



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FACULDADE DE TECNOLOGIA - FT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - EFL

JESSICA BRANDÃO BORGES

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) COMPARATIVA DA EXPLORAÇÃO
AUTORIZADA E DA EXPLORAÇÃO NÃO AUTORIZADA EM FLORESTA
AMAZÔNICA**

MONOGRAFIA

Brasília

2016

JESSICA BRANDÃO BORGES

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) COMPARATIVA DA EXPLORAÇÃO
AUTORIZADA E DA EXPLORAÇÃO NÃO AUTORIZADA EM FLORESTA
AMAZÔNICA**

Monografia apresentada ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade de Brasília,
como requisito para obtenção do título de Engenheiro
Florestal

Orientador: Thiago Oliveira Rodrigues

Brasília

2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) COMPARATIVA DA EXPLORAÇÃO
AUTORIZADA E DA EXPLORAÇÃO NÃO AUTORIZADA EM FLORESTA
AMAZÔNICA**

Discente: Jessica Brandão Borges

Matrícula: 10/0106587

Menção: SS

Dr. Thiago de Oliveira Rodrigues
Universidade de Brasília - UnB
Departamento de Engenharia Florestal – EFL/FT
Orientador

Dra. Alba Valéria Rezende
Universidade de Brasília - UnB
Departamento de Engenharia Florestal – EFL/FT
Membro da banca

Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar
Universidade de Brasília - UnB
Departamento de Engenharia Florestal – EFL/FT
Membro da banca

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, principalmente meus pais e minha irmã, por todo o amor, incentivo e apoio.

À Universidade de Brasília, pelas oportunidades e aprendizagens.

Ao meu orientador Thiago Oliveira, pelo suporte, ajuda e entusiasmo, não apenas durante o projeto, mas durante boa parte da minha graduação.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, Alba e Ricardo, pela ajuda neste trabalho.

Ao povo e Governo Brasileiro, pela oportunidade de participar do programa Ciências sem Fronteiras.

À Universidade de Queensland, pela inspiração e bagagem acadêmica.

À família floresta construída no início da graduação e fortalecida ao longo dos anos e a todos os amigos que participaram dessa caminhada.

RESUMO

O desmatamento e a exploração madeireira ilegal podem ser apontados como os maiores responsáveis pela mudança do uso do solo na Amazônia, enquanto o manejo florestal baseado no planejamento das operações e na técnica de exploração de impacto reduzido é uma alternativa legal da exploração não autorizada a qual mantém as atividades econômicas exploratórias nas regiões de floresta nativa enquanto que garante a conservação da floresta. A expansão das áreas sustentavelmente manejadas possui grande potencial para mitigação das mudanças climáticas. Desse modo, este estudo visa contribuir com essa expansão ao averiguar os benefícios ambientais da exploração autorizada (manejo florestal) e compara-los em relação à exploração não autorizada, por meio da metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida – ACV. Para tanto, levantou-se dados na literatura referente a um hectare de floresta nativa em Paragominas e usou-se o *software* GaBi para o processamento destes. O método CML 2001 foi usado para a avaliação dos impactos e considerada a categoria de Potencial de Aquecimento Global (PAG). Os resultados mostram que a extração de 25,36 m³ em toras sob regime de exploração autorizada apresenta menor impacto na categoria de PAG quando comparado a exploração não autorizada. A exploração autorizada emite 78,5 kg de CO₂eq, enquanto que na EC são emitidos 127 kg de CO₂eq. Esse melhor desempenho ambiental é conferido principalmente ao menor impacto da produção de óleo lubrificante, da construção da infraestrutura e do arraste das toras na área de manejo florestal devido, principalmente, ao planejamento prévio das operações.

Palavras-chave: Manejo Florestal Sustentável; Exploração não autorizada; Análise de Ciclo de Vida.

ABSTRACT

Deforestation and illegal logging are known as the main drivers of changes in land use in the Amazon, while the sustainable forest management system based on a strict planning and reduced impact logging techniques is a legal alternative to the unauthorized logging that maintains the regional economic activity while conserves the forest. The expansion of forests under sustainable management throughout the areas illegally explored has a great potential to mitigate climate change. Thus, this study aims to contribute with this expansion by evaluating the environmental benefits of the authorized logging (sustainable forest management) and comparing it to the unauthorized logging, through the Life Cycle Analysis (LCA) technique. The logging operations data were taken from literature referring to one hectare of an original forest in Paragominas and were processed in the GaBi Software. The CML 2001 method was used for impact assessment and the category considered was Global Warming Potential (GWP). The results show that the extraction of 25,36 m³ of timber under authorized logging has a lower impact compared to the unauthorized logging for the GWP category. The authorized logging operations emit 78,5 kg of CO₂eq, while the unauthorized logging operations emit 127 kg of CO₂eq. Such a better environmental performance is attributed to the lower impact of the oil production, the infrastructure construction and skidding in the authorized logging system mainly due to its operations planning.

Keywords: Sustainable Forest Management; Unauthorized Logging; Life Cycle Assessment (LCA)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O Bioma Amazônia. Fonte: Pereira et al. (2010) retirado de CI (2004).....	5
Figura 2 - Atividades do manejo florestal. Fonte: BALIEIRO et al., 2010.....	9
Figura 3 - Fases de uma ACV. Fonte: ISO 14040 (2006)	13
Figura 4 - Esquema geral de um fluxograma do processo.....	14
Figura 5 - Limites do ciclo de vida.....	18
Figura 6 - Ilustração dos sistemas de exploração	22
Figura 7 - Contribuição para o aquecimento global da exploração não autorizada.....	27
Figura 8 - Contribuição para o aquecimento global da exploração não autorizada.....	27
Figura 9 - Contribuição absoluta para o PAG e diferença percentual entre os processos dos sistemas exploratórios.	28
Figura 10 - Fluxograma geral do sistema de exploração não autorizada.....	39
Figura 11 - Processo de construção da infraestrutura da exploração não autorizada.	40
Figura 12 - Processo de corte da exploração não autorizada.....	41
Figura 13 - Processo de arraste da exploração não autorizada.	42
Figura 14 - Processo de carregamento da exploração não autorizada.	43
Figura 15 - Fluxograma geral do sistema de exploração autorizada.	44
Figura 16 - Processo de construção da infraestrutura da exploração autorizada.	45
Figura 17 - Processo de corte da exploração autorizada.....	46
Figura 18 - Processo de arraste da operação autorizada.	47
Figura 19 - Processo de carregamento da exploração autorizada.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de produtividade do trator Caterpillar D6 Logger. Fonte: Holmes et al. (2002).....	21
Tabela 2 - Parâmetros de consumo e rendimento médio das operações de extração.	22
Tabela 3 - Fluxos de entrada e saída e por processo da exploração autorizada.....	24
Tabela 4 - Fluxos de entrada e saída e por processo da exploração não autorizada.	25
Tabela 5 - Emissões de tCO ₂ biogênico por hectare de floresta sob exploração autorizada e exploração não autorizada.	30

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ACV – avaliação do ciclo de vida

AICV – avaliação de impacto do ciclo de vida

CO₂ - dióxido de carbono

CO₂ biogênico – dióxido de carbono não fóssil

CO₂ eq – dióxido de carbono equivalente

DAP – diâmetro à altura do peito

EIR – exploração de impacto reduzido

GEE – gases de efeito estufa

ICV – inventário do ciclo de vida

MF – manejo florestal

PAG – potencial de aquecimento global

UF – unidade funcional

LISTA DE UNIDADES

cm – centímetros

ha - hectare

kg – quilogramas

l – litros

m² - metro quadrado

m³ - metro cúbico

t – toneladas

tC – toneladas de carbono

tCO₂ – toneladas de gás carbônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
2	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo geral.....	2
2.2	Objetivos específicos	2
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1	Carbono, biomassa e floresta	2
3.2	Florestas e Acordos do Clima.....	4
3.3	Floresta Amazônica	5
3.4	Exploração autorizada (Manejo Florestal) e Exploração não autorizada	7
3.5	Avaliação do Ciclo de Vida	12
3.5.1	Etapas da ACV	13
3.5.2	<i>Softwares</i> e Métodos de avaliação de impacto	15
3.5.3	ACV em processos florestais.....	17
4	METODOLOGIA	19
4.1	Escopo do estudo	19
4.2	Inventário de Ciclo de Vida.....	20
4.3	Interpretação	24
5	RESULTADOS	24
5.1	Inventário de Ciclo de Vida (ICV).....	24
5.2	Avaliação dos impactos ambientais	26
6	DISCUSSÃO	28
7	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXOS	39

1 INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica se destaca entre os ecossistemas tropicais mais importantes do mundo, não apenas por sua grande extensão territorial, mas também por sua rica biodiversidade e pelo importante papel que desempenha nos ciclos biológicos do planeta em nível regional e mundial. No entanto, a conversão de áreas ocupadas por florestas em outros usos pelo aumento das necessidades humanas tem causado grandes impactos negativos neste ecossistema. Nesse sentido, o manejo florestal é uma alternativa sustentável e legal para manter as atividades exploratórias madeireiras que exercem função econômica na região Amazônica e, também, para garantir a conservação da floresta aliada à manutenção da sustentabilidade da produção em longo prazo.

Em decorrência do caráter renovável de suas árvores e do controle de gás carbônico que as mesmas exercem durante o crescimento, muitos estudos consideram os sistemas florestais como neutros no balanço de carbono e, portanto, não contribuintes para o aquecimento global (RODRIGUES, 2013). Entretanto, outras fontes de GEE durante a exploração florestal devem ser consideradas como, por exemplo: a combustão de combustíveis fósseis para o transporte de funcionários e para o uso do maquinário durante a exploração; o tipo de destinação do produto e o desmatamento da vegetação para a abertura de pátios e estradas (DYKSTRA, 2002; RODRIGUES, 2013; CAMPOS, 2012). Sendo assim, a verdadeira neutralidade do balanço de GEE de sistemas florestais pode ser confirmada por meio de uma análise sistêmica de todos os fluxos de massa e energia, das consequentes emissões do processo e dos vários processos adjacentes ao sistema (RODRIGUES, 2013).

No Brasil, dentro do contexto das mudanças climáticas, o setor de mudança de uso da terra e de florestas brasileiro apresenta grande oportunidade de mitigação do aquecimento global, considerando que os processos de degradação e desmatamento são grandes fontes emissoras de gases de efeito estufa (CAMPOS, 2012). Para alcançar as metas assumidas internacionalmente para redução das emissões de GEE, o Brasil prevê-se medidas para o aumento da área de manejo florestal sustentável rastreada em florestas nativas até 2030 (BRASIL, 2016). A expansão do Manejo Florestal (MF) apresenta diversos benefícios ambientais e sociais associados, os quais

impulsionariam ainda mais o Brasil como protagonista global da economia sustentável (GVces, 2015).

A expansão das áreas sob manejo florestal sustentável no Brasil se amparam em um planejamento rigoroso condicionada à aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS. Nesse contexto, a análise dos reais benefícios ambientais da exploração florestal autorizada (manejo florestal) em relação à exploração não autorizada, por meio da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), visa contribuir com a expansão da implementação do manejo florestal sustentável, fortalecendo a conservação e uso sustentável das florestas por meio do uso da técnica de EIR.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar os impactos ambientais decorrentes da exploração florestal autorizada com os da exploração florestal não autorizada, por meio da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida – ACV.

2.2 Objetivos específicos

- Calcular as emissões de CO₂ provenientes da exploração florestal autorizada e da exploração florestal não autorizada;
- Analisar os impactos ambientais decorrentes das atividades de exploração florestal, comparando os perfis ambientais dos dois tipos de exploração;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Carbono, biomassa e floresta

Os reservatórios de carbono na Terra encontram-se na atmosfera, nos oceanos, nas reservas de combustíveis fósseis, nos solos e na vegetação, a qual é responsável pelo fluxo mais intenso no ciclo de carbono global (MOURA-COSTA, 1996).

Devido ao processo de crescimento vegetal, a fixação do carbono em forma de biomassa é possibilitada por meio do processo da fotossíntese, no qual a planta absorve dióxido de carbono da atmosfera e libera oxigênio. O carbono incorporado nos tecidos vegetais retorna naturalmente à atmosfera após a decomposição da planta ou durante sua incorporação no solo como matéria orgânica (CAMPOS, 2012). A circulação mundial do dióxido de carbono e a fixação de carbono pelas plantas são então premissas para que o uso das florestas como estoque de carbono seja eficiente quando feito em qualquer lugar do mundo (MOURA-COSTA, 1996).

Entretanto, cabe ressaltar que a efetividade da retenção de carbono pelas florestas varia com a região, com a idade da floresta, com a composição florística e com as práticas de manejo (MOURA-COSTA, 1996). Nesse contexto, grande atenção tem sido dada às florestas tropicais, pois, além de participarem do controle do carbono mundial, estas oferecem à sociedade diversos serviços ecológicos e recreativos (FAO, 2016).

As florestas apresentam as mais elevadas concentrações de biomassa dentre os biomas vegetais mundiais, com aproximadamente 55% do carbono estocado na vegetação terrestre global (IPCC, 2006), dos quais um quinto está fixado na floresta Amazônica (SILVA, 2014). Essa representatividade da Floresta Amazônica é consequência da sua extensão territorial com alta densidade de vegetação, e também da sua antiga idade de formação e de suas espécies de densidade elevada (CAMPOS, 2012). A idade média estimada das árvores na Floresta Amazônica é de 300 anos e, considerando a troca periódica de elementos químicos Vieira *et al.* (2005) estimam que o tempo médio de incorporação de carbono na biomassa em 100 anos.

O carbono estocado na vegetação é representado pela biomassa viva, acima e abaixo do solo, pela matéria orgânica morta, pela serrapilheira e pelo material orgânico do solo e a inclusão ou omissão de algum destes componentes, assim como o método de estimativa dos mesmos, geram incertezas sobre a representatividade da retenção de carbono pela floresta (FEARNSIDE, 2016). A biomassa seca acima do solo na Floresta Amazônica varia de 150 t/ha a 562 t/ha (MCT, 2010), distribuídos, em média, em 68% da biomassa viva acima do solo, em 10% da biomassa morta acima do solo e em 22% da biomassa abaixo do solo (CAMPOS, 2012), sendo essa última muitas vezes não contabilizada ou subestimada justamente por causa dos grandes níveis de incerteza inerentes a sua quantificação (FEARNSIDE, 2016). Em estudos sobre o aquecimento global, a biomassa

abaixo do solo é desconsiderada como fonte de emissão (HUANG & ASNER, 2010) visto que está inserida no ciclo de elementos da floresta (FEARNSIDE, 1997).

3.2 Florestas e Acordos do Clima

De acordo com os resultados do IPCC (2007), a alteração do clima global é causada pela alteração de concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, a qual é decorrente de atividades antrópicas pós época industrial. Depois da queima de combustíveis fósseis, a maior fonte de emissões de GEE antrópico para a atmosfera é provocada pela mudança do uso da terra, principalmente pelo desmatamento (IPCC, 2014), pois o impacto no solo e na vegetação desregula o carbono estocado e a capacidade de sequestro da área, contribuindo para a alteração do balanço de carbono em nível mundial (MACHADO, 2005). Além dessa contribuição, o solo de florestas nativas estoca metano e óxido nitroso, os quais são, em parte, eliminados pelo desmatamento (FEARNSIDE *et al.*, 2009).

Portanto, o setor florestal representa grande potencial para a mitigação das mudanças climáticas (FEARNSIDE *et al.*, 2009), por meio do manejo florestal, da redução do desmatamento, do florestamento e do reflorestamento (IPCC, 2006). Para Pinard e Putz (1996), a exploração madeireira ilegal em florestas tropicais e a concentração de gases de efeito estufa são problemas distintos, mas que podem apresentar a mesma solução. A região Amazônica é vista como prioridade mundial devido a sua importância na manutenção dos estoques de carbono e a sua contribuição em outros serviços ambientais valiosos (FEARNSIDE, 2016). A implementação de tecnologias de baixo-carbono e de manejo florestal sustentável na floresta evitaria o desmatamento e a sua degradação, maximizando seu potencial mitigador (FAO, 2016).

As melhorias no manejo da floresta conservam a biomassa florestal e criam condições para a regeneração da floresta (WEST *et al.*, 2014), podendo representar uma redução de cerca de 10% das emissões de GEE oriundas do desmatamento anual de florestas (PUTZ *et al.*, 2008b), pois, além da biomassa liberada através do corte da vegetação, o desmatamento cria indiretamente fontes de liberação de GEE a partir do novo uso do solo ali implementado, como a liberação de metano pelo gado e óxido nitroso do solo de pastagem (FEARNSIDE *et al.*, 2009).

Em 2015, o setor florestal contribuiu com 70% das contribuições pretendidas pelos países durante a COP 21 para a redução da temperatura global do planeta (FAO, 2016). O governo brasileiro registrou os compromissos e as contribuições nacionais para a mitigação das mudanças do clima, pretendendo-se:

“ampliar a escala de sistemas de manejo sustentável de florestas nativas, por meio de sistemas de georeferenciamento e rastreabilidade aplicáveis ao manejo de florestas nativas, com vistas a desestimular práticas ilegais e insustentáveis se comprometendo à ampliar a área de manejo sustentável em florestas nativas do Brasil até 2030” (BRASIL, 2016).

De modo a contribuir com o avanço da agenda de compromissos brasileiros, a Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura propôs o aumento em 10 vezes da área de manejo florestal sustentável rastreada no Brasil até 2030 (COALIZÃO, 2016). Estima-se que a exploração com manejo florestal emite entre 23 e 40 t CO₂/ha, enquanto a exploração sem manejo emite entre 111 a 422 t CO₂/ha referentes à liberação de carbono da biomassa (GVces, 2015).

3.3 Floresta Amazônica

A Floresta Amazônica é a mais extensa floresta tropical do mundo (Figura 1), abrangendo nove países da América do Sul e ocupa 59% do território brasileiro (PEREIRA *et al.*, 2010).

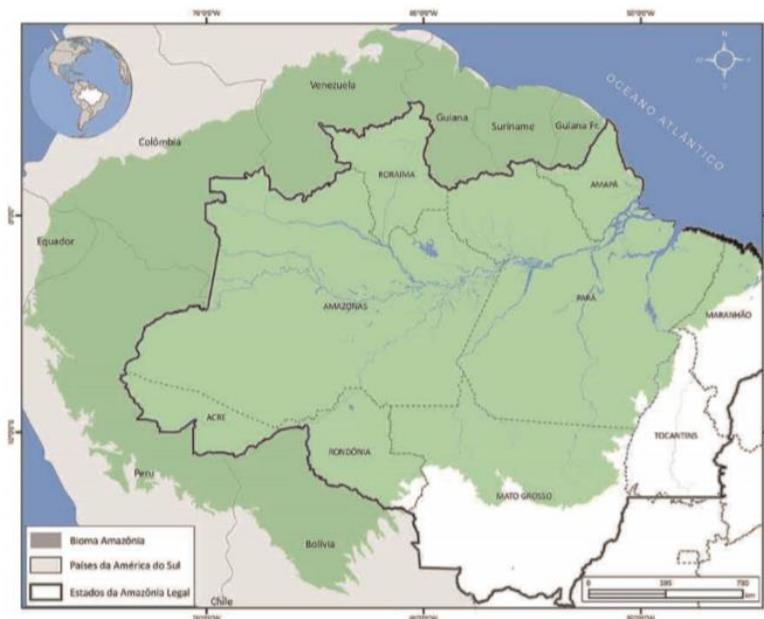


Figura 1 - O Bioma Amazônia. Fonte: Pereira *et al.* (2010) retirado de CI (2004).

Sabe-se que a Amazônia é habitat para um em cada cinco mamíferos, peixes, pássaros e espécies de árvores existentes no mundo (NEPSTAD *et al.*, 2008). Essa alta diversidade de espécies, muitas vezes endêmicas (OLIVEIRA & AMARAL, 2004), evidencia a importância do uso dos recursos florestais de forma racional, visando preservar as espécies para futuras gerações (IFT, 2012). A Floresta Amazônica tem importância para os ciclos da biosfera e interage com os sistemas globais, regionais e locais por meio do ciclo hídrico, da reciclagem de nutrientes e do ciclo de carbono (CAMPOS, 2012).

A quantidade de área de floresta original mantida em pé ou usada de modo sustentável, para fins econômicos ou de subsistência (IFT, 2012), está relacionada ao potencial de preservação da diversidade biológica, dos serviços ambientais oferecidos por ela e da sustentabilidade do oferecimento de recursos à sociedade (FREDERICKSEN & PUTZ, 2003). Entretanto, apesar do grande número de áreas protegidas e esforços para proteger o bioma, o desmatamento se configura como uma drástica mudança de uso do solo e estima-se que 24% da cobertura florestal da Amazônia Legal original já foram eliminados (INPE, 2016).

A atividade de desmatamento seletivo antecede o corte raso para a introdução de outros usos da terra e/ou aumenta a propensão à invasão de queimadas, pois aumenta-se a matéria seca e interceptação de luz solar através da degradação florestal (BARRETO *et al.*, 1998; NEPSTAD *et al.*, 2001). Esses cenários levam a um aumento da colonização por espécies arbustivas e gramíneas, convertendo a vegetação florestal em vegetação rasteira (NEPSTAD *et al.*, 2008). Assim, aumenta-se o interesse em mudar o uso da terra para implantação de outras atividades econômicas, uma vez que as árvores comercialmente aproveitáveis dessa área se exaurem ou demoram a se reestabelecer naturalmente até a exploração seguinte (IFT, 2012).

De modo geral, a maior demanda por produtos de florestas tropicais é de madeira, estimulada principalmente pelo setor moveleiro e pelas construtoras (ITTO, 2014). Na Amazônia, a extração seletiva madeireira vem ocorrendo há mais de 30 anos e a indústria madeireira apresenta a maior atividade econômica na região (PEREIRA *et al.*, 2010). Mato Grosso, Rondônia e Pará destacam-se nesse ramo, sendo este último a principal fonte de madeira da Amazônia (PEREIRA *et al.*, 2010). Neste caso, a exploração é realizada majoritariamente em áreas não autorizadas ou com sinais de exploração de baixa qualidade (MONTEIRO *et al.*, 2013).

As áreas que apresentam maior potencial madeireiro para a extração seletiva são aquelas de alta quantidade de biomassa viva acima do solo, onde também se concentra grande diversidade de espécies, entre 150 e 300 espécies arbóreas por hectare (CAMPOS, 2012). Apesar de rica composição florística, apenas algumas espécies de árvores são visadas no mercado madeireiro da região (GERWING & VIDAL, 2002), as quais são geralmente caracterizadas pela alta densidade e, conseqüentemente, maiores quantidade de carbono estocado na forma de biomassa (CAMPOS, 2012). Há grande variação de estimativas de densidade média da madeira comercial amazônica, sendo registrados valores de 0,53 g/cm³ e 0,60 g/cm³ (NOGUEIRA *et al.*, 2007) até 0,69 g/cm³ (FEARNSIDE, 1997).

3.4 Exploração autorizada (Manejo Florestal) e Exploração não autorizada

O Manejo Florestal com base no sistema de Exploração de Impacto Reduzido (MF-EIR) é uma alternativa à ilegalidade da exploração madeireira, conciliando a conservação e produção de forma sustentável (IFT, 2012). Atualmente, a exploração madeireira legal deve ser realizada atendendo as Instruções Normativas MMA 04 e 05/2006 e a Resolução CONAMA 406/2009 (IFT, 2012) considerando o meio físico e biológico da região, a intensidade de exploração em consonância com a capacidade produtiva da floresta, enquanto que se promove a regeneração natural e monitora o desenvolvimento da floresta remanescente (BRASIL, 2006). Para Higuchi (1994), isto significa considerar um sistema produtivo policíclico, no qual se exploram poucas árvores de valor econômico por unidade de área e certifica-se que a atividade não afete a biodiversidade e resiliência da floresta (IFT, 2012).

A terminologia “exploração convencional” é usada em muitos estudos na Amazônia Brasileira para as atividades madeireiras exploratórias que não apresentam planejamento prévio das operações, operários qualificados e equipamentos apropriados (SABOGAL, 2009). Segundo IFT (2012), tal sistema exploratório surgiu quando havia grandes extensões de floresta primárias, as quais foram incentivadas a serem exploradas para a colonização da Amazônia, desconsiderando o futuro da floresta e os princípios de resiliência. Essa exploração intensiva faria sentido econômico em curto prazo e na presença de extensas fronteiras, mas, levaria à deterioração da floresta em

longo prazo (BARRETO *et al.*, 1998). Atualmente, usa-se a terminologia de exploração madeireira não autorizada (ilegal e predatória) e a autorizada (manejo florestal) (MONTEIRO *et al.*, 2013).

A pressão nas florestas tropicais sustentada pelo avanço do setor florestal brasileiro fomentou a criação da Lei de Gestão de Florestas Públicas e também de estudos sobre os benefícios ecológicos e econômicos da exploração planejada em comparação à exploração não planejada, ou convencional (BARRETO *et al.*, 1998; HOLMES *et al.*, 2002), gerando melhores perspectivas para o uso sustentável e aproveitamento das florestas (IFT, 2012). Na Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei Federal 11.284/2006), o manejo florestal sustentável é definido como “administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo” (BRASIL, 2006). Entretanto, em 2012, a exploração ilegal na Amazônia ainda era predominante (IFT, 2012). Monteiro *et al.* (2013) estimam que, em 2013, 84% da exploração ilegal no Estado do Pará ocorreram em áreas privadas, devolutas ou sob disputa; 13% ocorreram em assentamentos de reforma agrária, e, 3% em áreas protegidas. De modo geral, a fraca presença do manejo florestal em florestas tropicais se deve à falta de recursos humanos treinados para a sua implementação e à percepção de desvantagens econômicas pelos exploradores em relação ao método convencional, ou seja, em relação à ilegalidade da atividade (PEREIRA *et al.*, 2010; HOLMES *et al.*, 2002).

A grande parte de estudos comparativos entre os tipos de exploração madeireira na Amazônia trata da viabilidade econômica e das vantagens financeiras da implementação de práticas de exploração de impacto reduzido durante o manejo florestal, as quais indicam o aumento da produtividade das operações, menor desperdício de volume de madeira comerciável e menores danos às árvores comerciáveis remanescentes potenciais para a futura colheita (HOLMES *et al.*, 2002; BARRETO *et al.*, 1998). O custo de implementação do manejo florestal, em contrapartida, é alto em curto prazo, pois, envolve investimentos em equipamentos e treinamentos, custos adicionais do processo de planejamento da exploração (PUTZ *et al.*, 2008a) e, também, compra de maiores áreas (MARTIN *et al.*, 2015; BARRETO *et al.*, 1998).

Segundo o Informativo Técnico para Manejo Florestal e Exploração de Impacto Reduzido em Florestas Naturais de Produção da Amazônia, realizado pelo Instituto Floresta Tropical, as atividades do manejo florestal são relacionadas conforme Figura 2, extraída de Balieiro *et al.* 2010.

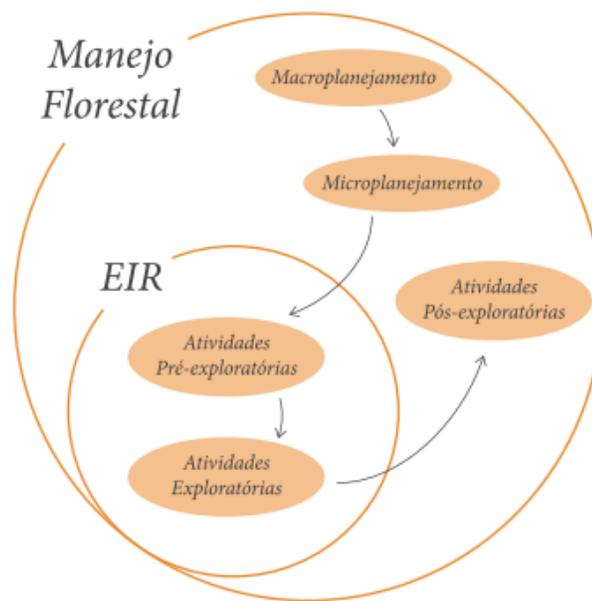


Figura 2 - Atividades do manejo florestal. Fonte: BALIEIRO *et al.*, 2010.

Em termos práticos, o macroplanejamento da exploração florestal tem por finalidade primária, averiguar a viabilidade econômica do projeto (IFT, 2012). A segunda etapa refere-se ao microplanejamento e às atividades pré-exploratórias de manejo, as quais viabilizam as operações anuais de extração por meio da delimitação das Unidades de Trabalho (UT), inventário 100%, mapas, corte de cipós e planejamento da posição dos ramais de arraste, dos pátios de estocagem, direção da queda da árvore e ordenação da exploração (AMARAL *et al.*, 1998; IFT, 2012). O corte de cipós reduz o tamanho da clareira formada na floresta, pois facilita a extração, e danifica menor área de vegetação que circunda o indivíduo extraído (AMARAL *et al.*, 1998).

A exploração de impacto reduzido é a terceira etapa das atividades de manejo florestal. Essa consiste em métodos e técnicas de corte sustentável que visam menores desperdícios e danos às árvores remanescentes, principalmente as comercialmente valiosas, a fim de facilitar a regeneração destas (BARRETO *et al.*, 1998; SABOGAL, 2009; HOLMES *et al.*, 2002). Para tanto, é feito o corte com direcionamento de queda e é realizado o destopo no ponto recomendado, o corte na altura ideal, a extração após o teste do oco, sendo todas estas medidas que diminuem o desperdício (HOLMES *et al.*, 2002; AMARAL *et al.*, 1998), valendo-se ainda de técnicas de abate especializadas àquelas espécies visadas comercialmente e que se racham facilmente (IFT, 2012). Ademais, ressalta-se que o sistema de MF-EIR reduz o risco de incêndio, pois, são implementadas

medidas de prevenção do fogo como quebra-fogo e exploração em talhões separados, as quais, aliadas à redução do tamanho e da quantidade das clareiras, diminuem a incidência solar e a propensão à queima (AMARAL *et al.*, 1998).

As técnicas de EIR visam então o aumento da eficiência de todas as operações exploratórias (BARRETO *et al.*, 1998; SABOGAL, 2009) e a diminuição dos acidentes de trabalho, por meio de rotas de fugas e uso de EPI (AMARAL *et al.*, 1998). Nota-se que as técnicas e diretrizes da EIR não são prescrições fixas, mas sim, técnicas de extração disponíveis mais adaptadas para atividades florestais em comparação àquelas previamente usadas e que, portanto, podem variar conforme situação (HOLMES *et al.*, 2002).

No manejo florestal, é especificado a área total de floresta que pode ser alterada pelo o IBAMA (2001), sendo, no máximo, 5% para as trilhas de arraste, 1% para estradas secundárias e de 0,75% para pátios de estocagem (apud BRAZ & D'OLIVEIRA, 2001). O corte máximo permissível em um PMFS é de até 30 m³/ha com ciclo de corte de 35 anos, conforme instrução normativa do CONAMA de 2006, mas, pode ser variável conforme a estimativa da produtividade anual da floresta manejada (m³/ha/ano) (BRASIL, 2007).

Em contrapartida, não há padrão nas atividades irregulares. Keller *et al.* (2004) chamam atenção que o uso do MF-EIR não necessariamente significa menor produtividade, ou seja, menores volumes extraídos por hectare. Para MARTIN *et al.* (2015), o estabelecimento de baixas intensidades exploratórias por lei vem a incentivar a expansão desta atividade em áreas florestais intactas. A intensidade de exploração de madeira sob regimes não autorizados, segundo o levantamento feito no trabalho de CAMPOS (2012), pode variar de 4 a 14% da biomassa seca acima do solo. Independente da exploração realizada, DYKSTRA (2002) indica que a exploração em florestas tropicais danifica pouco por unidade de área, porém, o dano por metro cúbico extraído pode ser substancial devido à relativa baixa quantidade de espécies comerciais por hectare. Entende-se que a exploração não autorizada depende da disponibilidade de recursos, do tamanho da equipe e do estoque inicial de indivíduos de espécies comerciais (BARRETO *et al.*, 1998; HOLMES *et al.*, 2002). A extração seletiva concentra sua extração em classes de maior diâmetro e é feita toda vez que uma espécie se torna comercialmente atrativa, levando à exaustão de suas árvores (IFT, 2012; HOLMES *et al.*, 2002). Em muitos casos, em áreas de explorações não

autorizadas, pode haver a entrada primária para a retirada das árvores mais valiosas e, anos depois, outra extração madeireira menos valiosa, ocorrendo uma substituição gradual da floresta (GERWING & VIDAL, 2002).

No entanto, mesmo com a mesma intensidade exploratória, estudos registram que a EIR aumenta o estoque de indivíduos vivos, reduz mortalidade e diminui a abertura de clareiras, assim como diminui a suscetibilidade ao fogo (BARRETO et al., 1998). A relação positiva entre intensidade de exploração e os danos às árvores residuais também é documentada por Johns *et al.* (1996) e Holmes *et al.* (2002); indicando mudanças dramáticas na estrutura da floresta. Outros estudos, no entanto, ressaltam que a intensidade de exploração nem sempre é menor em áreas de manejo florestal sustentável, assim como não é linear a sua relação com os danos às árvores remanescentes (KELLER *et al.*, 2003; CAMPOS, 2012).

Após a extração madeireira, tratores agrícolas e florestais de pneus ou de esteira são usados para o arraste das toras extraídas para os pátios de estocagem, de onde serão posteriormente transportadas até as serrarias. Os ramais de arraste conectam as toras de madeira abatidas até o pátio de estocagem. No MF-EIR, os ramais de arraste são planejados de modo que danifiquem menos os solos e as árvores adjacentes da trilha, o que é ainda facilitado pelo direcionamento da queda da árvore e pela sinalização de onde a máquina deve passar para buscar a tora (IFT, 2012). Em ambos tipos de exploração madeireira, constrói-se estradas principais largas e com melhor acabamento para o escoamento da produção das áreas de exploração às serrarias, vilas e cidades (AMARAL *et al.*, 1998).

Já as estradas secundárias conectam as estradas principais às áreas de exploração. No MF-EIR, constrói-se estradas com desvios suaves onde houver árvores matrizes, árvores para a exploração futura ou árvores de valor atual (DAP maior que 45 cm) e consideram-se as variações topográficas (AMARAL *et al.*, 1998). As estradas secundárias e os pátios de estocagem são abertos um ano antes da exploração em sistemas de manejo florestal (AMARAL *et al.*, 1998) e são construídas com viés permanente para que continuem acessíveis nas colheitas seguintes (IFT, 2012; HOLMES *et al.*, 2002). Na exploração não autorizada, as máquinas entram na floresta para construir as estradas secundárias e os pátios em paralelo com as atividades exploratórias (IFT,

2012; HOLMES *et al.*, 2002), não se importando com a floresta remanescente e nem buscando melhor logística para a retirada da tora da floresta (BARRETO *et al.*, 1998).

As áreas abertas no manejo florestal são menores do que na área de exploração não autorizada devido a técnicas de otimização da localização dos pátios e da seleção prévia das árvores para a autorização da exploração (SILVA, 2014). Entretanto, a quantidade de área afetada na construção de estradas, pátios e trilhas de arraste por árvore derrubada varia entre estudos e regiões analisadas, pois a construção de estradas para o manejo florestal leva em consideração a hidrografia, tipologia do relevo, indivíduos encontrados (SILVA, 2014). De qualquer maneira, Fearnside *et al.* (2009) indicam que, a construção de estradas e ramais para a realização da exploração incentiva a mudança do uso da terra para pastagem e cultivo agrícola em curto e longo prazo (FEARNSIDE *et al.*, 2009).

A última etapa do manejo florestal consiste em atividades pós-exploratórias, as quais visam o acompanhamento e monitoramento do funcionamento da dinâmica florestal pós-exploração, visando aumentar o valor futuro da floresta e gerar benefícios ecológicos para as espécies comerciais (IFT, 2012). Para tanto, faz-se plantios de enriquecimento em clareiras, elimina-se árvores sem valor comercial, entre outras medidas silviculturais pós-colheita (AMARAL *et al.*, 1998).

3.5 Avaliação do Ciclo de Vida

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) vem se tornando uma importante ferramenta para a gestão ambiental ao avaliar os aspectos ambientais e potenciais impactos que ocorrem durante os estágios de vida de um produto ou serviço (ISO 14040, 2006). Ao avaliar as etapas de extração da matéria-prima, fabricação de um produto, sua distribuição, uso e estratégias de disposição deste produto final no pós-uso, é possível identificar oportunidades de melhorias no processo produtivo (ISO 14040, 2006). A partir de uma abordagem extensa de todo o processo produtivo, são identificados os efeitos positivos e negativos do processo para o ambiente, nas várias etapas do processo produtivo, evitando, portanto, distorções e relatividades características de quando a abordagem é limitada. Resultados da ACV podem dar suporte a construção de políticas públicas

sobre o uso de recursos naturais e ao desenvolvimento de novos serviços e produtos (RODRIGUES, 2013).

3.5.1 Etapas da ACV

Segundo a ISO 14040, o estudo de ACV consiste basicamente em quatro etapas: definição do objetivo e escopo, realização do inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) e a sua interpretação (Figura 3).

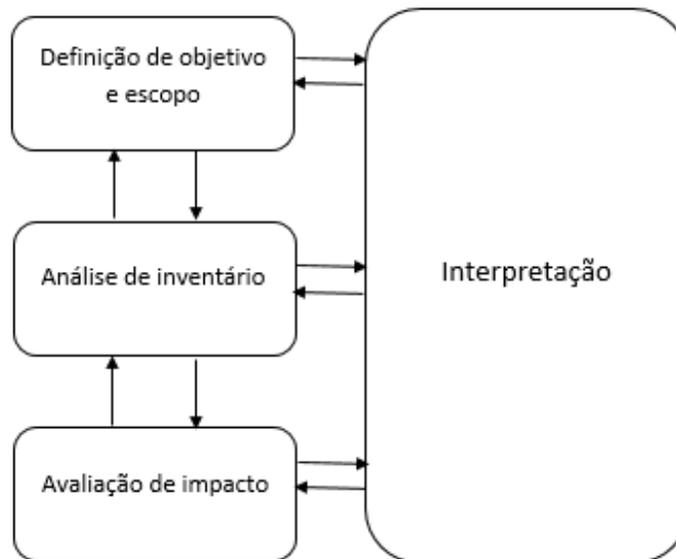


Figura 3 - Fases de uma ACV. Fonte: ISO 14040 (2006)

Na primeira etapa, são definidos os objetivos e o escopo do estudo de modo que a abrangência, profundidade e detalhamento do estudo sejam delimitados. Deve-se incluir a definição do sistema a ser estudado, as funções do sistema ou dos sistemas, a unidade funcional (unidade de referência), a fronteira do sistema (processos incluídos no estudo), as categorias de impacto selecionadas, a metodologia para avaliação de impactos, a interpretação subsequente a ser utilizada, os requisitos de qualidade dos dados, as limitações iniciais do estudo e a necessidade ou não de procedimentos de alocação (ISO 14040, 2006).

Uma das possibilidades de uso da ACV é a análise de trade-offs entre um ou mais produtos e ou processos. A unidade funcional da ACV fornece uma referência a qual as entradas e saídas do sistema são relacionadas e, desse modo, asseguram a comparabilidade dos resultados (ISO 14040,

2006). Desse modo, os parâmetros definidos no escopo devem ser equivalentes para os dois sistemas analisados e constantemente avaliados, sendo relatado caso ocorra alguma não uniformidade (ISO 14040, 2006).

A qualidade dos dados é definida por alguns requisitos envolvendo a relação ao tempo, como a idade dos dados e o intervalo de tempo em que os dados devem ser coletados, à cobertura geográfica (área na qual os dados de cada processo se referem), à cobertura tecnológica (descrição das tecnologias envolvidas nos processos), à precisão (medida da variabilidade dos valores), à integridade (porcentagem de dados medidos), à representatividade (avalição qualitativa do grau de interesse), à consistência (avaliação qualitativa quanto à aplicação) e à reprodutibilidade (avaliação qualitativa da extensão) (ISO 14040, 2006).

Na segunda etapa, é realizado o levantamento de dados necessários para o alcance dos objetivos do estudo. Para tanto, um fluxograma do processo é construído, especificando todas as etapas dos processos e suas respectivas entradas e saídas de material e energia do sistema, ou seja, são levantados os fluxos de energia, de matéria-prima, entradas auxiliares, outras entradas físicas, os produtos, co-produtos, resíduos, emissões atmosféricas, descargas para a água e solo e outros aspectos ambientais (Figura 4). Consiste basicamente de um balanço de energia e massa em que todos os fluxos de entrada devem corresponder a um fluxo de saída quantificada como produto, resíduo ou emissão, podendo-se determinar o impacto ambiental ou resíduo associado a uma unidade do sistema.

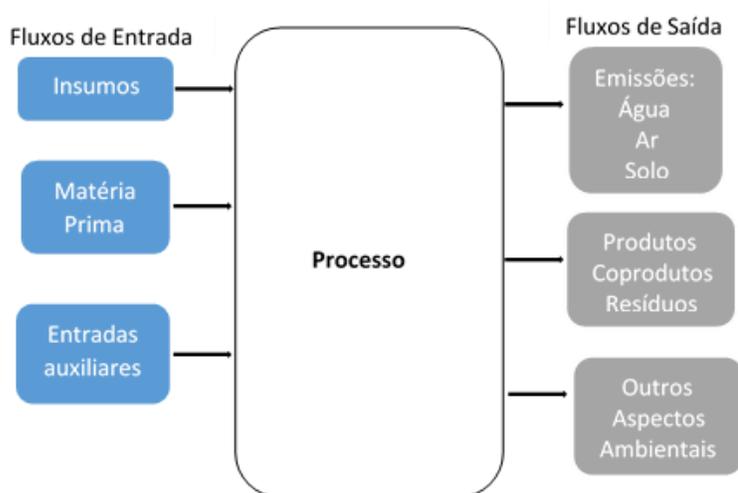


Figura 4 - Esquema geral de um fluxograma do processo.

À medida que os dados são coletados, e se amplia o conhecimento sobre o sistema, pode-se necessitar a mudança no procedimento de coleta de dados para que os objetivos sejam satisfeitos (ISO 14040, 2006). Em seguida, é feita a correlação dos dados aos processos elementares e a correlação dos dados aos fluxos de referência e à unidade funcional, para que todos os resultados obtidos sejam sempre referentes à unidade funcional estabelecida no escopo do estudo.

Na terceira etapa, é feita a avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV), que consiste em avaliar a importância dos impactos associados às etapas do processo produtivo, baseado nos resultados obtidos do inventário de ciclo de vida. Para tanto, os dados de consumo e emissões resultantes da etapa anterior são relacionados com potenciais categorias de impacto e, para isso, os métodos de AICV auxiliam nos cálculos dos impactos ambientais (RIBEIRO, 2009). Os métodos que apresentam as categorias de impacto que mais se adequam ao sistema estudado ou aos objetivos do estudo será escolhido para associar as entradas e as saídas das etapas às categorias de impacto. Como a escolha e avaliação de categorias de impacto dependem do objetivo e escopo do estudo e podem, portanto, introduzir subjetividades na fase de AICV, a transparência é um fator crítico nessa fase para assegurar que os pressupostos estejam claramente relatados (ISO 14040, 2006).

Segundo a norma ABNT (2009), pode haver a necessidade de melhorar a compreensão da significância, incerteza e sensibilidade dos resultados da avaliação de impacto. Para tanto, pode-se utilizar de algumas técnicas para a análise da qualidade, como a análise de contribuição (procedimento estatístico para identificar dados com maior contribuição para o resultado), análise de incerteza (determina como as incertezas afetam a confiabilidade dos resultados) e análise de sensibilidade (determina como mudanças nos dados e métodos podem afetar os resultados).

Por último, identifica-se e analisa-se os resultados obtidos na fase de inventário e da avaliação de impacto ambiental de acordo com o objetivo definido para o estudo, resultando na identificação das questões ambientais mais significativas no que tange a ACV em estudo.

3.5.2 *Softwares* e Métodos de avaliação de impacto

Programas computacionais e base de dados têm sido desenvolvidos para apoiar os estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). A elaboração do ICV geralmente requer o gerenciamento de grande quantidade de dados, portanto, faz-se necessária a utilização de algum *software* de apoio

para a realização dos cálculos nesta etapa (SILVA, 2012). Desse modo, esses *softwares* auxiliam o estudo, pois permite que o processamento de dados ocorra de maneira mais fácil, rápida e imparcial, garantindo-se assim maior confiança nos cálculos (RODRIGUES, 2008). Além do auxílio durante a fase de inventário do ciclo de vida, esses *softwares* também são importante na fase da AICV, pois relacionam os resultados obtidos no inventário às categorias de impacto.

Dentre os *softwares* disponíveis no mercado, pode-se citar:

- TRACI: *EPA Software Environmental Protection Agency - United States*;
- Eco-Indicator 99: *PRé Consultants*;
- GaBi 4 *Software System: PE Europe GmbH and IKP University of Stuttgart*;
- SimaPro: *PRé Consultants*;
- Umberto: *Institute for Environmental Informatics, Hamburg*;

Dentre estas ferramentas, algumas são comumente utilizadas em trabalhos acadêmicos, como o SimaPro, Umberto e GaBi (LUZ, 2011). O GaBi contém banco de dados com cobertura mundial como a produção e distribuição de energia elétrica, combustíveis, produção de minerais, sistemas de transportes e outros (SILVA, 2012). Esse *software* permite trabalhar em planos, processos e fluxos e permite a construção do sistema de produto já em forma de fluxograma.

Para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida, avalia-se os relevantes impactos humanos e ecológicos para o ciclo de vida do produto estudado. Em seguida, escolhe-se um método de AICV disponível nos *softwares* de ACV para calcular as contribuições do processo produtivo para as categorias de impacto adotadas. Ou seja, cada emissão identificada no ICV é convertida numa contribuição para uma categoria de impacto ambiental multiplicando-a por um fator equivalente.

O CML 2001 é um método de avaliação de impactos do ciclo de vida que foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Ambientais (Institute of Environmental Sciences), da Universidade Leiden, Holanda. Tal método apresenta abrangência global para aplicação de quase todas as categorias de impacto, sendo, portanto, recomendado para estudos realizados no Brasil (MENDES, 2013). O CML 2001 quantifica a contribuição ambiental do sistema estudado em dez categorias de impacto, dentre elas a depleção de recursos abióticos, acidificação, aquecimento global, toxicidade humana, entre outros.

O aquecimento global refere-se ao aumento da temperatura terrestre causado pela presença crescente de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono e o metano (IPCC, 2006). Para a categoria de aquecimento global, o CML 2001 utiliza o modelo de caracterização conforme o IPCC, ou seja, deve-se conhecer os índices de absorção dos gases de efeito estufa e relacioná-los ao gás de referência (CO_2), sendo o potencial de aquecimento global (PAG) então expresso em quilogramas equivalentes de CO_2 (IPCC, 2006). A seguinte equação rege esta categoria:

$$PAG_i = \frac{\int_0^T a_i c_i(t) dt}{\int_0^T a_{CO_2} c_{CO_2}(t) dt}$$

Onde:

PAG_i : representa o potencial de aquecimento global de uma substância i expresso em equivalentes de CO_2 ;

t : representa o horizonte de tempo (20, 100, 500 anos);

a_i : efeito de uma unidade de massa da substância (i);

$c_i(t)$: concentração da substância (i) no tempo (t)

a_{CO_2} e c_{CO_2} : parâmetros correspondentes para a substância de referência.

Calcula-se o resultado pela equação:

$$\text{Aquecimento global} = \sum_i DAP_i \cdot m_i$$

Onde:

m_i : massa (kg) da substância emitida.

3.5.3 ACV em processos florestais

Apesar da normatização da ferramenta na década de 1990 e sua utilização em outros campos de estudo, a ACV ainda não é amplamente conhecida e aceita no meio florestal (HEINIMANN, 2012). Segundo Bosner *et al.* (2012), os gargalos para o seu uso no meio estão relacionados às extensas áreas nas quais os sistemas florestais se encontram, à abrangência do tamanho de produtos

(de papel até toras), às longas cadeias produtivas características do tempo de rotação e às diferenças das escalas geográficas e temporais entre estudos.

Na revisão de literatura do estudo de May *et al.* (2012) sobre inventários de ciclo de vida na Europa, foi verificado que as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera associadas ao manejo florestal, extração e transporte das toras são pequenas em relação ao carbono sequestrado nestas áreas, sendo muitos destes limitados a considerar as emissões apenas durante o crescimento e extração (“berço ao portão”), enquanto outros fizeram o ciclo de vida completo dos produtos madeireiros (“berço ao túmulo”). A extração é referida como o “portão” do sistema, pois, refere-se à um sistema que apresenta função de fornecer toras, conforme ilustrado na Figura 5.



Figura 5 - Limites do ciclo de vida

A maioria dos estudos de ACV no setor florestal é sobre florestas plantadas como fonte de matéria-prima para a indústria madeireira, com poucos estudos de extração florestal em florestas tropicais nativas como o realizado por Eshun (2011), nas florestas de Gana. No Brasil, os principais estudos de ACV sobre produtos madeireiros são basicamente sobre móveis e construção civil (SILVA, 2012). Em relação aos estudos em floresta nativa, a grande maioria dos estudos é de florestas temperadas, sendo restritos os estudos de florestas na região amazônica (RODRIGUES, 2013). Bosner *et al.* (2012) ressaltam a carência de estudos relacionados a diferenças de performance ambiental do uso da madeira como combustível em relação ao uso de combustíveis fósseis, e, diferença da performance ambiental entre distintos sistemas de manejo florestal e entre a extração madeireira em floresta plantada e em floresta nativa manejada.

Sabe-se que a categoria de impacto de uso da terra é muito relevante para processos produtivos que apresentam fase agrícola ou florestal, pois, é a causa direta de outros impactos, como a perda de biodiversidade, a redução do potencial biótico do solo e o potencial de aquecimento global (CANALS, 2007). O uso da terra pode ocorrer na forma de transformação/mudança ou ocupação da mesma para certa atividade, sendo a transformação

seguida da ocupação (EUROPEAN COMMISSION, 2010). A transformação é definida como a mudança no tipo e/ou qualidade da cobertura de terra, podendo essa alteração ser direta ou indireta, enquanto a ocupação refere-se à mudança de um tipo de uso da terra para outro (LINDEIJER, 2000). Entretanto, segundo Lindeijer (2000) e Koellner e Scholz (2008), o desenvolvimento da categoria de uso da terra apresenta dificuldades devido às especificidades de cada região analisada, dificultando o uso da categoria para decisões em nível macro. A categoria de impacto ambiental de perda de biodiversidade ainda não está consolidada em estudos de ACV (ESHUN, 2011).

A atividade de uso da terra está diretamente relacionada com a contribuição da área para as mudanças climáticas, pois o carbono estocado na vegetação nativa pode ser liberado em forma de gases de efeito estufa (GEE) (FEARNSIDE, 2007). Do ponto de vista de mitigação do aquecimento global, o uso da madeira como fonte renovável apresenta benefícios ecológicos, pois evita a emissão de CO₂ pela queima do combustível fóssil e, num primeiro momento, fixa CO₂ atmosférico (BARRETO *et al.*, 2012). Entretanto, em relação à exploração madeireira em florestas tropicais, Reid *et al.* (2004) destacam que os benefícios da exploração de impacto reduzido em relação a emissão de GEE em todos os seus processos são difíceis de quantificar e alguns estudos vêm discordando sobre o seu caráter neutro.

4 METODOLOGIA

4.1 Escopo do estudo

Para fins deste estudo, considerou-se a terminologia de exploração madeireira não autorizada referindo-se àquelas atividades ilegais, ditas convencionais ou não planejadas na literatura utilizada para o levantamento dos do presente estudo, e a exploração autorizada, realizada mediante aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável.

Este estudo foi realizado a partir de informações de exploração convencional e de impacto reduzido para a Floresta Amazônica, na região de Paragominas, no Estado do Pará. A *unidade funcional* do sistema (intensidade exploratória nos hectares estudados) foi de 25,36 m³ de tora extraídos da floresta em um hectare. Esse volume padrão de extração foi estabelecido no estudo de

Holmes *et al.* (2002) por meio da média dos volumes extraídos nos talhões sob os dois tipos de exploração. Para efeitos comparativos, considerou-se a extração de quatro árvores por hectare.

A fim de aprofundar o estudo de impactos da atividade extrativista, considerou-se a tora de madeira como produto final do sistema e, sendo assim, estabeleceu a abrangência do estudo do “berço ao portão” da floresta. Portanto, os estágios a partir do deslocamento das toras dos pátios de estocagem até seus diversos destinos não foram considerados. As atividades pré e pós exploratórias ocorridas durante o manejo florestal foram excluídas do processo, pois estão fora do escopo do trabalho. A *função dos sistemas* é de fornecer matéria-prima (tora) para outros segmentos da cadeia produtiva madeireira.

No presente estudo, assumiu-se a premissa que a exploração será feita pela primeira vez na floresta, excluindo-se impactos na estrutura e dinâmica natural da floresta consequente de outras atividades prévias de uso da terra. A cobertura temporal do presente estudo considerou os impactos da construção das estradas secundárias e pátios realizadas um ano antes da exploração até os impactos imediatos das operações exploratórias, desconsiderando as emissões da degradação da biomassa residual, a dinâmica da floresta pós-exploração e o produto final das toras extraídas.

4.2 Inventário de Ciclo de Vida

Estudos comparativos entre atividades exploratórias autorizadas e não autorizadas na região de Paragominas foram referência na obtenção de informações para o Inventário de Ciclo de Vida (ICV) do presente estudo. Para tanto, os sistemas exploratórios analisados foram divididos em processos principais e auxiliares, conforme a seguinte estrutura:

Processos Principais

- Infraestrutura de exploração: Construção das estradas secundárias e dos pátios de estocagem;
- Extração: Corte, arraste e operações no pátio (separação, medição e carregamento das toras).

Processos auxiliares

- Produção de combustíveis fósseis (Diesel e Gasolina);

- Produção de óleos (lubrificante e hidráulico).

Utilizou-se a base de dados do GaBi 6 *Software System: PE Europe GmbH and IKP University of Stuttgart*, desenvolvido pela *Thinkstep* para a obtenção dos dados das cadeias produtivas dos processos auxiliares referentes aos processos produtivos brasileiros. Já os dados dos processos principais foram obtidos por meio de levantamento em bibliografias específicas da região de Paragominas. O *software* GaBi também auxiliou o manuseio dos dados e os cálculos.

A Infraestrutura da Exploração consiste na retirada da vegetação por meio de tratores para a construção de estradas secundárias e nos pátios de estocagem das toras, sendo a área aberta o produto desta atividade. Segundo o estudo realizado por HOLMES *et al.* (2002), em ambos sistemas de exploração, utilizou-se um CATERPILLAR D6 SR/BULLDOZER, o qual consome 16 l/hora de diesel e 1,22 l/hora de óleo. A partir desses dados de consumo de combustível e os dados sobre a produtividade da operação (Tabela 1), pode-se calcular o fluxo de entrada de combustível e óleo dos sistemas estudados.

Tabela 1 - Parâmetros de produtividade do trator Caterpillar D6 Logger. Fonte: Holmes *et al.* (2002).

		m/hora	m ² /hora	Área aberta (m ²)
Estrada Secundária	EIR	200	672.00*	65
	EC	121.88	409.52*	135
Pátios	EIR	-	625	63
	EC	-	584	105

* Usa uma lâmina de 3,36 m (CATERPILLAR, apud RODRIGUES, 2013).

Para a realização do ICV do processo de extração, foram obtidos os dados do estudo de Holmes *et al.* (2002) referentes ao consumo energético dos equipamentos e ao rendimento médio das operações de corte, arraste e carregamento (Tabela 2), calculando-se assim o fluxo de entrada de combustível e óleo dos sistemas de exploração.

A partir desses resultados do ICV e da densidade do óleo diesel, pode-se utilizar o fator de emissão do *Universal Tractor* do GaBi (3,02 kg de CO₂/kg de diesel) para obter a emissão de gás carbônico da atividade. Para a emissão proveniente da queima da gasolina, utilizou-se o fator de

emissão de gás carbônico (2,35 kg CO₂/kg de gasolina) e de gás metano (0,0107 kg CH₄/kg de gasolina). O processamento dos dados e os cálculos realizados no *software* constam em anexo.

Tabela 2 - Parâmetros de consumo e rendimento médio das operações de extração.

	Processo	Equipamento	m ³ /hora	Consumo de combustível (l/hora)	Consumo de Lubrificantes (l/hora)
EC	Corte da árvore	Motosserra Stihl AV 51 c/ lâmina simples	20.46	1,3 (gasolina)	0,45
	Arraste	CAT D6	22.39	16 (diesel)	1,22
	Carregamento no Pátio	Caterpillar 938F	22.39	15 (diesel)	0,08
EIR	Corte da árvore	Motosserra Stihl AV 51 c/ lâmina giratória	18.65	0,78 (gasolina)	0,39
	Arraste	Caterpillar 525 C	31.66	15 (diesel)	0,21
	Carregamento no Pátio	Caterpillar 983F	31.66	15 (diesel)	0,08

Para fins deste estudo, a biomassa do sistema é subdividida em três categorias: a biomassa comercial extraída, a suprimida e a danificada indiretamente pelas atividades (Figura 6).

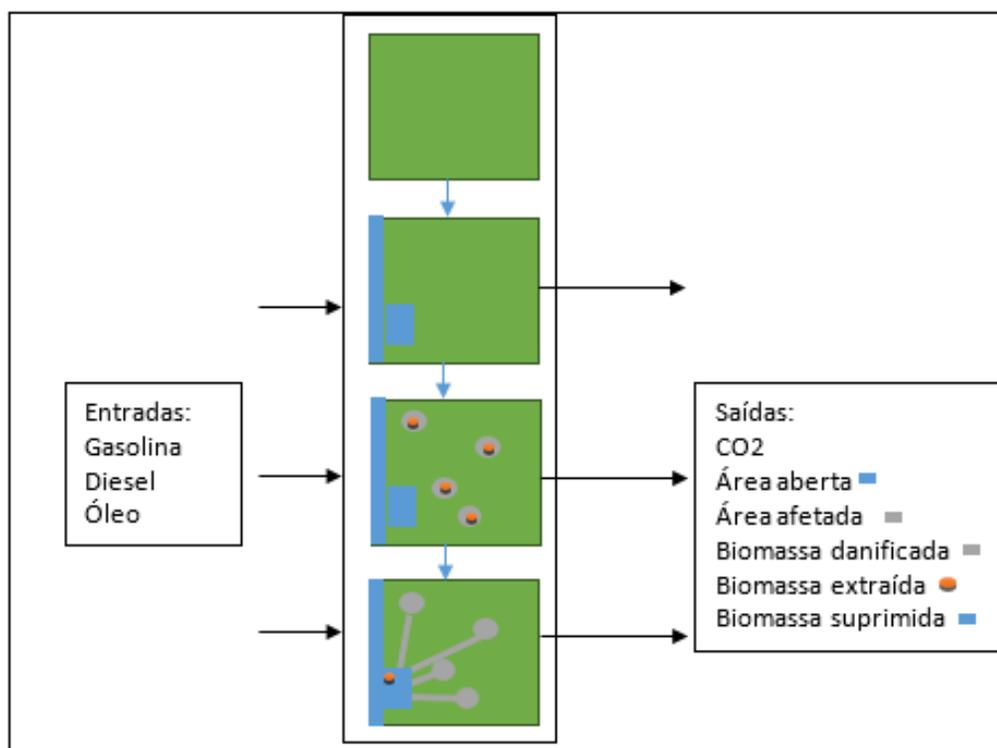


Figura 6 - Ilustração dos sistemas de exploração

Em ambos os sistemas de exploração, considerou-se a abertura das áreas de estradas secundárias e pátios feita por meio de corte raso e utilizando trator de esteiras (FFT, 2005), retirando-se, assim, toda a vegetação presente naquela área. Desse modo, a *biomassa suprimida* foi calculada a partir da área aberta conforme estudo feito por Holmes et al (2002) e considerando a estimativa da biomassa seca acima do solo de floresta da região de Paragominas de 309 t/ha (GERWING & VIDAL, 2002).

Para a *biomassa danificada*, Johns et al. (1996) levantou o número de indivíduos com DAP maior que 10 cm que apresentam danos severos e morrem imediatamente após as operações de corte e arraste dos dois tipos de exploração. Desse modo, pode-se quantificar a biomassa perdida por meio da densidade média de árvores com DAP maior que 10 cm na região de 0,67 g/cm³ (GERWING & VIDAL, 2002).

Considerou-se, neste estudo, um cenário conservador em que a biomassa retirada para construção da infraestrutura e da biomassa danificada pelas operações não são reaproveitadas. Nota-se também que a biomassa danificada, retirada e extraída, não se sobrepõe o que poderia causar dupla contagem e superestimação da degradação e da contribuição do aquecimento global.

As atividades de extração e arraste danificam os solos e a vegetação ali presente, mas estas não necessariamente passam por processo de corte raso ou exposição total do solo. Por falta de fluxo no GaBi mais condizente com o processo destas atividades, assim como a difícil caracterização destes danos, a *área afetada* pelas operações de corte e arraste não foi considerada pelo GaBi.

Para quantificar as emissões de CO₂ biogênico provenientes da decomposição da biomassa suprimida e danificada durante a exploração autorizada e a não autorizada, adotou-se os seguintes pressupostos:

- Densidade de peso seco da madeira de 0,69 g/cm³ (FEARNSIDE, 1997) para conversão do volume de biomassa em toneladas;
- Carbono em biomassa seca acima do solo de 49%;
- Fator de conversão de tC para tCO₂ de 3,66

4.3 Interpretação

Além do auxílio no processamento dos dados, utilizou-se o *software* GaBi 6 para o uso do método CML 2001 na avaliação dos impactos ambientais resultantes do ICV. No presente estudo, considerou-se apenas a categoria de impacto ambiental de Potencial de Aquecimento Global (PAG) do método, com horizonte de tempo de 100 anos, devido à importância do tema para as atividades florestais.

5 RESULTADOS

5.1 Inventário de Ciclo de Vida (ICV)

A seguir são evidenciados os Inventários de Ciclo de vida da exploração autorizada (Tabela 3) e da exploração não autorizada (Tabela 4).

Tabela 3 - Fluxos de entrada e saída e por processo da exploração autorizada.

Exploração autorizada – U.F (25,36 m ³ de tora/ha)						
Processos	Fluxo	Entrada		Saída		
		Quantidade	Unidade	Fluxo	Quantidade	Unidade
Infraestrutura	Diesel	3,16	l/ha	Área aberta	128	m ² /ha
	Óleo	0,24	l/ha	Biomassa suprimida	3,96	t/ha
				CO ₂	8	kg
Extração	Gasolina	1,06	l/ha	Área afetada	680	m ² /há
	Óleo lubrificante (corrente)	0,53	l/ha	Biomassa danificada	13,13	t/ha
				Tora	17,49	t/ha
				CH ₄	0,0107	kg
				CO ₂	1,83	kg
Arraste	Diesel	12,02	l/ha	Área afetada	390	m ² /ha
	Óleo	0,17	l/ha	Biomassa danificada	7,50	t/ha
				CO ₂	30,4	kg
Carregamento	Diesel	12,02	l/ha	CO ₂	30,4	kg
	Óleo	0,06	l/ha	Biomassa extraída	25,36	m³/ha

Tabela 4 - Fluxos de entrada e saída e por processo da exploração não autorizada.

Exploração não autorizada – U.F (25,36 m³ de tora/ha)						
Processos	Entrada			Saída		
	Fluxo	Quantidade	Unidade	Fluxo	Quantidade	Unidade
Infraestrutura	Diesel	8,16	l/há	Área aberta	240	m ² /ha
	Óleo	0,62	l/há	Biomassa suprimida	7,41	t/ha
Extração				CO ₂	20,6	kg
	Gasolina	1,61	l/há	Tora	17,49	t/ha
	Óleo lubrificante (corrente)	0,56	l/há	Área afetada	972	m ² /ha
				Biomassa danificada	19,29	t/ha
				CH ₄	0,0163	kg
				CO ₂	2,78	kg
Arraste	Diesel	18,12	l/há	Área afetada	766	m ² /ha
	Óleo	1,38	l/há	Biomassa danificada	16,88	t/ha
				CO ₂	45,9	kg
Carregamento	Diesel	16,99	l/há	CO ₂	43	kg
	Óleo	0,09	l/ha	Biomassa extraída	25,36	m³/ha

Analisando os fluxos do sistema da exploração autorizada, pode concluir que o fluxo de entrada do sistema é representado principalmente pelos recursos energéticos, sendo consumido 27,2 litros de óleo diesel e 1,06 litros de gasolina durante o processo produtivo para a extração de 25,36 m³ de tora. O consumo de diesel é mais representativo no processo de arraste e de carregamento. O fluxo de saída é representado principalmente pelo fluxo de tora extraída, madeira desperdiçada e emissões para a atmosfera.

Segundo o balanço feito pelo GaBi, as emissões para a atmosfera representam 5,65% do fluxo de saída e são majoritariamente representadas pela liberação de dióxido de carbono e vapor d'água. O restante do fluxo de saída é representado por 2,22% de emissões para a água. O restante do fluxo de saída é representado pela biomassa extraída, biomassa suprimida e biomassa danificada (92,2%). Considerando a densidade da madeira comercial amazônica de 0,69 g/cm³ (FEARNSIDE, 1997), extrai-se 17,49 toneladas de biomassa por hectare, enquanto que “perde-se” 24,59 toneladas de biomassa (suprimida+danificada).

De acordo com o ICV do sistema de exploração não autorizada registra-se o consumo total de 43,27 litros de óleo diesel e 1,61 litros de gasolina. Os recursos renováveis também representam

grande parte do fluxo de saída, 96,8% do fluxo de saída, representado por 43,6 toneladas de biomassa suprimida e danificada por hectare, enquanto que apenas 17,49 toneladas de biomassa extraída. Segundo o balanço do *software* GaBi, as emissões para a atmosfera representam 2,17% do fluxo de saída e para a água, 1%.

5.2 Avaliação dos impactos ambientais

Os dados levantados pelo inventário foram associados a categorias de impactos de potencial de aquecimento global (PAG), de acordo com o método CML 2001 disponível no *software* GaBi. Registrou-se que o processo de extração de 25,36 m³ de tora em um hectare de floresta Amazônica nativa sob exploração não autorizada apresenta o PAG de 127 kg de CO₂ eq. Ou seja, considerando a extração de 25,36 m³ de toras por hectare, o processo exploratório não autorizado emite 5 kg de CO₂ eq por m³ cúbico de tora extraído.

Dentre os processos principais e auxiliares, observa-se que as atividades de carregamento e arraste apresenta maiores contribuições percentuais para o PAG da exploração não autorizada do que os demais processos (Figura 7). Já durante o processo de exploração não autorizada de 25,36 m³ de tora em um hectare de Floresta Amazônica, emite-se 78,5 kg de CO₂ eq o que corresponde à emissão de 3,09 kg de CO₂ eq por m³ de tora extraída. Nota-se portanto a diferença de, aproximadamente, 38% das emissões entre a exploração autorizada e a exploração não autorizada. De modo semelhante à exploração não autorizada, os processos de arraste e carregamento apresentam maiores contribuições para o PAG do sistema de exploração autorizada (Figura 8).

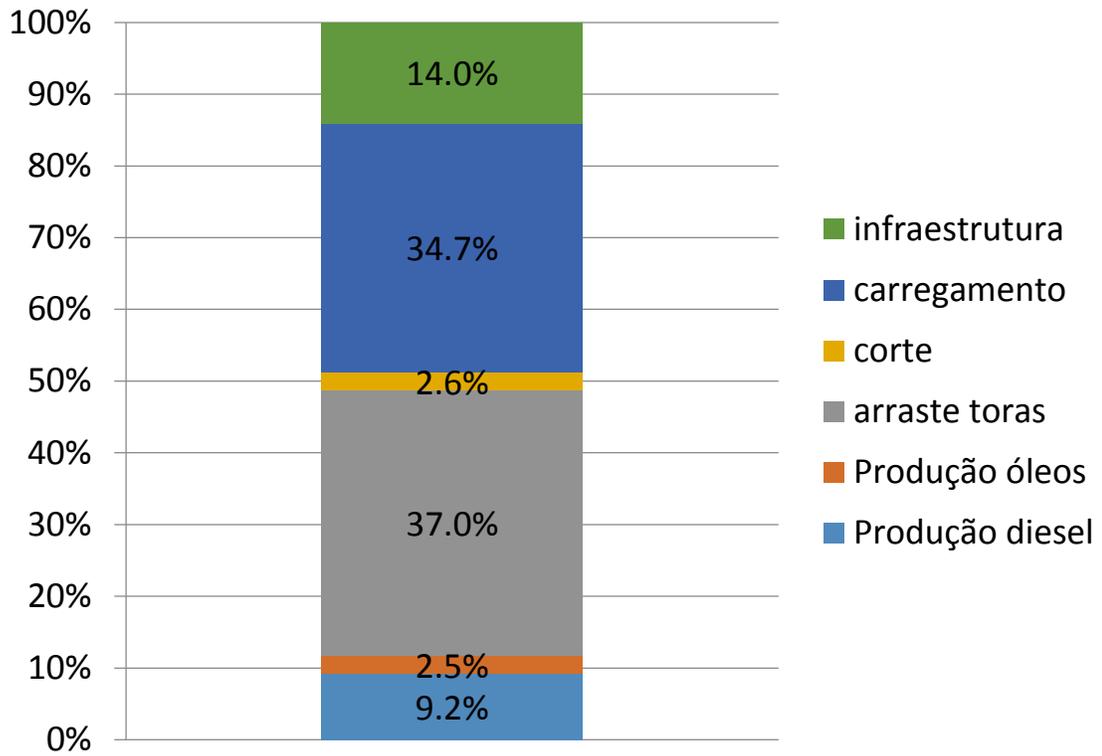


Figura 7 - Contribuição para o aquecimento global da exploração não autorizada.

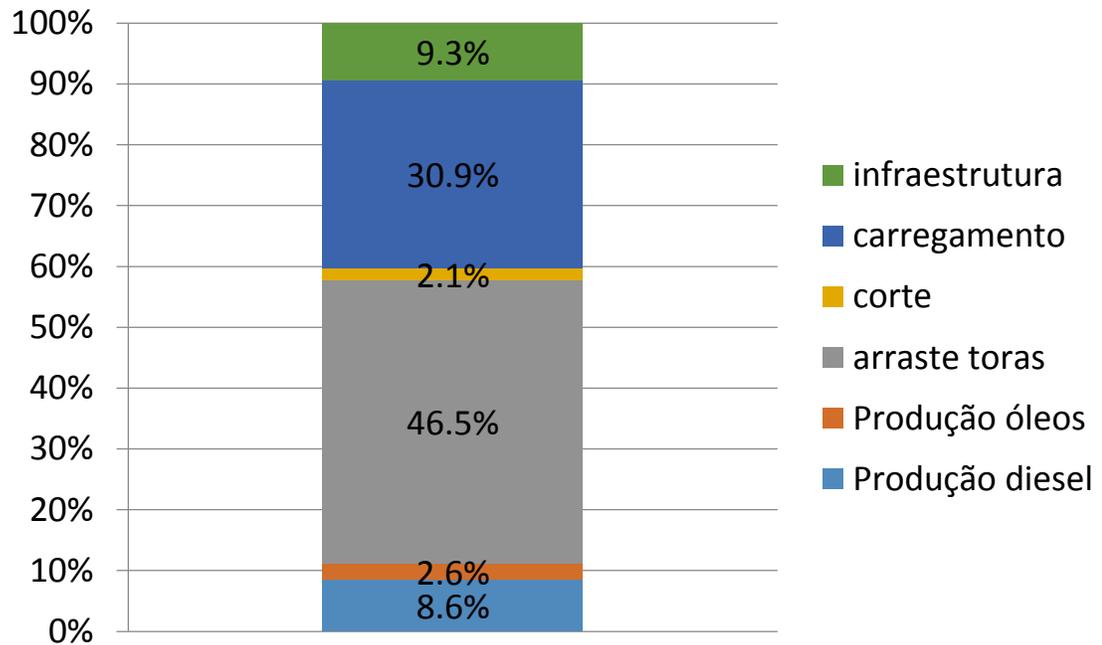


Figura 8 - Contribuição para o aquecimento global da exploração não autorizada.

6 DISCUSSÃO

Com exceção da atividade de extração, o óleo diesel é a fonte energética de todas as operações de exploração, sendo o principal fluxo de entrada nos sistemas de exploração estudados. Seu consumo, entretanto, é mais representativo nas atividades de arraste e carregamento no sistema de exploração não autorizada e, portanto, a contribuição para o aquecimento global destas atividades são mais representativas: a atividade de arraste na exploração autorizada emite 30,4 kg de CO₂ eq, enquanto que na não autorizada, 45,9 kg de CO₂ eq são emitidos (Figura 9).

As operações de carregamento também contribuem expressivamente para o PAG absoluto da exploração autorizada (30,40 kg de CO₂ eq) e exploração não autorizada (43,00 kg de CO₂ eq). Esse resultado também pode ser relacionado com o maior consumo de recursos energéticos nessa operação. Holmes *et al.* (2002) sugerem que a produtividade das operações de pátios é limitada pela produtividade do arraste. Além da contribuição da produtividade da operação de arraste na produtividade das operações do pátio, o planejamento prévio da exploração autorizada diminuiu a quantidade de madeira deixada inutilizada no pátio.

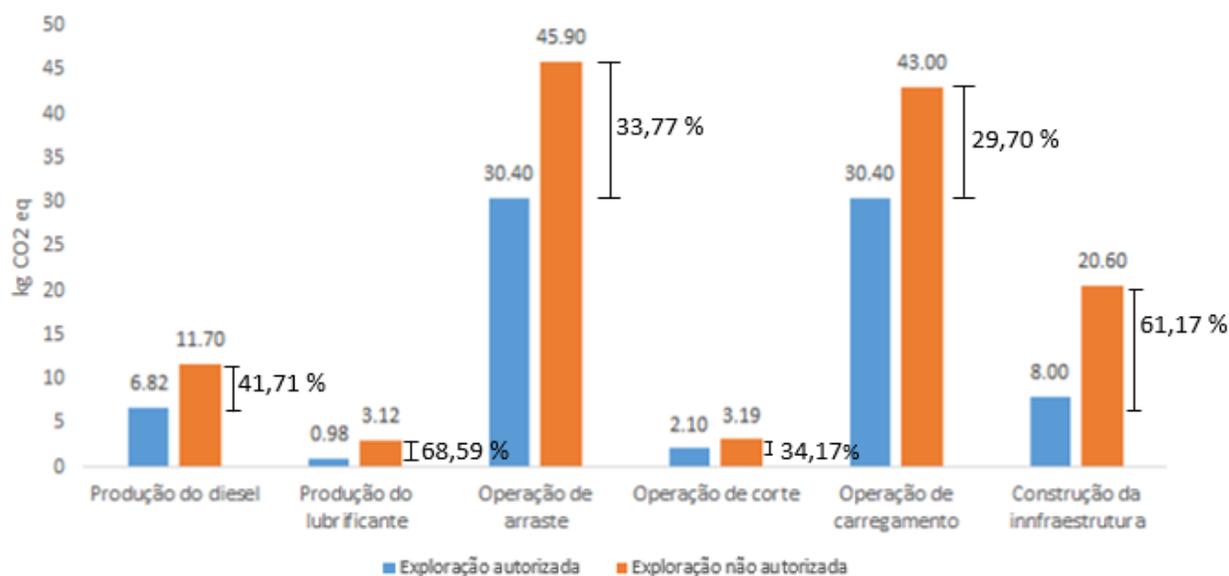


Figura 9 - Contribuição absoluta para o PAG e diferença percentual entre os processos dos sistemas exploratórios.

De acordo com a Figura 9, nota-se expressiva diferença percentual entre a contribuição do processo de produção de combustível e da construção da infraestrutura entre a exploração autorizada em relação a exploração não autorizada. Essa diferença do PAG deve-se a menor abertura de área e maior produtividade das operações no sistema de manejo florestal e, conseqüentemente, menor queima de combustível na operação.

Em relação ao processo de produção de óleo, a diferença do PAG entre os sistemas de exploração está relacionada ao maior consumo de óleo durante a atividade de arraste das toras da exploração não autorizada, conforme evidenciado no ICV. Neste estudo, tal resultado é atribuído à substituição do trator de esteira (CAD D6 SR) utilizado na exploração não autorizada pelo *skidder* de pneu (Caterpillar 525) utilizado na exploração autorizada, assim como ao planejamento das operações de manejo florestal. Dessa forma, o manejo florestal contribui com maiores velocidades das máquinas e menor tempo de operação e de deslocamento na floresta devido à demarcação com bandeiras nas estradas e curvas mais suaves, além do auxílio dos mapas, que diminuem os erros de localização das árvores (BARRETO *et al.*, 1998; AMARAL *et al.*, 1998) contribuindo com o aumento da produtividade da operação e diminuindo a necessidade de produção de óleo e de diesel. Contrariamente, muitos indivíduos extraídos na EC não são achados pela equipe de arraste, o que aumenta o desperdício das toras comerciais e contribui com voltas desnecessárias dos tratores na floresta (IFT, 2012). Observa-se, então, que a falta de planejamento na EC resultou em operações de arraste ineficiente, com desperdício e maior consumo de combustíveis fósseis e óleo.

Dykstra (2002) ressalta a importância de considerar outros fatores não contabilizados ao avaliar a dinâmica de carbono da atividade, pois o manejo florestal reduz os impactos gerados por hectare, mas aumenta os quilômetros rodados, o que promove maiores emissões da queima do combustível. Apesar de ter sido quantificado o consumo de combustível das atividades, o consumo pelas etapas pré e pós exploratórias do manejo florestal podem representar significativa diferença no consumo de diesel. Por outro lado, o manejo florestal tem a possibilidade de apresentar maior caráter sustentável por meio da substituição do uso de combustíveis fósseis pelo uso dos resíduos da exploração florestal local (RODRIGUES, 2012; BRANDÃO, 2009), o que também estaria associado à redução da emissão de dióxido de enxofre pela queima do diesel (BRANDÃO, 2009).

Esta troca dos combustíveis fósseis para biomassa é um forma de reduzir as emissões de GEE durante a exploração (MOURA-COSTA, 1996).

A depleção de recursos naturais renováveis é representada neste sistema pela madeira comercial extraída (biomassa comercial), pela vegetação remanescente danificada deixada na floresta (biomassa danificada) e a vegetação suprimida para a construção da infraestrutura (biomassa suprimida). Em ambos os sistemas, a construção da infraestrutura representa a atividade que causa maior depleção devido à remoção total da vegetação das áreas. Nota-se, entretanto, que, para este resultado, foi considerado o pressuposto conservador em que nenhum resíduo é reaproveitado na cadeia produtiva. Ademais, embora a cobertura temporal do estudo inicie um ano antes da exploração até as atividades exploratórias propriamente ditas, não é garantido que a decomposição da biomassa residual não ocorrerá, da mesma forma que não se sabe a quantidade de biomassa decomposta. Desse modo, surge a dúvida de como tratar o carbono em sistemas de exploração florestal em relação a sua neutralidade ou não.

Na avaliação dos impactos, considerou-se que o CO₂ biogênico absorvido pelas árvores no processo de fotossíntese não tinha contribuição para a categoria de aquecimento global. Entretanto, durante o Inventário do Ciclo de Vida, notou-se a expressiva diferença entre a biomassa suprimida e danificada na exploração autorizada em relação à exploração não autorizada. Dessa forma, quantificou-se as toneladas de CO₂ biogênico que a degradação total da biomassa danificada e suprimida emitiriam (Tabela 5).

Tabela 5 - Emissões de tCO₂ biogênico por hectare de floresta sob exploração autorizada e exploração não autorizada.

Tipo de exploração	Biomassa suprimida e danificada acima do solo (t/ha)	Total de carbono acima do solo afetada (tC/ha)	Total de emissões por área explorada (tCO₂/ha)
Autorizada	24,59	12,05	44,10
Não autorizada	43,58	21,35	78,14

É observado que para a exploração autorizada de 25,36 m³ de toras emitiria 44,10 tCO₂/ha, volume muito inferior ao observado para a exploração não autorizada (78,14 tCO₂/ha). Nota-se, portanto, a grande contribuição que a contabilização do carbono biogênico traria para a performance ambiental da exploração autorizada. Em áreas de EC, Campos (2012) constatou que a maior fonte emissora de CO₂ do processo produtivo da madeira serrada é proveniente da destruição da floresta. No estudo da ACV da produção da madeira serrada em áreas de EIR, Rodrigues (2013) indica que o maior contribuinte ao aquecimento global é a decomposição da matéria orgânica da serraria e da infraestrutura.

7 CONCLUSÃO

A avaliação de ciclo de vida neste estudo buscou analisar e comparar os impactos ambientais decorrentes da exploração florestal autorizada com os da exploração florestal não autorizada na Floresta Amazônica. Desse modo, observou-se que:

- O sistema de exploração autorizada mostrou melhor desempenho ambiental na categoria de potencial de aquecimento global durante esta análise do ciclo de vida da tora de madeira extraída, pois apresenta menor consumo de diesel em suas operações e, conseqüentemente, menor emissão de CO₂.
- Em ambos os sistemas exploratórios, o arraste é a atividade que mais contribui para o aquecimento global em números absolutos, seguido das atividades no pátio. Observa-se que as maiores diferenças percentuais entre os tipos de exploração estudados é referente ao processo de produção de óleo e construção da infraestrutura.

Outros impactos ambientais decorrentes da exploração florestal autorizada e da exploração florestal não autorizada apresentam elevadas incertezas. Portanto, de modo a aprofundar a análise comparativa dos sistemas em futuros estudos, recomenda-se a consideração de categorias de impactos ambientais significativas no processo de exploração madeireira em florestas nativas, como a perda de biodiversidade e a mudança do uso da terra.

Em meio às incertezas e variações observadas das atividades, principalmente aquelas relacionadas à EC, seria interessante a realização de análise de cenários. Ademais, seria interessante aumentar a cobertura temporal da análise, considerando assim a dinâmica florestal pós-exploração de ambos os sistemas florestais. Dessa forma, a neutralidade da liberação do carbono pelas atividades, principalmente em relação à degradação da biomassa residual e suas emissões de CO₂ biogênico, seria melhor discutida.

REFERÊNCIAS

AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. **Floresta para Sempre: um Manual para Produção de Madeira na Amazônia**. Belém: Imazon. 1998.

BALIEIRO, M.; ESPADA, A. L. V.; NOGUEIRA, O.; PALMIERI, R.; LENTINI, M. **As concessões de florestas públicas na Amazônia Brasileira: um manual para pequenos e médios produtores florestais**. IMA- FLORA e IFT. Piracicaba: IMAFLORA, 2010. 205 p.

BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL, E.; UHL, C. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 108, p. 9- 26. 1998.

BOSNER, A.; PORSINKY, T.; STANKIC, I. **Forestry and life cycle assessment. Global perspectives on sustainable forest management**. 978-953. 2012.

BRANDÃO, P. C. **Sustentabilidade da produção madeireira e potencial para geração de energia em Manejo Florestal Comunitário, FLONA do Purus, Amazônia Ocidental**. 2009.

BRASIL. Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. **Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável e dá outras providências**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=485>>, acessado em 20 de setembro de 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília: MCT. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Normas Florestais Federais para a Amazônia**. Brasília: IBAMA, 2007. 417 p.

BRASIL. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima.** Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf>, acessado em 05 de Agosto de 2016.

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. **Planejamento da extração madeireira dentro de critérios econômicos e ambientais.** Rio Branco: Embrapa Acre. 2001.

CAMPOS, Érica Ferraz de. **Emissão de CO₂ da madeira serrada da Amazônia: o caso da exploração convencional.** Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo. 2012.

CANALS, L. M. I. Land use in LCA: A new subject area and call for papers. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 12(1), 1-1. 2007

COALIZÃO. **Coalizão Brasil – Clima, Florestas e Agricultura.** Disponível em <<http://coalizaobr.com.br/2016/index.php/docs/documentos-da-coalizacao>>, acessado em 08 de setembro 2016.

DYKSTRA, D. P. **Reduced impact logging: concepts and issues.** In: FAO. Applying reduced impact logging to advance sustainable forest management. Bangkok, 2002. Chap. 2, p. 23-29.

ESHUN, J. F.; POTTING, J.; LEEMANS, R. LCA of the timber sector in Ghana: preliminary life cycle impact assessment (LCIA). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 16(7), 625-638. 2011.

EUROPEAN COMMISSION. **International Reference Life Cycle Data Systema (ILCD) Handbooll – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance.** Joint Research Center, Institute for Environment and Sustainability: Luxembourg, 2010. 417p.

FAO. **Forestry for a low-carbon future.** Forestry Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016.

FEARNSIDE, P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest ecology and management**, 90(1), 59-87. 1997.

FEARNSIDE, P. M. **Efeitos de uso de terra e manejo florestal no ciclo de carbono na Amazônia brasileira.** pp. 173-196 In: V. Fleischresser (ed.) Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 436 pp. 2001.

FEARNSIDE, P. M.; *et al.* Biomass and greenhouse-gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian “arc of deforestation”: The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management** 258.9: 1968-1978. 2009.

FEARNSIDE, P.M. Brazil's Amazonian forest carbon: the key to Southern Amazonia's significance for global climate. **Reg Environ Change**. 2016.

FREDERICKSEN, T; PUTZ, F. Silvicultural intensification for tropical Forest conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, n. 7, p. 1445-1453. 2003.

GERWING, J.; VIDAL, E. Degradação de Florestas pela exploração madeireira e fogo na Amazônia oriental brasileira. **Série Amazônia**, v. 20. 2002.

GVces. **Contribuições para a análise de viabilidade econômica das propostas referentes à decuplicação da área de manejo florestal sustentável**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. 2015.

HEINIMANN, H. R. Life cycle assessment (LCA) in forestry—state and perspectives. **Croatian Journal of Forest Engineering** 33.2. 2012.

HIGUCHI, N. Utilização de manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. **Acta Amazônica**, 24(3-4): 1994. p.275-288.

HOLMES, T. P.; BLATE, G. M.; ZWEEDE, J. C.; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. **Custos e benefícios financeiros da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. Belém: Fundação Floresta Tropical, 66p., 2ª edição. 2002.

HUANG, M.; ASNER, G. P. Long-term carbon loss and recovery following selective logging in Amazon forests. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 24, n. 3. 2010.

INSTITUTO FLORESTA TROPICAL - IFT. **Manejo florestal e exploração de impacto reduzido em florestas naturais de produção da Amazônia**. Informativo Técnico do IFT 1. Belém: IFT, 2012. Disponível em <www.ift.org.br>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite – Projeto PRODES**, disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>, acessado em 16/10/2016.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION - ISO. **International Standard 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and Framework**. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 2006.

IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories** - Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use - Chapter 4: Forest land. Intergovernmental panel on climate change. 2006.

IPCC. **Glossary**. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

IPCC. **Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects**. Cambridge University Press, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.

ITTO. **Biennial review and assessment of the world timber situation 2013-2014**. International Tropical Timber Organization. Yokohama, Japan. 2014.

JOHNS, J. S.; BARRETO, P.; UHL, C. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. **Forest ecology and management** 89, no. 1. 1996.

KELLER, M.; ASNER, G.; SILVA N.; PALACE, M. **Sustainability of selective logging in upland forests in the Brazilian Amazon**. Working Forests in the Neotropics: Conservation Through Sustainable Management?, 41. 2004.

KOELLNER, T.; SCHOLZ, R. Assessment of land use impacts on the natural environment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 13(1), 32-48. 2008.

LINDEIJER, E. Review of land use impact methodologies. **Journal of Cleaner Production**, 8(4), 273-281. 2000.

LUZ, L. M. **Proposta de modelo para avaliar a contribuição dos indicadores obtidos na análise do ciclo de vida sobre a geração de inovação na indústria**. 2011. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

MACHADO, P. L. O. de A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global**. Quím. Nova, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334. 2005.

MARTIN, P. A. et al. Impacts of tropical selective logging on carbon storage and tree species richness: A meta-analysis. **Forest Ecology and Management**, v. 356, p. 224-233. 2015.

MAY, B.; ENGLAND, J.; RAISON, R.; PAUL, K. Cradle-to-gate inventory of wood production from Australian softwood plantations and native hardwood forests: embodied energy, water use and other inputs. **Forest Ecology and Management**, 264, 37-50. 2012.

MENDES, Natalia Crespo. **Métodos e modelos de caracterização para avaliação de impacto do ciclo de vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil**. Dissertação (Mestrado

em Processos e Gestão de Operações) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2013.

MONTEIRO, A.; CARDOSO, D.; CONRADO, D.; VERÍSSIMO, A.; SOUZA Jr. **Boletim Transparência Manejo Florestal Estado do Pará (2011-2012)**. Imazon, Belém. 2013.

MOURA-COSTA, P. **Tropical forestry practices for carbon sequestration**. Dipterocarp Forest Ecosystems: Towards Sustainable Management, World Scientific: Singapore, p. 308-334. 1996.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J.; BISHOP, J., ... & PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest ecology and management**, 154(3), 395-407. 2001.

NEPSTAD, D.; STICKLER, C.; SOARES-FILHO, B.; MERRY, F. **Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 363(1498), 1737-1746. 2008.

NOGUEIRA, E. M. et al. Wood density in forests of Brazil's arc of deforestation: implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 248, n. 3, p. 119-135. 2007.

OLIVEIRA, A. N. de; AMARAL, I. L. do. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 34, n.1, 2004. p.21-34.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos Florestais da Amazônia**. IMAZON – Belém, PA. 2010.

PINARD, M.; PUTZ, F. Retaining forest biomass by reducing logging damage. **Biotropica**: 278-295. 1996.

PUTZ, F. E.; SIST, P.; FREDERICKSEN, T.; DYKSTRA, D. Reduced-impact logging: challenges and opportunities. **Forest ecology and management**, 256(7), 1427-1433. 2008a

PUTZ, F. E; ZUIDEMA, P.A.; PINARD M.A.; BOOT, R. G. A; SAYER, J.A., *et al.* **Improved tropical forest management for carbon retention**. PLoS Biol 6(7): e166. 2008b

REID, M; *et al.* **Using Wood Products to Mitigate Climate Change**. International Institute for Environment and Development, January 2004.

RIBEIRO, P. H. **Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio à avaliação do ciclo de vida: fertilizantes nitrogenados**. 343f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

RODRIGUES, C. R. B.; ZOLDAN, M. A.; LEITE, M. L. G.; OLIVEIRA, I. L. **Sistemas computacionais de apoio a ferramenta Análise do Ciclo de Vida do Produto (ACV)**. Enegep, 2008.

RODRIGUES, Thiago Oliveira. **Avaliação dos Impactos Ambientais da Produção de Bioóleo a partir de Serragem no Estado do Pará**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.TD – 29/2013, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2013.

SABOGAL, C. **Diretrizes técnicas de manejo para produção madeireira mecanizada em florestas de terra firme na Amazônia brasileira / César Sabogal...[et al .].** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 217p

SILVA, Diogo Aparecido Lopes. **Avaliação do Ciclo de Vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, USP, São Carlos, 2012.

SILVA, Jéssika Luane Silva. **Danos florestais e estimativa da redução no estoque de carbono em áreas de manejo florestal sob concessão pública: Floresta Nacional do Jamari – RO, Brasil**. Manaus, AM. 2014.

SILVIA, Paulo Henrique da. **Desenvolvimento de modelo para alocação ótima de pátios de estocagem de madeira**. Lavras: UFLA. 2014.

UHL, C.; BARRETO, P.; VERISSIMO, A.; VIDAL, E.; AMARAL, P.; BARROS, A. C.; SOUZA Jr., C., GERQING, J., JOHNS, J. An integrated research approach for addressing natural management problems in the Brazilian Amazon. **Bioscience**, v. 47, n. 3. p. 160 - 168. 1997.

VERÍSSIMO, A. *et al.* Logging impacts and prospects for sustainable Forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 55, p. 169-199. 1992.

VIEIRA, S.; TRUMBORE, S.; CAMARGO, P. B.; SELHORST, D.; CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; MARTINELLI, L. A. **Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102(51), 18502-18507. 2005.

WEST, T. A.; VIDAL, E.; PUTZ, F. E. Forest biomass recovery after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. **Forest Ecology and Management**, 314, 59-63. 2014.

ANEXOS

EC-30 m³/ha

Plano de processo GaBi:Quantidades de referência
Os nomes dos processos básicos são mostrados.

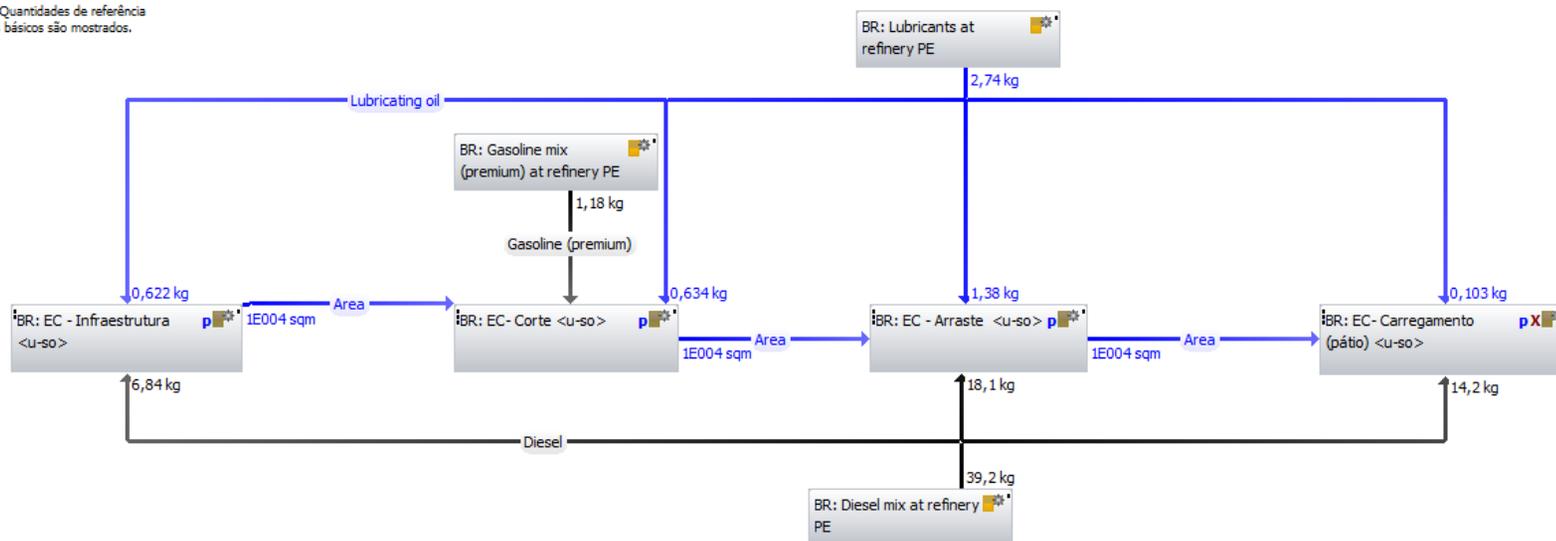


Figura 10 - Fluxograma geral do sistema de exploração não autorizada.

BR: EC - Infraestrutura <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda



Nome BR EC - Infraestrutura

Parâmetro	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio p	Comentários, unidades, omissões
AGB_ha_viva		309			0 %	[t] Gerwing et al. 2002 - estudo em Paragominas, PA.
Área_aberta		240			0 %	[m²/ha] 135 m² estrada e 105 m² pátios - Holmes et al., (2004)
Biomassa_sup	$0,0240 * AGB_ha_viva$	7,42				[t]
CO2emiss	$CO2trator * diesel_kg$	20,6				
CO2trator		3,02			0 %	[kg/kgdiesel] segundo tractor universal do GaBi
diesel_kg	$Dieseltrator * 0,837520938023451$	6,84				
Dieseltrator	8,1611	8,16				[/ha] consumo diesel para pátio+estrada 2ª - Holmes et al., (2004)
óleoator	0,6223	0,622				[/ha] consumo óleo para pátio+estrada 2ª - Holmes et al., (2004)
<i>Parâmetro</i>						

ACV ACC: 4,78 EUR ACTT Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem	Comentário
Dieseltrator	Diesel [Refinery products]	Mass	6,84	0,838	kg	X	0 %	Literature	
óleoator	Lubricant (unspecified) [Operating materials]	Mass	0,622	1	kg	X	0 %	Literature	
	Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm		0 %	(Nenhum enunciado)	
AGB_ha_viva	Primary forest [Renewable resources]	Mass	9,55E004	309	kg		0 %	Literature	
<i>Fluxo</i>									

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem	Comentário
	Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia	
Biomassa_sup	Wood and wood waste, 9.5 MJ per kg [Renewable resources]	Mass	2,31E005	3,11E004	kg	*	0 %	Calculated	
CO2emiss	Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	20,6	1	kg		0 %	Estimated	
	Mixed forest area [Areas]	Area	1,03E003	1,03E003	sqm		0 %	Literature	área aberta = pátio-
<i>Fluxo</i>									

Figura 11 - Processo de construção da infraestrutura da exploração não autorizada.

BR: EC- Corte <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda



Nome BR EC- Corte

Parâmetros

Parâmetro /	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio p	Comentários, unidades, omissões
AGB		309			0 %	[t/ha] Gerwing et al., (2002) para região de Paragominas
biomassa_afet	$670 * 28,8$	1,93E004				[kg/ha] 7,2 árv. danif/árv. extr. -> 4 árv. extr -> 28,8 - 670 kg/m³ -> árv. não comerciais DAP > 10cm
CH4Gasolina	$0,01376338 * (735 / 1000) * Gasolina$	0,0163				
CO2Gasolina	$2,35 * (735 / 1000) * Gasolina$	2,78				
Gasolina		1,61			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
ÓleoMotosserr		0,558			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
tora_ha		25,4			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
<i>Parâmetro</i>						

ACV ACC: 0 EUR ACTT Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Entradas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem	Comentário
	➔ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia	
Gasolina	➔ Gasoline (regular) [Refinery products]	Mass	1,18	0,735	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
ÓleoMotosserra	➔ Lubricant (unspecified) [Operating materials]	Mass	0,634	1,14	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
<i>Fluxo</i>									

Saídas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem	Comentário
	➔ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia	
biomassa_afetad	➔ Wood and wood waste, 9.5 MJ per kg [Renewable resources]	Mass	1,93E004	1	kg	*	0 %	(Nenhum enunciado)	
CO2Gasolina	➔ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	2,78	0,999	kg		0 %	(Nenhum enunciado)	
CH4Gasolina	➔ Methane [Organic emissions to air (group VOC)]	Mass	0,0163	1	kg		0 %	(Nenhum enunciado)	
<i>Fluxo</i>									

Figura 12 - Processo de corte da exploração não autorizada.

BR: EC - Arraste <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda



Nome BR EC - Arraste

Parâmetros

Parâmetro /	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio p	Comentários, unidades, omissões
Área_afetada		766			0 %	[m²/ha]
biomassa_dan	$670 * 25,2$	1,69E004				[t/ha] [t] Gerwing et al. 2002 - estudo em Paragominas, PA.
CO2emiss	$CO2trator * diesel_kg$	45,9				
CO2trator		3,02			0 %	[kg/kgdiesel] segundo trator universal do GaBi
diesel_ha		18,1			0 %	[l/ha] Holmes et al., 2004
diesel_kg	$diesel_ha * 0,837520938023451$	15,2				
óleo_ha		1,38			0 %	[l/ha] Holmes et al., 2004
tora_ha		25,4			0 %	[m³/ha] Holmes et al., (2004)
<i>Parâmetro</i>						

ACV ACC: 12,7 EUR ACTT Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Entradas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fiv	Desvio p	Origem	Comentário
	→ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia	
diesel_ha	→ Diesel [Refinery products]	Mass	18,1	0,998	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
óleo_ha	→ Lubricant (unspecified) [Operating materials]	Mass	1,38	1	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
<i>Fluxo</i>									

Saídas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fiv	Desvio p	Origem	Comentário
	→ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia	
biomassa_danifi	→ Wood and wood waste, 9.5 MJ per kg [Renewable resources]	Mass	1,69E004	1	kg	*	0 %	(Nenhum enunciado)	
CO2emiss	→ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	45,9	1	kg		0 %	(Nenhum enunciado)	
	→ Mixed forest area [Areas]	Area	766	766	sqm		0 %	(Nenhum enunciado)	
<i>Fluxo</i>									

Figura 13 - Processo de arraste da exploração não autorizada.

BR: EC- Carregamento (pátio) <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda



Nome BR EC- Carregamento (pátio)

Parâmetros

Parâmetro /	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio p	Comentários, unidades, omissões
Area		1			0 %	[ha]
CO2emiss	CO2trator*diesel_kg	43				
CO2trator		3,02			0 %	[kg/kgdiesel] segundo tractor universal do GaBi
diesel_ha		17			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
diesel_kg	diesel_ha*0,837520938023451	14,2				
óleo_ha		0,0906			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
Tora	tora_ha*Area	25,4				[m³/ha] Holmes et al., (2004)
tora_ha		25,4	23	27	0 %	
<i>Parâmetro</i>						

ACV ACC: 9,96 EUR ACTT Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Entradas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem
	→ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia
diesel_ha	→ Diesel [Refinery products]	Mass	14,2	0,838	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia
óleo_ha	→ Lubricant (unspecified) [Operating materials]	Mass	0,103	1,14	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia
<i>Fluxo</i>								

Saídas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem
Tora	→ Hard wood, dry matter, raw material [Renewable resources]	Mass	1,78E004	700	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia
CO2emiss	→ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	43	1	kg		0 %	(Nenhum enunciado)
<i>Fluxo</i>								

Figura 14 - Processo de carregamento da exploração não autorizada.

EIR - 30 m³/ha

Plano de processo GaBi:Quantidades de referência
Os nomes dos processos básicos são mostrados.

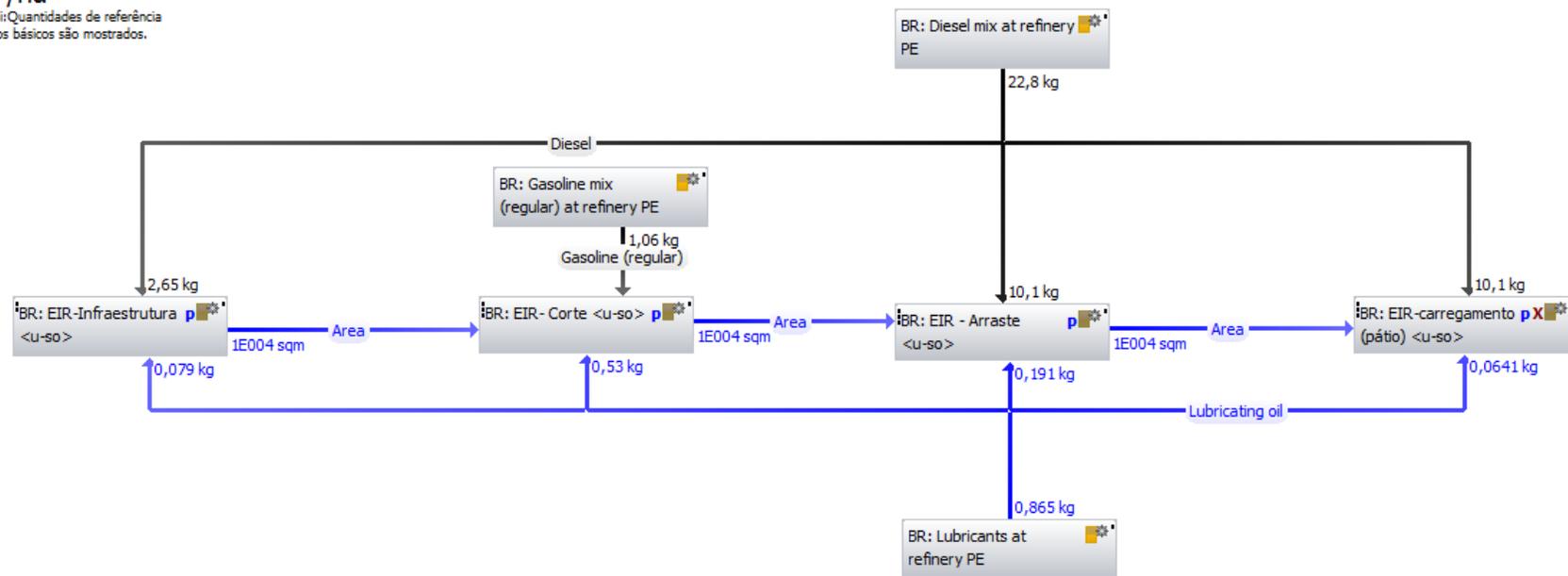


Figura 15 - Fluxograma geral do sistema de exploração autorizada.

BR: EIR-Infraestrutura <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda



Nome BR EIR-Infraestrutura

Parâmetros

Parâmetro /	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio %	Comentários, unidades, omissões
AGB_ha_viva		309			0 %	[t/ha] Gerwing e Vidal, 2002 - estudo em Paragominas, PA.
Área_aberta		0,0128			0 %	[m²] 65 m²/estrada 2ª + 63 m²/pátio (HOLMES et al., 2004).
Biomassa_sup	0,0128*AGB_ha_viva	3,96				[t] estrada 2ª + pátio
CO2emiss	CO2trator*diesel_kg	8				
CO2trator		3,02			0 %	[kg/kgdiesel] segundo trator universal do GaBi
diesel_kg	Dieseltrator*0,837520938023451	2,65				
Dieseltrator		3,16			0 %	[l/ha] consumo diesel trator para pátio+estrada 2ª
óleotrator		0,241			0 %	[l/ha]
<i>Parâmetro</i>						

ACV ACC: 1,85 EUR ACTT Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Entradas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade Fiv	Desvio %	Origem	Comentário
Dieseltrator	➔ Diesel [Refinery products]	Mass	2,65	0,838	kg	X 0 %	Literature	
óleotrator	➔ Lubricant (unspecified) [Operating materials]	Mass	0,079	0,328	kg	X 0 %	Literature	
	➔ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	0 %	(Nenhum enunciado)	
	➔ Primary forest [Renewable resources]	Mass	3,09E005	3,09E005	kg	0 %	Literature	
<i>Fluxo</i>								

Saídas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade Fiv	Desvio %	Origem	Comentário
	➔ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X 0 %	(Nenhum enuncia	
Biomassa_sup	➔ Wood and wood waste, 9.5 MJ per kg [Renewable resources]	Mass	2,52E004	6,37E003	kg	* 0 %	Calculated	
CO2emiss	➔ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	8	1	kg	0 %	Estimated	
	➔ Mixed forest area [Areas]	Area	128	128	sqm	0 %	Literature	área aberta = pátio
<i>Fluxo</i>								

Figura 16 - Processo de construção da infraestrutura da exploração autorizada.

BR: EIR- Corte <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda

Nome BR EIR- Corte

Parâmetros

Parâmetro /	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio p	Comentários, unidades, omissões
AGB_ha_viva		309			0 %	[t/ha] [t] Gerwing et al. 2002 - estudo em Paragominas, PA.
área_afetada		680			0 %	[m²/ha] Johns, 1996
bio_afet_danc	$19,6 * 670$	1,31E004				[kg/ha] 4,9 árv. danif/árv. extr. -> 4 árv. extr -> 29,4 - 670 kg/m³ -> árv. não comerciais DAP > 10cm
CH4Gasolina	$0,01376338 * (735/1000) * \text{GasolMotosserra}$	0,0107				kgCH4/kg Gasolina] Unnasch
CO2Gasolina	$2,35 * (735/1000) * \text{GasolMotosserra}$	1,83				[kgCO2/kg gasolina] CETESB -> 2,35 kgCO2/kg gasolina
GasolMotosser		1,06			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
ÓleoMotosserr		0,53			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
tora_ha		25,4			0 %	[m³/ha] Holmes et al., (2004)
<i>Parâmetro</i>						

ACV ACC: 0 EUR ACTT Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Entradas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem	Comentário
	➔ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %		(Nenhum enuncia
GasolMotosserra	➔ Gasoline (regular) [Refinery products]	Mass	1,06	1	kg	X	0 %		(Nenhum enuncia
ÓleoMotosserra	➔ Lubricant (unspecified) [Operating materials]	Mass	0,53	1	kg	X	0 %		(Nenhum enuncia
<i>Fluxo</i>									

Saídas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio p	Origem	Comentário
	➔ Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %		(Nenhum enuncia
bio_afet_danos	➔ Wood and wood waste, 9.5 MJ per kg [Renewable resources]	Mass	1,31E004	1	kg	*	0 %		(Nenhum enunciado)
CO2Gasolina	➔ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	1,83	1	kg		0 %		(Nenhum enunciado)
CH4Gasolina	➔ Methane [Organic emissions to air (group VOC)]	Mass	0,0107	1	kg		0 %		(Nenhum enunciado)
<i>Fluxo</i>									

Figura 17 - Processo de corte da exploração autorizada.

BR: EIR - Arraste <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda



Nome BR EIR - Arraste

Parâmetros

Parâmetro /	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio %	Comentários, unidades, omissões
área_afetada		390			0 %	[m²/ha] Holmes et al., (2004)
biomassa_dan	11,2*670	7,5E003				[kg/ha] 2,8 árv. danif/árv. extr. -> 4 árv. extr. -> 16,8 / 670 kg/m³ DAP >10cm
CO2emiss	CO2trator *Dieseltrator	30,4				[kgCO2/kgdiesel]
CO2trator		3,02			0 %	[kg/kgdiesel] segundo tractor universal do GaBi
diesel_ha		12			0 %	[l/ha] Holmes et al., 2004
Dieseltrator	diesel_ha*0,837520938023451	10,1				
óleo_ha		0,168			0 %	[l/ha] Holmes et al., 2004
tora_ha		25,4			0 %	[m³/ha] Holmes et al., (2004)
<i>Parâmetro</i>						

ACV ACC: 7,04 EUR ACTT Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Entradas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio %	Origem	Comentário
	Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia	
diesel_ha	Diesel [Refinery products]	Mass	10,1	0,838	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
óleo_ha	Lubricant (unspecified) [Operating materials]	Mass	0,191	1,14	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
<i>Fluxo</i>									

Saídas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio %	Origem	Comentário
	Area [Areas]	Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia	
CO2emiss	Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	30,4	1	kg		0 %	(Nenhum enunciado)	
biomassa_danos	Wood and wood waste, 9.5 MJ per kg [Renewable resource]	Mass	7,5E003	1	kg		0 %	(Nenhum enunciado)	
<i>Fluxo</i>									

Figura 18 - Processo de arraste da operação autorizada.

BR: EIR-carregamento (pátio) <u-so> [Field technique] -- BD Processo

Objeto Editar Visualização Ajuda

Nome BR EIR-carregamento (pátio)

Parâmetros

Parâmetro /	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio p	Comentários, unidades, omissões
Area		1			0 %	[ha]
CO2emiss	CO2trator *diesel_kg	30,4				[kgCO2/kgdiesel]
CO2trator		3,02			0 %	[kg/kgdiesel] segundo tractor universal do GaBi
diesel_ha		12			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
diesel_kg	diesel_ha *0,837520938023451	10,1				[kg]
óleo_ha		0,0641			0 %	[l/ha] Holmes et al., (2004)
Tora	25,36 *Area	25,4				[m³/ha]Holmes et al., (2004)
<i>Parâmetro</i>						

ACV
ACC: 7,04 EUR
ACTT
Documentação

Suficiência Nenhum enunciado

Entradas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fiv	Desvio p	Origem
	➔ Area [Areas]	🌿 Area	1E004	1E004	sqm	X	0 %	(Nenhum enuncia
diesel_ha	➔ Diesel [Refinery products]	🌿 Mass	10,1	0,838	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia
óleo_ha	➔ Lubricant (unspecified) [Operating materials]	🌿 Mass	0,0641	1	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia
<i>Fluxo</i>								

Saídas

Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fiv	Desvio p	Origem
CO2emiss	➔ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	🌿 Mass	30,4	1	kg		0 %	(Nenhum enunciado
Tora	➔ Hard wood, dry matter, raw material [Renewable resources]	🌿 Mass	1,78E004	700	kg		0 %	(Nenhum enunciado
<i>Fluxo</i>								

Figura 19 - Processo de carregamento da exploração autorizada.