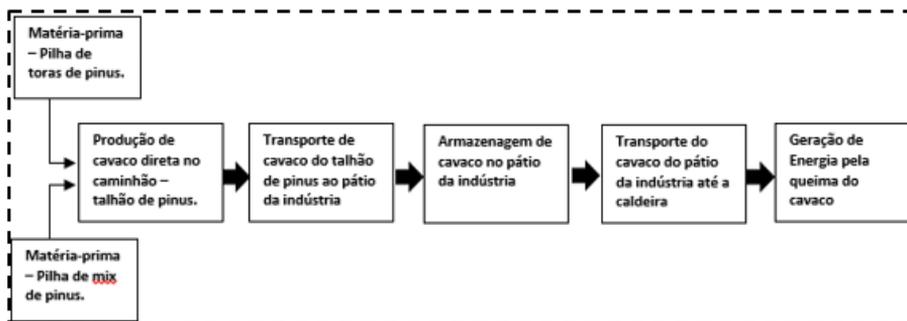


Figura 2. Fluxos de produtos e processos elementares da fronteira de pesquisa considerada para a ACV de geração de energia a partir das pilhas de produtos e coprodutos de uma plantação de pinus. Os autores, 2017.

Foram consideradas somente as atividades de produção de cavaco e de geração de energia. Não foram consideradas as funções de reciclagem de nutrientes pelos materiais residuais que permanecem no talhão de pinus; também não foram considerados os consumos de combustíveis, as emissões de GEE produzidas para a produção do produto, o transporte e a queima do cavaco, e nem as possibilidades de uso das cinzas da caldeira para fertilização de solos ou para a geração de compostos orgânicos.

A seleção dos processos elementares utilizados é chamada de “critério de corte”. Para a delimitação do sistema de produto, os critérios de corte podem ser físicos (massa e energia), econômicos (recursos investidos e receitas geradas) ou de significância ambiental (áreas de maior contribuição). Este estudo utilizou critérios de corte físicos: volume de matéria-prima primária (toras e mix de pinus) para geração de 1000kcal de energia renovável.

As atividades gerenciais são sempre conduzidas de forma a evitar a geração de resíduos operacionais e, quando ocorrem, o proprietário assegura-se de reutilizá-los, reciclá-los ou dar destinação social e ambientalmente corretas. No último ano, a plantação adquiriu a certificação SLIMF do FSC para atividade florestal em pequenas áreas (até 1000 ha).

2.3. Cadeia de custódia e ciclo de vida do produto

Programas internacionais de certificação florestal e ambiental apresentam sistema de produção e categorização de produtos denominado “cadeia de custódia”. A cadeia de custódia refere-se ao delineamento de processos e produtos que permite fazer o caminho reverso a sua produção, a fim de identificar a origem do produto

(FSC, 2014). De acordo com o FSC (2017) havia 32.802 certificados de cadeia de custódia FSC em 121 diferentes países.

Esse caminho reverso é comumente chamado “rastreabilidade” e permite um determinado produto ter todas as suas etapas, fatores e recursos produtivos consumidos identificados, qualificados e quantificados. Dessa forma, os consumidores nos diferentes pontos da cadeia produtiva e da cadeia de valor, podem obter informações, dados, critérios e certezas sobre o produto em uso ou a ser consumido (FSC, 2011; 2014).

Entretanto, a definição da cadeia de custódia e de rastreabilidade do processo produtivo de um produto não é tarefa fácil. Muitas vezes não há informações ou elas não estão corretas ou, ainda, não são confiáveis (STRAKA; LAYTON, 2010).

Tomando o exemplo de produção de biomassa cavaco florestal, a denominação “biomassa” pode ser empregada para produtos com características físicas e químicas diferenciadas, oriundos de distintos processos, diferentes balanços de massa, de energia e de recursos, sob fatores econômicos, ambientais e humanos distintos, ou seja, ciclos de vidas totalmente distintos. Portanto, as ACV possíveis de serem construídas terão escopos diferenciados.

A definição de “ciclo de vida de produto” envolve além da determinação das etapas de produção de um produto, a fronteira do sistema de produto, com todos os processos e fluxos elementares considerados, tanto para a matéria-prima, como para a energia empregada, emissões geradas e a quantificação e qualificação dos benefícios, impactos e danos, identificados desde a extração, o processamento, o uso e o descarte final.

As definições de cadeia de custódia e rastreabilidade são empregadas nos programas de certificação florestal e se assemelham às definições de ciclo de vida de produto e cadeia produtiva, porém diferem-se do conceito de cadeia de valor, pois esta é mais abrangente do que aquelas, em relação aos fatores de produção, seus impactos e aos benefícios. A definição de ciclo de vida é ainda mais ampla, pois considera, além dos fatores de produção, as fontes energéticas, as emissões resultantes, os impactos e os danos causados ao longo de todo o sistema de produto (KLEIN *et al.*, 2015).

2.4. Conceitos e definições de base florestal

2.4.1. Conceitos de resíduos, coprodutos e produtos florestais e madeireiros

Até meados da década de 2010, os materiais resultantes dos processos de manejo florestal e da transformação das toras não tinham valor e nem eram destinados a uma cadeia produtiva comercial, por isso, eram chamados de “resíduos florestais” e “resíduos da indústria madeira”, respectivamente.

A partir do início dos anos 2000, esses resíduos passaram a ter valor produtivo e a ser identificados como “subprodutos”. Brand *et al.* (2004) realizaram um estudo sobre o poder calorífico dos materiais oriundos das indústrias florestais e madeireiras, definindo-os como “resíduos florestais” e “resíduos madeireiros”. Atualmente, esses materiais são denominados “coprodutos”, uma vez que apresentam função produtiva de valor econômico, social e ambiental agregado.

Esses produtos continuam sendo produtos originados de um processo florestal ou industrial madeireiro, podendo ser oriundos de processo produtivo primário, secundário ou terciário, e suas denominações dependerão das funções definidas para eles. Ou seja, poderão continuar sendo resíduos, caso não sejam empregados em nenhum outro processo produtivo. Entretanto, se esses materiais forem empregados em um outro processo produtivo, eles passarão a ser definidos como “coprodutos florestais” ou “coprodutos madeireiros”.

Esta compreensão é necessária para a elaboração de uma ACV, para a adequação tecnológica e financeira de processos e produtos derivados e, ainda, para outros fatores, como escassez e restrições à obtenção de matérias-primas florestais; desenvolvimento e inovações tecnológicas; mercados alternativos; maiores compreensões sobre os benefícios das florestas; sanções ambientais, leis ambientais mais restritivas para a gestão dos recursos e espaços naturais; valor do meio ambiente e seus serviços ecossistêmicos; valor social; adequação a programas voluntários de certificação florestal e madeireira, adoção de princípios de economia de baixo carbono, inclusiva e circular.

Os produtos e coprodutos florestais e madeireiros podem sofrer alterações físicas, mecânicas e químicas significativas, por exemplo, podem ser transformados em celulose, papel, carvão, pellets, briquetes, biocombustível, alcatrão, ácidos pirolenhosos; compósitos de madeira fibrosos (MDF); laminados (chapas e painéis de fibras ou particulados – OSB); painéis sólidos e outros.

Essa diversidade de produtos florestais e industriais madeireiros apresentam valores agregados e, sob os princípios da ACV, demandam balanços de massas, de energia e de recursos específicos para cada entrada e saída de um sistema de produto e, portanto, devem ser considerados no escopo da ACV.

As definições de coprodutos e resíduos podem ser estabelecidas por sua função. Diferentes formações florestais, nativas ou plantadas, possuem diferentes funções, usos e valores. As florestas e seus componentes estruturais arbóreos e arbustivos podem apresentar usos simples, múltiplos diretos e indiretos (serviços ecossistêmicos). Por isso, no processo de construção de uma ACV é obrigatório caracterizar corretamente a função da floresta ou da plantação florestal, da indústria madeireira e de seus produtos, pois dessa adequada caracterização da função da floresta, da indústria madeireira e dos produtos, será definida a função da ACV e seus demais elementos.

Em uma ACV, esses diferentes produtos e coprodutos florestais e industriais madeireiros, e seus distintos arranjos produtivos, compõem o sistema de produto, com específicas fronteiras do sistema, funções, unidades funcionais, fluxos de referência, processos elementares, critérios de corte e alocação de recursos. Essas especificidades devem ser respeitadas e consideradas na identificação e definição do objetivo e do escopo de uma ACV.

Segundo ABNT (2009a; 2009b) um produto pode ser um bem ou serviço, portanto, uma floresta pode ser em si um produto, e qualquer um dos seus materiais pode ser considerado como coproduto. Então, uma floresta nativa classificada como unidade de conservação com serviços ecossistêmicos e valor ambiental pode ser um produto ou coproduto de uma ACV; bem como, a produção de biomassa florestal (lenha, cascas, galhadas, folhas, raízes e outras partes das árvores) para geração de energia também pode deixar de ser resíduos e ser definida como um produto em si.

Para facilitar a compreensão da cadeia de custódia, e a construção das ACV dos diversos produtos e coprodutos de base florestal e industrial madeireira, a seguir estão apresentadas categorizações das diferentes cadeias e produtos, e também dos conceitos e definições necessários para uma ACV.

2.4.2. Conceitos florestais aplicáveis a ACV

Os conceitos e definições aqui, aplicáveis à ACV, serão adequados aos termos florestais, de acordo com a ABNT (2004; 2009a; 2009b), que apresenta os conceitos e definições necessários para a construção de qualquer ACV. Assim, estão apresentados alguns conceitos e definições florestais que podem servir de base para a definição de produto, função e construção de ACV florestais.

Resíduo florestal: de acordo com leis e políticas nacionais, com princípios da ACV e os atuais princípios da economia circular verde e inclusiva, todos os materiais utilizados na cadeia produtiva florestal sem destinação ao reuso, reciclagem ou reaproveitamento energéticos são definidos como “resíduos”, por exemplo, luvas operacionais utilizadas, embalagens alimentares, estopas, papéis

utilizados, óleos retirados das máquinas, partes de insumos ou matérias-primas utilizadas e águas de lavagens, que são abandonados em campo (com ou sem potencial poluente) ou enviados a um destino final especial e legalizado. Porém, se, de algum modo, esses materiais passarem a integrar outra ou outra cadeia produtiva, eles, serão enquadrados no conceito de “coprodutos”. O mesmo raciocínio aplica-se para os resíduos florestais lenhosos gerados nos processos produtivos dos produtos madeireiros na floresta que, então, passarão a ser definidos como “coprodutos” da madeira.

Resíduo industrial madeireiro: materiais consumidos ou gerados ao longo do processo produtivo do produto que não tenham aproveitamento ou nenhuma outra função definida, não fazendo parte de nenhum outro processo elementar, outra cadeia produtiva ou cadeia de valor, e tenham como destinação final os aterros ou lixões, serão considerados “resíduos”, pois não tiveram nenhum reuso, reaproveitamento, reciclagem e nem recuperação energética, e seus volumes serão contabilizados como saídas do processo. Atualmente, aproximadamente 100% dos resíduos florestais e madeireiros podem ter novas funções em outros fluxos de referências e outras cadeias produtivas.

Fonte energética: Energia potencial química, devido às agregações moleculares; biomassa, álcool, óleos vegetais, lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas e florestais; resíduo urbano e a inclusão da biomassa como fonte de energia potencial química, se deve ao fato dela ser transformada em energia útil, porém, poderia ser considerada como energia solar pelo modo como é produzida (ACIOLI, 1994).

Produto florestal: de acordo com os princípios da ACV, produto é todo e qualquer bem ou serviço de uma atividade. Com base no exemplo dado, produto florestal pode ser cadeia produtiva florestal, cadeia de suprimento ou cadeia de valor de base florestal¹ para a geração de energia e seus benefícios, como por exemplo, as emissões de GEE evitadas pelo uso de fonte energética renovável. Como produto florestal podem ser considerados os diversos produtos, coprodutos e resíduos florestais – madeireiros e não madeireiros gerados.

Produto florestal madeireiro primário: todos os produtos oriundos da madeira de pinus com crescimento do meristema secundário, apresentando componentes lenhosos (lignocelulósicos) em suas estruturas e que não recebem nenhum tipo de processamento, por exemplo, troncos vivos e mortos, com e sem casca, galhos vivos e mortos, nós de galhos e raízes. Esses produtos podem ser tratados, processados e transformados na própria área florestal².

Produto florestal madeireiro secundário: todos os produtos florestais madeireiros primários que, ainda na área florestal de pinus, recebem um segundo processamento, por exemplo, descascamento das toras de pinus, esquadrejados,

¹ Os termos “produtos de base florestal” e “produtos de base industrial madeireira” serão determinados como produtos florestais. Entretanto, quando houver necessidade, os mesmos serão empregados distintamente.

² A definição do local onde o produto é processado é obrigatória, pois determinará os seus processos e fluxos elementares.

transformação em tábuas, secagem, vigas, pranchões, cavacos, carvão, contudo, precisam receber um primeiro processamento na floresta.

Produto florestal não madeireiro – conceito restrito: todos os produtos não lenhosos oriundos diretamente das árvores de pinus, por exemplo, cascas (sem característica lenhosa), acículas, pinhas e pinhões, sementes, resinas, gomas, essências, extrativos aromáticos, medicinais e alimentares.

Produto florestal não madeireiro - conceito amplo: além dos relacionados como produtos florestais não madeireiros sob o conceito restrito, inclui-se nesta categoria os serviços ambientais e serviços ecossistêmicos¹ da floresta, como água, solo, ar, biodiversidade, paisagem, estoque de carbono, controle de temperaturas, umidades relativas do ar, bem-estar e turismo.

Produto industrial madeireiro primário: produtos provenientes de toras de pinus que recebem algum tipo de processamento em uma unidade industrial diferente da área florestal, e tem sua forma física e característica natural alteradas em algum nível, por exemplo, peças individuais classificadas como lâminas, tábuas (pranchões, sarrafos, caibros, pranchas, ripas, ripões, vigas, pontaltes)², podendo ser secos ou úmidos, rústicos ou lixados, esquadrejados, chanfrados, limpos, livres de nós e defeitos, porém, não são reagregados, isto é, não recebem colagem, uniões, fixações a outras peças. Nesta categoria também podem ser enquadrados os cavacos oriundos da moagem de toras, galhos, raízes, copas de árvores; produtos desagregados em picadores, pó de serra, maravalhas, costaneiras e aparas, desde que tenham sido gerados ou produzidos em uma unidade industrial.

Produto madeireiro secundário: após os processamentos primários, os produtos podem receber novos tratamentos, sendo desagregados na forma de fibras e reagregados como celulose e papel, por colagem direta (*finger joint*, painéis sólidos etc.) ou colagem indireta (painéis laminados, OSB). Podem ainda ser transformados em outros produtos como cavaco a partir de sobras ou rejeitos de processos (costaneiras, aparas etc.). Esses últimos podem ser empregados para a produção de energia direta ou novamente processados para formar compósitos como pellets, briquetes, papel e painel de MDF. Cada um desses produtos apresenta sistemas de produto específico, com fluxos e processos elementares diferenciados, e podem ser definidos como madeireiros terciários.

Produto madeireiro terciário: oriundos do processamento secundário por meio do retorno, reciclagem ou reprocessamento dos resíduos a partir da reagregação de partículas, fibras, compósitos de madeira e dos acabamentos dados a um produto, tipo pintura, textura, envernizamento e outros.

Coproducto florestal: para a ACV, coproduto é qualquer um entre dois ou mais produtos procedentes do mesmo processo elementar ou sistema de produto

¹ Serviços ambientais são atividades antrópicas que visam aumentar os benefícios gerados ao meio ambiente (CHOMITZ *et al.*, 1999), e serviços ecossistêmicos são processos ecossistêmicos capazes de sustentar a vida (DAILY, 1997).

² Estas denominações derivam de acordo com a cultura regional e o conhecimento popular e, por isso, a sua aplicação pode variar de uma região para outra.

(ABNT, 2009a; 2009b). De acordo com essa definição, coproduto florestal pode, por exemplo, ser um ou todos os produtos produzidos entre a tora e a geração de energia renovável. Ou seja, cascas, acículas, galhos, cavacos, materiais oriundos da colheita e empilhamento das toras de pinus, mix de biomassa de pinus, que não foram utilizados para a geração de energia renovável, e que podem ser considerados como material para estoque de carbono no solo e ou nos materiais não colhidos.

Coproduto industrial madeireiro: no setor florestal, a definição de coproduto é a mesma descrita no item coproduto florestal. Contudo, como coproduto industrial madeireiro, pode-se incluir todos os produtos gerados nos diferentes processamentos primários, secundários e terciários das toras e matérias-primas florestais, incluindo a geração de energia renovável, as cinzas das caldeiras, o vapor da caldeira utilizado em processos de secagem de produtos, ou pó de serra, serragem, maravalha, aparas, cavacos etc. Na elaboração da ACV, todos esses coprodutos podem ser definidos como emissões sólidas ou gasosas, se não forem reaproveitados, sendo definidos como “resíduos de saídas”. Contudo, se forem utilizados para produzir outros produtos industriais madeireiros, como pellet, briquete, celulose, MDF e OSB, serão considerados coprodutos ou matérias-primas de “entradas de processos”.

Cadeia de produto florestal¹: é definida por todas as atividades que geram produtos e coprodutos na floresta, podem ser madeireiros e não madeireiros. Os produtos da cadeia florestal podem ser primários, secundários ou terciários, desde que não tenham sido retirados da floresta para receber processamentos mecânicos, físicos ou químicos em unidades industriais.

Cadeia produtiva florestal: para definir a cadeia produtiva florestal é preciso diferenciar as “florestas nativas” das “plantações florestais comerciais”. A cadeia produtiva de florestas nativas inclui, por exemplo, todas as atividades de legalização da floresta, identificação de espécies, quantificação, elaboração e aprovação do plano de manejo florestal, manejo de cipós e colheita de árvores selecionadas. Para a cadeia produtiva de plantações florestais comerciais é possível citar, por exemplo, todas as atividades relacionadas à aquisição da terra, insumos, matérias-primas para o preparo da área de implantação florestal, produção de mudas florestais, plantio, manutenção, colheita e transporte dos produtos gerados até o seu local de consumo. Para ambas as cadeias, os conceitos de produtos madeireiros e não madeireiros são aplicáveis, ou seja, as funções respectivas podem ser produção de toras de madeira, ou produção de gomas e resinas, e turismo. Esse conceito restringe-se à relação direta dos fatores sociais, ambientais, tecnológicos e econômicos dos processos produtivos de produtos que apresentam remuneração.

Cadeia produtiva industrial madeireira: envolve as atividades específicas de aquisição de matérias-primas, insumos, energia, mão de obra; transporte e

¹ A partir deste ponto do trabalho o termo “produto” refere-se a produtos, coprodutos, materiais (resíduos), madeireiros e não madeireiros, bem, serviços e, portanto, somente o termo produto será empregado.

movimentação de máquinas interna e externa correlacionadas, gestão, secagem, armazenamento; transformação, processamento, tratamento e beneficiamentos da madeira, cogeração de energia em unidades industriais, considerando todas as suas fases produtivas e todos os produtos gerados. Considera e restringe-se à relação direta de materiais, atores, tecnologias e recursos envolvidos nos processos produtivos dos produtos que apresentam remuneração.

Cadeia de suprimento: este conceito envolve os diversos “atores de fornecimento” de materiais, matérias-primas, insumos, energia, combustível, transporte e mão de obra; “transformadores” e “fabricantes” de produtos; “transportadores” e “distribuidores” dos produtos; e, consumidores. De modo geral, a cadeia de suprimento segue um fluxo de produção e emprego de serviços, desde a aquisição de materiais para a extração da matéria-prima, produção, processamento, consumo, até a destinação final, gerando custos e possíveis receitas. Portanto, a definição de ator da cadeia de suprimento varia a cada produto e processo elementar. (Figura 3)



Figura 3. Fluxos de cadeia de atores para suprimento a serviços florestais. Os autores, 2017.

Cadeia de valor florestal: envolve todos os produtos florestais. São todas as fases que um produto, bem ou serviço, recebe ao longo de seu processo produtivo, considerando os seus agentes e fatores produtivos, os atores sociais envolvidos e afetados, diretos e indiretos, por sua cadeia produtiva, agregando benefícios e gerando receitas diretas e indiretas, ganho e aumento na qualidade de vida tanto dos profissionais envolvidos, quanto da sociedade que é afetada pelas atividades do produto. Apresenta um conceito mais amplo do que o conceito de cadeia produtiva, pois inclui no processo os impactos negativos e positivos diretos e indiretos, tanto para os fatores econômicos, como sociais e ambientais. Considera todos os resultados gerados pelas políticas de gestão, produção e governança da unidade empresarial, suas relações com os governos locais, sociedade, meio ambiente e desenvolvimento econômico local e regional.

Cadeia de valor industrial madeireira: conceito amplo da cadeia produtiva industrial madeireira, pois considera todos os fatores sociais, ambientais, tecnológicos, culturais e financeiros diretamente envolvidos no processo produtivo e também os afetados por suas atividades produtivas. Por exemplo, uma comunidade no caminho de transporte da madeira até a indústria é afetada por essa atividade; a sociedade que recebe benefícios por meio de impostos e geração de serviços indiretos, dando sustentabilidade às operações da empresa e

à qualidade de vida dos seus atores diretos e indiretos, por exemplo, a padaria, o supermercado, a farmácia, muitas vezes não pertencem a cadeia de suprimento de um produto, porém a sua existência e permanência na cidade é afetada pelas atividades industriais madeireiras e às vezes, só são garantidas devido à aquisição de seus produtos pelos trabalhadores diretos e indiretos da indústria madeireira.

Ciclo de vida: de acordo com a ACV o ciclo de vida de um produto contempla as fases de extração da matéria-prima, processamento e industrialização, uso e descarte final, apresentando estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, considerando as entradas de materiais, energia, mão de obra e recursos investidos, e as saídas de produtos, emissões e receitas.

Ciclo de vida florestal: em “florestas nativas”, representa as fases de sucessão ecológica de uma floresta em uma determinada área, com estágios contínuos de desenvolvimento e maturação, desde o surgimento de seus primeiros indivíduos até o estabelecimento do seu clímax. Em “plantações florestais comerciais”, representa todas as fases operacionais necessárias para o estabelecimento do número inicial de plantas, ou seja, desde a produção da muda, preparo do terreno, suas diversas atividades silviculturais, de manutenção do povoamento, de desbaste e colheita florestal, até o corte final desse povoamento. Um ciclo florestal pode ter tempo de vida indeterminado.

Ciclo de vida de produto florestal: foi visto anteriormente que é possível ter produtos florestais madeireiros e não madeireiros. Esses últimos podem ser restritos ou amplos, de acordo com a definição e a função da floresta. O ciclo de vida de um produto florestal madeireiro pode considerar como ponto inicial a árvore; as toras colhidas; as tábuas obtidas das toras e móveis confeccionados a partir das tábuas. Uma vez confeccionado um produto móvel, para fins de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) do produto, é preciso definir o tempo de vida do produto, por exemplo, 20 anos, tempo de duração média de um móvel, ou pode ser estendido até o seu descarte final, período pós uso. Se for considerado o período de pós uso, então, deve-se considerar as possibilidades de reuso, reciclagem, transformação em matéria-prima para geração de energia ou mesmo a sua disposição final em um aterro sanitário ou no meio ambiente. Conforme o delineamento estabelecido para o sistema de produto, haverá diferentes funções, unidades funcionais, fluxos de referência e processos elementares a serem considerados na ACV, por exemplo:

Exemplo 1

Função da ACV: produzir toras de pinus;

Unidade Funcional: produzir 1m³ de toras de pinus;

Fluxo de referência: 1,5 toneladas de madeira em pé para produzir 1m³ de toras de pinus.

Exemplo 2

Função da ACV: secar tábuas de madeira sólida;

Unidade funcional: 1 m³ de tábuas de madeira sólida seca;

Fluxo de referência: 300 kg de biomassa (cavaco) necessários para secar 1 m³ de tábuas de madeira sólida.

Exemplo 3

Função da ACV: produzir mesa de quatro lugares;

Unidade funcional: 1 mesa de 4 lugares com tábuas de madeira sólida seca;

Fluxo de referência: 1,5 m³ de tábuas de madeira sólida seca para produção de 1 mesa de 4 lugares de madeira sólida.

Fluxo de produto: é a entrada ou saída de produtos provenientes de ou com destino a um outro sistema de produto. Na cadeia produtiva florestal e industrial madeireira é fácil perceber os diferentes serviços e bens envolvidos em cada uma das atividades de um produto, ou de todos os diferentes produtos gerados como função do sistema de produto, que podem ser reciclados, reutilizados, ou ainda ter sua energia recuperada. Na função do exemplo de estudo da ACV deste capítulo, “gerar energia renovável” todos os processos de transformação da tora ou mix de biomassa até a energia renovável, são fluxos de produto, uma vez que geram diferentes produtos.

Fluxo elementar florestal: é o material ou energia retirado do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por interferência humana; ou material ou energia que é liberado no meio ambiente pelo sistema em estudo sem sofrer transformação subsequente por interferência humana. Adequando a definição para este estudo, o fluxo elementar florestal é o processamento da tora de pinus, seu empilhamento e carregamento até o picador, não houve transformação do produto. O processo de moagem da tora de pinus ou mix de pinus passa a compor outro fluxo elementar florestal, pois sofre transformação, porém inclui o transporte até o pátio de pré-armazenamento, e o seu descarregamento. Uma vez armazenado no pátio, o cavaco pode sofrer contaminação por produtos diversos, sofrer reações químicas de decomposição, misturar-se a outros cavacos enquanto estiver em armazenamento ou sendo transportado via esteiras até a entrada da caldeira, o que caracteriza diferentes fluxos elementares e a modificação do produto. A entrada na caldeira para geração de energia renovável, significa a transformação do cavaco em calor, ou seja, novo fluxo elementar. Neste exemplo é possível observar quatro fluxos elementares com entradas e saídas de massa, de energia e de recursos distintos para cada um deles.

Fluxo elementar industrial madeireiro: utilizando a definição de fluxo elementar descrita no item anterior, pode-se definir como fluxo elementar

industrial madeireiro cada um dos processos de transformação da tora, primários ou não, desde o descascamento, esquadrejamento, produção de pranchas, ripas, sarrafos, da produção dos coprodutos cavacos, produção de painéis e cogeração de energia. Neste caso os fluxos elementares dependerão do desenho de cada um dos sistemas de produto que a unidade industrial definir, podendo variar em grandes quantidades.

Fluxo de energia: nas cadeias florestais e industriais madeireiras os fluxos de energia podem ser diversos, para cada uma de suas atividades e produtos gerados, por exemplo, combustíveis consumidos para colheita e transporte de toras, processamento de cavaco, transporte de trabalhadores, energia elétrica para operação de máquinas industriais e atividades de escritório. Numa ACV, o fluxo de energia é toda a entrada e saída de um processo elementar ou sistema de produto quantificada em unidades de energia, podendo ser chamado de “entrada de energia” e de “saída de energia”.

Alocação: repartição de fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e outro sistema de produto. De acordo com o exemplo definido na seção 2.2, anterior, é feita a seguinte alocação, com base na divisão de massa: a plantação de pinus é manejada em regime de manejo de sete anos, com produção de $350\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ (metros cúbicos por hectare), sendo $230\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de toras e $120\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de mix de biomassa de pinus.

Critério de corte: especificação, dos limites que definem a exclusão de dados de um estudo. Os critérios de corte são definidos em termos de fluxos de material ou fluxo de energia ou, ainda, do nível de significância ambiental associado a processos elementares ou a sistemas de produto. No exemplo apresentado na seção 2.2 foi definido como critério de corte para este trabalho, somente o uso do fluxo de massa.

2.4.3. Alocação de fluxos e liberações

Poucos processos industriais fornecem apenas um produto. De fato, a maioria dos processos industriais fornece mais de um produto, e esses processos reciclam as matérias-primas, definidos como produtos intermediários ou descartados. Devido à essa condição deve-se proceder a alocação das entradas aos múltiplos produtos e sistemas de reciclagem (ABNT, 2009a).

A soma das entradas e saídas de um processo elementar que é alocada deve ser igual a soma das entradas e saídas antes da alocação. Sempre que a alocação ocorrer deve ser realizada a análise de sensibilidade para explicar as consequências da substituição da abordagem selecionada (ABNT, 2009b).

Os procedimentos da alocação contemplam alguns passos. O primeiro é tentar não realizar a alocação. No segundo, uma vez que a alocação não pode ser evitada,

as entradas e saídas devem ser divididas entre seus produtos e funções, buscando refletir as relações físicas subjacentes entre eles. No terceiro passo, quando uma relação física não puder ser estabelecida ou usada como base para a alocação, então as entradas devem ser alocadas entre os produtos e as funções, de modo a refletir as relações entre eles, por exemplo, dados de entrada e saída podem ser alocados entre produtos proporcionalmente ao seu valor econômico (ABNT, 2009a).

Em processos que apresentam saídas na forma de coprodutos e resíduos é necessário calcular a razão entre eles, normalização, uma vez que, as entradas e saídas devem ser alocadas apenas à parcela de coprodutos. Uma vez que o inventário é baseado em balanço de material entre entrada e saída, os procedimentos de alocação devem se aproximar ao máximo das relações fundamentais entre entradas e saídas e suas características. Os procedimentos de alocação também se aplicam às situações de reuso e reciclagem (ABNT, 2009b).

3. Considerações finais

Analisando os relatórios do FSC, IBÁ e CERFLOR/PEFC observa-se diferenças em seus números apresentados por essas diferentes Organizações, o que reforça as observações de Klein *et al.* (2015), Zanghelini *et al.* (2014), Willers e Rodrigues (2012) sobre a insuficiência e deficiência dos dados existentes, tanto para o setor florestal, como para outros setores. Essas diferenças confirmam a necessidade de desenvolver e aprofundar estudos de ACV em processos produtivos florestais, considerando a regionalização dos dados, as tecnologias produtivas e as funções dos diversos produtos florestais existentes.

Os conceitos e definições florestais empregados no setor florestal brasileiro e mundial, possuem abordagens e especificações distintas para os diversos programas e ferramentas gerenciais, com algumas convergências e divergências de significados. Assim, definir adequadamente a função de uma floresta e de seus produtos pode melhorar a geração e qualidade dos dados regionais e nacionais do setor florestal; pode evitar a dupla contagem de dados nos diferentes e complementares fluxos e processos elementares de um sistema de produto; e, ainda, pode contribuir para a confiança dos dados do setor florestal e os resultados obtidos nos estudos de ACV.

A geração de dados e de base de dados florestais adequados à ACV ainda é um grande desafio para os profissionais de ACV no Brasil e no mundo. Porém, os estudos em ACV florestal são fundamentais para avançar nos processos de gestão ambiental e sustentável das cadeias de produtos florestais.

A identificação adequada da função da floresta e de seus produtos, bens e serviços, permitirá qualificar e quantificar seus impactos social, ambiental e

econômico, e subsidiará a elaboração de políticas públicas, as decisões empresariais e as escolhas dos consumidores dos produtos florestais, madeireiros e não madeireiros, seja no seu uso direto ou indireto como a seleção da fonte de matéria-prima para a geração de energia renovável, considerada nesse trabalho.

É importante a continuidade das pesquisas de ACV no setor florestal, com desenvolvimento de metodologias, métodos específicos de avaliação do impactos dos processos produtivos para as realidades brasileiras, a fim de obter banco de dados mais robustos e abrangentes para as diversas formações, composições e produtos florestais brasileiros.

Referências

- ACIOLI, J. L. Fontes de energia. Brasília. 1994. 138p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – ABNT/NBR ISO 14041:2004 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Definição de objetivo e escopo e análise de inventário. 25 pag. 2004
- ____. ISO 14040:2009. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. 21 pag. 2009 (a).
- ____. ISO 14044:2009. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. 21p. 2009 (b).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013. 148 p.: il. color; 21 cm. 2013.
- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR. Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2016 (Ano Base 2015). Lages. 2016.
- BAILIS, R.; RUJANAVECH, C.; DWIVEDI, P.; VILELA, A. O.; CHANG, H.; MIRANDA, R. C. Innovation in charcoal production: a comparative life-cycle assessment of two kiln technologies in Brazil. *Energy for sustainable development*. v.17. n.2 p .189-200. 2013.
- BRASIL. CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução nº 4.327, de 25 de abril de 2014. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2014/pdf/res_4327_v1_O.pdf>. Acesso em: 09/10/2017.
- ____. MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. Negociações da agenda de desenvolvimento pós-2015: elementos orientadores da posição brasileira. Brasília-DF, 2014. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/ODS-pos-bras.pdf>. Acesso em: 07/07/2017.
- ____. Política externa: objetivos do desenvolvimento sustentável. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/134-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>>. Acesso em: 07/07/2017.
- BARRANTES, L. S.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; UGAYA, C. M. L. Avaliação do ciclo de vida da madeira de eucalipto para produção de energia no Brasil. V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida – I CBGCV. Fortaleza. CE. Set. 2016.

- BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B.; AMORIN, M.; COSTA, J. V.; BITTENCOURT, E. Análise da qualidade energética de resíduos madeiráveis ao longo de seis meses de armazenamento. Congresso Brasileiro de Bioenergia, 2004. Campo Grande, MS. 2004.
- Programa Brasileiro para Certificação Florestal / Programme for the Endorsement of Forest Certification – CERLOR/PEFC. Programa Brasileiro de Certificação Florestal e a atuação do Programa para o Reconhecimento dos Esquemas de Certificação Florestal no Brasil. Câmara Setorial de Florestas Plantadas. 2015. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/ca maras-setoriais/florestas-plantadas/anos-anteriores/cerflor.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/ca%20maras-setoriais/florestas-plantadas/anos-anteriores/cerflor.pdf). Acesso em 10/05/2017.
- CHOMITZ, K.M.; BRENES, E.; CONSTANTINO, L. Financing environmental services: the Costa Rica experience and its implications. *The Science of the Total Environment*, Amsterdam, v.20. p. 157-169. Oct. 1999.
- CONSELHO DE MANEJO FLORESTAL/ FOREST STEWARDSHIP COUNCIL – FSC. Padrão FSC. Avaliação de plantações florestais na República Federativa do Brasil: padrão harmonizado entre as Certificadoras FSC-STD-BRA-01-2014 V1-1 PT. Versão 1-1. 2014.
- DAILY, G. C.; ALEXANDER, S.; EHRLICH, P. R.; GOULDIER, L.; LUBCHENCO, J.; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A.; POSTEL, S.; SCHNEIDER, S. H.; TILMAN, D.; WOODWELL, G. M. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystem. *Issues in Ecology*. Washington. v.1. n.2. p. 1-18, 1997.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE (Brasil). Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE. 2016.
- EUROPEAN COMMISSION. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. First edition November 2011. EUR 24571 EN. Luxemburg. Publications Office of the European Union; 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. How to Feed the World in 2050. 2009. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf. Acesso em 10/08/2017.
- _____. State of the world's Forests 2016. Forest and Agriculture: land-use challenges and opportunities. Rome. FAO. 2016.
- FOREST STEWARDSHIP COUNCIL – FSC. FSC-STD-40-004 V2-1 POR. Norma para certificação de cadeia de custódia FSC. 2011.
- _____. FSC-DIR-40-004 POR. Diretiva para a certificação de cadeia de custódia FSC. 2014.
- _____. FSC. Facts & Figures. Forest for all forever. August 4, 2017.
- GAUDREAU, C.; WIGLEY, T. B.; MARGNI, M.; VERSCHUYL, J.; VICE, K.; TITUS, B. Addressing biodiversity impacts of land use in life cycle assessment of forest biomass harvesting. *WIREs Energy and Environment*. v.5. n.6. p. 670 -683. 2016.
- GLOBAL REPORTING INITIATIVE; UNIDES NATIONS/GLOBAL COMPACT; WORLD BUSINESS CONCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - GRI/UN/WBCSD. Guia dos ODS para as empresas: diretrizes para implementação dos ODS na estratégia dos negócios. 17 p. 2015. Disponível em: <http://cebds.org/wp-content/uploads/2015/11/Guia-dos-ODS.pdf>. Acesso em: 07/07/2017.

- HECK, P. Material flow management: examples from Germany. Institute for Applied Material Flow Management. Taipei. 2008. 127p.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Relatório Ibá. São Paulo. Brasil. 2016.
- _____. Relatório Ibá. São Paulo. Brasil. 2017.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Statistic & balances. Paris: OECD/IEA. 2011.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World energy outlook, 2013 – Executive Summary. França. IEA. 2013.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Key world energy trends excerpt from: world energy balances. 2016.
- KLEIN, D.; WOLF, C.; SCHULZ, C.; WEBWE-BLASCHKE, G. 20 years of life cycle assessment (LCA) in the forestry sector: state of the art and a methodical proposal for the LCA of forest production. Wood and Other Renewable Resources. In.: International Journal Life Cycle Assessment. v.20. p. 556–575. 2015.
- LANGER, M.; JUNIOR, A. C.; AMARAL, K. G. C.; ALMEIDA, S. T.; OLIVEIRA, J. M.; CARRARO, N. L.; RAMIREZ, P. K. S.; UGAYA, C. M. L. Conjuntos de dados da produção de palma para a realidade brasileira. V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida - VCBGCV. Fortaleza. CE. Set. 2016.
- LOPES, R. J. F.; OLIVEIRA, I. L.; KOVALESKI, J. L.; SILVA, A. S. Análise do ciclo de vida de produtos como técnica de apoio a gestão ambiental e industrial. 2011. Disponível em: <<http://pg.utfpr.edu.br/expout/2011/artigos/7.pdf>>. Acesso em 20/08/2017.
- PUETTMANN, M. E.; WILSON, J. B. Life-cycle analysis of wood products: cradle-to-gate lci of residential wood building materials. Wood and fiber science. v.37. Corrim Special Issue. p. 18–29. 2005.
- ROCHA, S. H.; CHAVES NETO, A. Environmental indicators in Brazilian forestry companies. International Journal of Applied Science in Technology, v. 4. n. 5, p. 55-65. USA. October 2014. Disponível em: <http://www.ijastnet.com/journals/Vol_4_No_5_October_2014/6.pdf>. Acesso em: 07/07/2017.
- ROCHA, S. H. Análise comparativa dos valores de ações de empresas com e sem responsabilidade social configurada: um enfoque em empresas florestais brasileiras. 277 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/39934>>. Acesso em: 07/07/2017.
- SCHLÖR, H; HAKE, J. F. R. Sustainability assessment cycle. The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE2015. Energy Procedia. 75p. 2641-2648. 2015.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. CERTIFICAÇÃO FLORESTAL. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao/florestal/certificacao/florestal?print1&tmpl=component>. Acesso em 04/06/2017.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Fatos e números do Brasil florestal. 2006. 105p.
- SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC. Guidelines for life-cycle assessment: a code of “practice”. Sesimbra: Ed. Consoli, F et al. Pub. Setac. 1993. Workshop 31/3 – 3/4/1993.
- STCP. Mercado Florestal. Tendências para os próximos anos para as florestas plantadas. 2016.

- STRAKA, T. J.; LAYTON, P. A. Natural resources management: life cycle assessment and forest certification and sustainability issues. *Sustainability* v.2. p. 604 - 623. 2010.
- THE INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT/THE WORLD BANK GROUP - IBRD. Planning for a low carbon future. Low Carbon Growth Country Studies Program: lessons learned from seven country studies. Energy Sector Management Assistance Program, USA. Carbon Finance-Assist Program World Bank Institute, USA. Department for International Development, UK. 2012.
- UGAYA, C. M. L. Avaliação do ciclo de vida de produtos – Cap. 9. Gestão ambiental / Paulo José Adissi, Francisco Alves Pinheiro e Rosângela da Silva Cardoso. – 1.ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- UNITED NATIONS. GENERAL ASSEMBLY. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. Resolution, September 2015 (a). Disponível em: <http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E>. Acesso em 07/07/2017.
- _____. Sustainable development goals: 17 goals to transform our world. 2015 (b). Disponível em: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Acesso em: 07/07/2017.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. Life cycle management: a business guide to sustainability. UNEP/SETAC. Life Cycle Initiative at UNEP. Division of Technology Industry and Economics. 2007. 51p.
- _____. Guidelines for social life cycle assessment of products. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative at UNEP, CIRAIG, FAQDD and the Belgium Federal Public Planning Service. 2009. 103p.
- _____. Towards a life cycle sustainability assessment: making informed choices on products. UNEP/SETAC. Life Cycle Initiative at UNEP. 2011. 65p.
- _____. Uncovering pathways towards an inclusive green economy: a summary for leaders. Coord. Angeline Djampou. 2015.
- WILLERS, C. D.; RODRIGUES, L. B.; SILVA, C. A. Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais. *Production / Produção*. São Paulo. v.23. n.2. p.436-447. 2013.
- WILLERS, C.D., RODRIGUES, L.B. A Critical evaluation of Brazilian life cycle assessment studies. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 2013. p. 1-9.
- ZAMAGNI, A. Life cycle sustainability assessment. *International Journal Life Cycle Assessment*. V. 17. 2012. p. 373:376.
- ZANGHELINI, G. M.; CHERUBINI, E.; GALINDRO, B. M.; ALVARENGA, R. A. F.; SOARES, S. R. A Aplicação da avaliação do ciclo de vida no Brasil na última década. IV Congresso Brasileiro sobre Gestão pelo Ciclo de Vida. São Bernardo do Campo. SP. 2014.