

Projeto Compras e Inovação

Compras Sustentáveis pela Inovação e
por uma Economia Verde e Inclusiva

Relatório técnico dos estudos
sobre a pegada de carbono:
documento impresso e digital
e do serviço de impressão

Janeiro, 2015

PARCERIA

APOIO



Projeto “Compras Sustentáveis pela Inovação e por uma Economia Verde e Inclusiva” (Green Public Procurement for Innovation and Green Growth)

Relatório técnico dos estudos sobre a pegada de carbono: documento impresso, digital e serviço de impressão

Contratante: ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade (Secretariado para América do Sul - SAMS)

Contratado: Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Fundação Getulio Vargas (FGV - EAESP) |
Autores: Felipe Giasson, Gabriela Alem Appugliese, Luciana Betiol, Ricardo Dinato

Beneficiários do Projeto: Ministérios do Planejamento, Orçamento e Gestão (MP); Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC)

Implementador: ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade (Secretariado para América do Sul - SAMS)

Parceria: ICLEI - Secretariado Europeu e Centro em Compras Sustentáveis na Alemanha

Apoio: Embaixada Britânica em Brasília

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)

Ministro

Armando Monteiro Neto

Secretário de Desenvolvimento da Produção

Carlos Augusto Grabois Gadelha

Diretor do Departamento de Competitividade Industrial

Alexandre Comin

Coordenadora-Geral de Estudos e Análise da Competitividade e Desenvolvimento Sustentável

Beatriz Martins Carneiro

Assistente Técnico

Demétrio Florentino de Toledo Filho



ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade Secretariado para América do Sul (SAMS)

Conselho Diretor:

Diretor-Presidente ICLEI Brasil

Pedro Roberto Jacobi (PROCAM/USP)

Diretor Administrativo ICLEI Brasil

Fernando Nabais da Furriela

Diretor Auxiliar ICLEI Brasil

Gino Van Begin

Equipe ICLEI - SAMS

Jussara de Lima Carvalho - Secretária Executiva - CEO

Florence Karine Laloë - Assessora Especial / Coordenação Geral do Projeto

Sophia Picarelli – Coordenadora de Projetos

Fabiana Barbi – Consultora Associada

ICLEI - Secretariado Europeu e Centro em Compras Sustentáveis

Diretor de Compras Sustentáveis

Mark Hidson

Projeto gráfico e diagramação

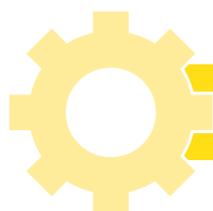
Walkyria Garotti

O ICLEI-Brasil e o MDIC autorizam a reprodução e divulgação total ou parcial deste relatório, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte: ICLEI-BRASIL, MDIC. Relatório técnico dos estudos sobre a pegada de carbono: documento impresso e digital e do serviço de impressão. São Paulo, 2015. Nenhum tipo de uso deste relatório pode ser feito para revenda ou fins comerciais sem prévia autorização por escrito do ICLEI-Brasil e do MDIC.

Agradecimentos

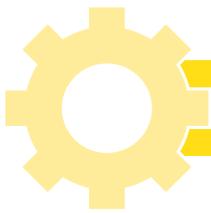
Ao Conselho Diretor do ICLEI Brasil e à equipe internacional do ICLEI pelo seu apoio constante.

Os interessados podem se comunicar conosco através de iclei-sams@iclei.org e acessando nossos sites www.iclei.org/sams/portugues e www.sustainable-procurement.org



SUMÁRIO

GLOSSÁRIO - CONCEITOS RELACIONADOS À ACV	5
1. INTRODUÇÃO SOBRE O PROJETO	6
2. CONCEITOS E ELEMENTOS DA ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA	7
2.1. A abordagem do ciclo de vida para diferentes públicos	11
3. DESCRIÇÃO DO MÉTODO 'GHG PROTOCOL PARA PRODUTOS'	13
3.1. Métodos para quantificação da pegada de carbono	13
3.2. Fundamentação metodológica GHG Protocol para Produtos	14
4. CONTEXTO DO SETOR SERVIÇOS DE IMPRESSÃO	19
5. APLICAÇÃO DO MÉTODO PARA A INICIATIVA 'INOVA CPS' 'GHG PROTOCOL PARA PRODUTOS'	21
5.1. Estudo 1 Pegada de carbono comparativa de documento impresso e digital	24
5.1.1. Caracterização do produto e escopo	24
5.1.2. Definição de fronteiras	24
5.1.3. Coleta de dados	26
5.1.3.1. Aquisição de materiais e pré-processamento	27
5.1.3.2. Produção	29
5.1.3.3. Distribuição e armazenamento	30
5.1.3.4. Uso	30
5.1.3.5. Fim de vida	31
5.2. Estudo 2 Pegada de carbono do serviço de impressão (outsourcing)	31
5.2.1. Caracterização do produto e escopo	31
5.2.2. Definição de fronteiras	32
5.2.3. Coleta de dados	33
5.2.3.1. Aquisição de materiais e pré-processamento	34
5.2.3.2. Produção	35
5.2.3.3. Distribuição e armazenamento	35
5.2.3.4. Uso	35
5.2.3.5. Fim de vida	36
6. RESULTADOS	37
6.1. Estudo 1: Pegada de carbono comparativa de documento impresso e digital	37
6.2. Estudo 2: Pegada de carbono do serviço de impressão	40
7. DISCUSSÃO	42
8. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO	44
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
10. FICHA TÉCNICA	50
ANEXOS	52
ANEXO 1 – Modelagem dos Estudos Comparativos	52
ANEXO 2 – Modelagem numérica dos Estudos Comparativos	53
ANEXO 3 – Modelagem dos Estudos Comparativos	56
ANEXO 4 – Modelagem numérica do Sistema de Impressão	57



GLOSSÁRIO

CONCEITOS RELACIONADOS À ACV

Alocação - Repartição dos impactos ambientais entre produtos resultantes de um mesmo processo.

Análise de sensibilidade - Alteração de variáveis que foram adotadas como premissa para o estudo a fim de entender qual o impacto dessas escolhas no resultado final.

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) - Técnica para avaliar o desempenho ambiental de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida, feita por meio da identificação das atividades humanas ocorridas e pela avaliação dos impactos ambientais potencialmente associados a essas atividades (SILVA; KULAY, 2006).

Categoria de impacto ambiental - Classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados do estudo podem ser associados.

Ciclo de vida - Conjunto de etapas necessárias para que um produto cumpra sua função, que vai desde a obtenção dos recursos naturais até sua disposição final após o cumprimento da função (SILVA; KULAY, 2006).

Dióxido de carbono equivalente (CO₂e ou CO₂eq) - É uma unidade comum para comparar as emissões de vários gases de efeito estufa, representando a quantidade de emissão de dióxido de carbono (CO₂) que causa o mesmo impacto climático que um montante emitido de um gás de efeito estufa ou de uma mistura de gases de efeito estufa. A emissão de dióxido de carbono equivalente é obtida multiplicando a emissão de gás de efeito estufa pelo seu Potencial de Aquecimento Global – PAG (IPCC, 2013).

Emissão biogênica - A emissão de CO₂ dos biocombustíveis é chamada de emissão biogênica. Tanto os combustíveis fósseis, derivados de petróleo, quanto os biocombustíveis são moléculas orgânicas, originárias da fotossíntese. A diferença essencial entre ambos, do ponto de vista de emissões, é que os combustíveis derivados de petróleo utilizam para a combustão o carbono das moléculas que estava estocado há centenas de milhões de anos nas jazidas petrolíferas, emitindo dióxido de carbono para a atmosfera em um ciclo de carbono bastante longo, alterando a atual composição química da atmosfera. No caso dos biocombustíveis, o ciclo de carbono é mais curto, ou seja, todo o carbono emitido para a atmosfera durante a combustão foi absorvido no início do ciclo, por meio da fotossíntese, para a produção do biocombustível.

Fluxo de referência - Quantidade de produto necessária para cumprir a função definida no escopo do estudo. Serve como base para os resultados do estudo, ou seja, todos os resultados apresentados refletem o impacto ambiental da quantidade de produto definida no fluxo de referência.

Função - Papel a ser desempenhado pelo produto estudado.

Gases de Efeito Estufa (GEE) - Componentes gasosos da atmosfera, naturais e antrópicos, que possuem a propriedade de reter calor próximo à superfície terrestre. Nesse estudo serão considerados os seguintes gases: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ e NF₃.

Mapa de processos - Fluxograma contendo todos os processos considerados no ciclo de vida do produto. Também pode ser chamado de sistema de produto.

Pegada de carbono - Técnica para avaliar os impactos climáticos de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida, calculada em dióxido de carbono equivalente (CO₂e).

Pensamento de Ciclo de Vida (Life Cycle Thinking) - Conceito caracterizado por proporcionar um olhar sistêmico – de cunho qualitativo – sobre os impactos ambientais de um produto do ‘berço ao túmulo’, ou seja, desde a etapa de obtenção da matéria-prima à disposição final do produto.

Potencial de Aquecimento Global (PAG ou GWP) - Fator que descreve o impacto da força radiativa de uma unidade baseada na massa de um dado Gás de Efeito Estufa - GEE relativa a uma unidade de dióxido de carbono equivalente durante um dado período. A expressão em inglês também é bastante utilizada: *Global Warming Potential (GWP)*.

Produto - Objeto para o qual o estudo é realizado; qualquer bem ou serviço.

Sistema de produto - Ver **mapa de processos**.

Unidade funcional - Quantidade de material a ser utilizado no dimensionamento de cada processo, referenciando suas entradas e saídas. Reflete as características técnicas do produto analisado.



INTRODUÇÃO - SOBRE O PROJETO

O Projeto Compras Sustentáveis pela Inovação e por uma Economia Verde e Inclusiva (em inglês, *Green Public Procurement for Innovation and Green Growth*), financiado pelo Fundo de Prosperidade – *Prosperity Fund* do governo britânico, representado pela Embaixada Britânica em Brasília, tendo o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MP) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) como beneficiários, e implementado pelo Secretariado para América do Sul do ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade –, tem como objetivo principal aumentar a capacidade institucional do Governo Federal Brasileiro para implementar a legislação brasileira sobre compras públicas sustentáveis (Decreto 7.746/2012 e IN 10/2012), enquanto mecanismo de promoção da inovação e fomento à economia verde e inclusiva.

Nesse contexto, como resultado da parceria entre ICLEI e o Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Fundação Getúlio Vargas (FGV – EAESP), visando apoiar a implementação do Plano de Gestão de Logística Sustentável¹ (PLS) do MDIC, são apresentados estudos técnicos sobre produtos (bens e serviços) com recomendações de atributos de sustentabilidade para as compras e contratações públicas a fim de estabelecer condições favoráveis para o uso racional e responsável dos recursos públicos e naturais.

O ponto de partida desses estudos é a aplicação do conceito de *Life Cycle Thinking*, ou pensamento do ciclo de vida, caracterizado por proporcionar um olhar sistêmico ao desempenho socioambiental de um produto do ‘berço ao túmulo’, ou seja, desde a etapa de extração da matéria-prima à disposição final do produto, não considerando neste caso a reinserção desse produto a outro ciclo produtivo. De maneira prática, com base no conceito supracitado, para este projeto serão realizados estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) com um recorte específico para os impactos relacionados à categoria de ‘mudanças climáticas’, contabilizados por meio da pegada de carbono (*carbon footprint*), medida que quantifica as emissões diretas e indiretas associadas a todas as atividades do ciclo de vida do produto. Quanto às ferramentas, o método adotado será o *Greenhouse Gas Protocol: Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard (GHG Protocol para Produtos)*², sendo os cálculos da pegada de carbono realizados com o software *Umberto NXT CO₂*³, que permite a mensuração das emissões de gases de efeito estufa a partir da modelagem de um processo produtivo e seu fluxo de matéria e energia.

O presente estudo é composto, portanto, do mapeamento e avaliação sobre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo do ciclo de vida dos produtos selecionados, com suporte das ferramentas citadas, bem como de uma discussão qualitativa, pautada em referências secundárias, sobre outros impactos socioambientais que possibilitem a expansão do olhar para todo o sistema e a integração de outros im-

¹ Estabelecidos pelo art. 16 do Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, os Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS) tiveram suas regras estabelecidas pela Instrução Normativa Nº 10 (IN 10) de 14 de novembro de 2012 e devem ser elaborados por todos os órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica, fundacional e as empresas estatais dependentes. Os PLS são ferramentas de planejamento, com objetivos, responsabilidades, metas e formas de avaliação definidas, que permitem aos órgãos ou entidades estabelecerem práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos e processos na Administração Pública. O conteúdo mínimo, previsto pela IN 10, abarca ações como: I - atualização do inventário de bens e materiais do órgão ou entidade e identificação de similares de menor impacto ambiental para substituição; II - práticas de sustentabilidade e de racionalização do uso de materiais e serviços; III - responsabilidades, metodologia de implementação e avaliação do plano; e IV - ações de divulgação, conscientização e capacitação (MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://goo.gl/59H3Ut>. Acesso em 21 de abril de 2014).

² WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. The Greenhouse Gas Protocol. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. Washington, DC: 2011.

³ <http://www.umberto.de/en/versions/umberto-nxt-co2/>

pactos socioambientais às recomendações e atributos de sustentabilidade para compras e contratações públicas, que são apresentadas ao final do relatório.

Paralelamente à definição dos objetivos dos estudos, foi conduzida a seleção dos produtos⁴ emblemáticos analisados, de modo que fossem atendidas, em sua maioria, premissas pautadas no nível de relevância dos impactos sociais, ambientais, financeiro e de volume adquirido pela organização. Assim, no presente contexto, partiu-se das ações e metas pré-estabelecidas no PLS do MDIC no que se refere à racionalização dos materiais de consumo, para chegar à seleção do **documento impresso e digital** e do serviço de impressão como focos de pesquisa.



CONCEITOS E ELEMENTOS DA ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA

Diante de degradantes atividades que causam pressões e impactos negativos nos sistemas naturais para atender, principalmente, demandas resultantes do consumo, há comum entendimento da importância em buscar caminhos para compreender as operações potencialmente impactantes e, mais ainda, as formas de mitigação e redução, valendo-se das tomadas de decisão orientadas à sustentabilidade como instrumento-chave para o alcance de melhorias. Para tanto, é importante mapear com qualidade e rigor técnico os impactos do ciclo de vida de bens e serviços e, assim, oferecer subsídios para identificar essas oportunidades de melhoria.

Tal mapeamento remete à necessidade de uma visão sistêmica sobre o ciclo daquilo que é consumido, do seu 'berço' (obtenção de matéria-prima) ao seu 'túmulo' (fim de vida), podendo acontecer por meio de uma abordagem de cunho qualitativo e/ou quantitativo. É nesse contexto que se destacam o conceito de pensamento de ciclo de vida (*Life Cycle Thinking - LCT*) e o de avaliação de ciclo de vida – ACV (*Life Cycle Assessment - LCA*), que oferecem informações em diferentes profundidades para o entendimento central de que nossas decisões e escolhas não estão isoladas, mas influenciam muito um extenso sistema de relações, podendo interferir positiva ou negativamente em questões ambientais, econômicas e sociais.

Ter uma visão sistêmica sobre o ciclo de vida de bens e serviços a partir do *LCT* deve ajudar a reconhecer em que medida as tomadas de decisão fazem parte de uma rede de eventos. Compreendendo como essa rede opera, pode-se acessar informações que facilitam a identificação dos danos diretos e não intencionais, balancear as externalidades negativas e os impactos positivos e, então, aplicar medidas de melhorias em todo o sistema, não somente em partes isoladas. Além disso, é importante que essas medidas – bem como as responsabilidades frente aos danos – sejam compartilhadas pelos diversos atores (produtores, distribuidores, consumidores), que, ao fazerem essa análise qualitativa, deverão estar aptos a identificar os aspectos ambientais inerentes, gerir os recursos de modo que não excedam a capacidade do ecossistema e que, ao mesmo tempo, garantam eficiência e eficácia.

O presente relatório perpassa e diferencia os conceitos de (i) **abordagem** (ii), **pensamento** e (iii) **avaliação** de ciclo de vida, a partir do entendimento de que: (i) é a visão mais geral do conceito, em que é trazido o pensamento sistêmico e reconhecida a complexidade dos sistemas em que produtos (bens e serviços) estão imersos; (ii) trata-se do entendimento sobre a existência de impactos ambientais no ciclo de vida e a busca por referências que os expliquem e explicitem; (iii) mensuração dos impactos ambientais a partir de ferramentas/software.

⁴ Entende-se por 'produtos', bens e serviços.

De acordo com a ISO 14001, que trata sobre sistemas de gestão ambiental, aspecto ambiental é definido como o “*elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente*” (ABNT, 2004). A norma cita alguns aspectos que devem ser considerados, quais sejam: emissões atmosféricas, lançamentos em corpos d’água, lançamentos no solo, uso de matérias-primas e recursos naturais; uso de energia; energia emitida (por exemplo: calor, radiação, vibração); resíduos e subprodutos. Além desses, podemos citar outros aspectos, como produção de resíduos perigosos e destruição de ecossistemas ameaçados.

Análises qualitativas podem, portanto, expandir a compreensão da influência humana em sistemas ambientais. Todavia, há de se ter cuidado ao propor soluções baseadas no pensamento de ciclo de vida, o qual não pressupõe rigor técnico, científico e/ou quantitativo, pois se trata mais de uma abordagem conceitual do que ferramental. Sugere-se, assim, que a busca por soluções esteja fundamentada em uma base científica consistente, acompanhada de análise quantitativa socioambiental referenciada a fim de evitar equívocos e suposições quanto ao dimensionamento dos impactos e à relevância dos mesmos ao longo do ciclo – uma análise quantitativa pode demonstrar que aqueles impactos que são visíveis e entendidos como mais preocupantes pelo senso comum têm, na verdade, menor relevância do ponto de vista ambiental.

Um dos métodos quantitativos para aplicação dessa abordagem é a pegada de carbono, a qual calcula as emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE)⁵ dentro do ciclo de vida de um produto, possibilitando mensurar a contribuição de cada etapa do processo no valor total de gases emitidos, identificando aquelas etapas que respondem por maior quantidade de GEE e, portanto, são consideradas ‘*hot spots*’ – ou pontos de potenciais problemas ambientais – e devem ser o foco para melhorias ambientais. A soma da pegada de carbono de cada etapa de um ciclo de vida resultará em um indicador de valor único, medido em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que, acompanhado de uma análise consistente, deve possibilitar a comunicação com os diversos atores da cadeia de valor para tomadas de decisão orientadas à sustentabilidade.

A relevância em conhecer esse valor reside no fato de que o acúmulo dos gases na atmosfera provoca o aumento das temperaturas médias globais ao reter parte da radiação infravermelha emitida pela Terra (SILVA; KULAY, 2006). Considerando a relação entre emissões e consumo de recursos materiais e energéticos, essa quantificação permite identificar pontos críticos e possibilidades de melhorias nos processos a fim de reduzir os impactos socioambientais, diretos e indiretos, resultantes das emissões de GEE.

Pautada em uma abordagem dinâmica, de constantes revisitações e interpretações dos resultados, a realização de um estudo de pegada de carbono parte do mesmo princípio do LCT – aplicar um olhar sistêmico sobre todo o ciclo de vida – definindo-se, primeiramente, o escopo e as fronteiras de abrangência, análise e influência do estudo. Em seguida, são estabelecidos como se darão os fluxos de massa e energia entre as etapas durante o ciclo de vida do produto e, então, com essas informações, é elaborado um inventário com todas as entradas de recursos e saídas de emissões de gases de efeito estufa para o ar.

O ciclo de vida percorre cinco principais etapas, conforme apresentado na Figura 1, sendo a obtenção de insumos o início do processo, em que a pegada de carbono refletirá as emissões da extração, produção, transformação, transporte e/ou geração de energia para que tais atividades ocorram. Em seguida, caminha-se para a etapa da produção, que pode apresentar tanto emissão direta de GEE, durante combustão ou outras reações químicas, quanto indireta devido ao consumo de energia – relacionado à geração e transmissão da mesma. Tendo a necessidade de ser transportado, do local da produção até o ponto de dis-

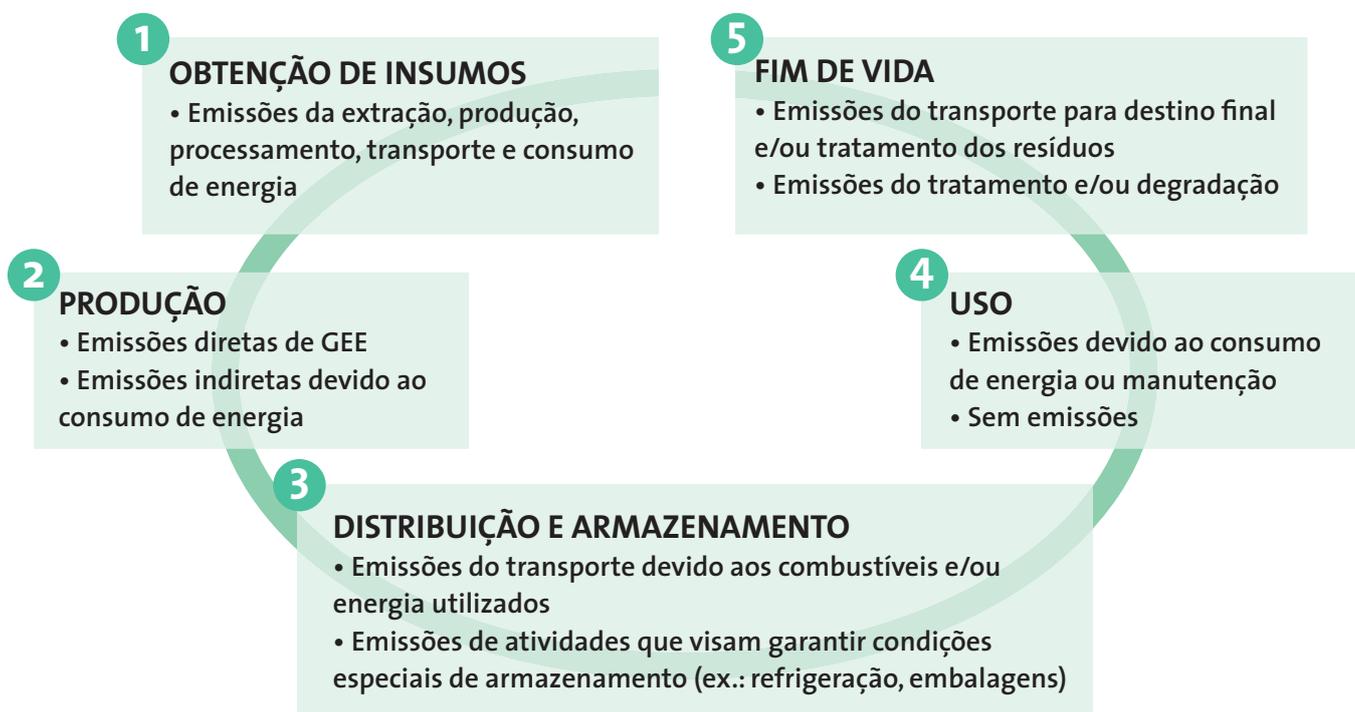
⁵ Os gases de efeito estufa contabilizados são o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), trifluoreto de nitrogênio (NF₃), perfluorcarbonos (PFCs) e hidrofluorcarbonos (HFCs). Esses gases são normalizados em uma só unidade, dióxido de carbono equivalente (CO₂e) ao multiplicarmos as emissões de cada gás pelo seu potencial de aquecimento global (*global warming potential* – GWP).

tribuição e/ou de consumo final, é importante que sejam mapeadas as localidades de produção e destinação, sendo que, a distância e o modal de transporte influenciarão consideravelmente o nível de emissões. Ocorrem aqui, também, emissões provenientes do armazenamento do produto caso o mesmo necessite de condições especiais como refrigeração ou embalagens adicionais.

As emissões da etapa de uso podem variar: há emissões devido ao consumo de energia ou manutenção dos produtos, que demandam recursos extras; é possível também que não haja emissão resultante do uso, fato que não torna essa etapa menos importante do ponto de vista de impactos, uma vez que as características – tais como peso, materiais, durabilidade – e a função do produto definirão como o mesmo será usado e, portanto, quais impactos serão inerentes e decorrentes desse uso ao longo de todo o ciclo de vida.

Com o fim do ciclo de uso(s) do produto, é previsto que o mesmo seja descartado. Nessa etapa final, portanto, é diagnosticada a pegada de carbono decorrente dos modais de transporte e da forma de disposição final utilizada para o descarte – aterros sanitários, plantas de reciclagem ou unidades de incineração, por exemplo – que definirá como se dará a degradação dos materiais. No presente estudo, será considerado que a degradação dos produtos de origem biológica devolverá carbono para a atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO_2) ou de metano (CH_4) e que os produtos sintéticos, por sua vez, poderão ficar por muitos anos inertes, mantendo-se estáveis sem emissão de gases ou alterações no meio ambiente, indicando que o retorno de carbono à atmosfera deve levar em conta o intervalo temporal proposto pelo estudo – vale a ressalva de que o fato do produto ser melhor do ponto de vista das mudanças climáticas, não indica necessariamente que será melhor em relação às demais categorias ambientais. Existe também, aqui, a possibilidade de reciclagem, caso em que não é considerada a disposição final do produto, mas a sua reinserção no ciclo de vida de outro produto, encerrando o seu próprio ciclo nesse momento.

Figura 1: Etapas do ciclo de vida de um produto e potenciais fontes emissoras de gases de efeito estufa para elaboração de estudo sobre pegada de carbono



No que tange às limitações da pegada de carbono como indicador ambiental, entende-se que mesmo trazendo uma questão muito presente no debate atual sobre aquecimento global decorrente das mudanças climáticas, por se tratar de um indicador único, há diversos aspectos significativos ambientais e sociais que não podem ser integrados aos cálculos, como danos à saúde humana e à biodiversidade. Por exemplo, o uso de recursos não renováveis, apesar de ser considerado para cálculos, não é transmitido na unidade final de gases de efeito estufa; as emissões de GEE de um combustível derivado do petróleo são contabilizadas na pegada de carbono de um produto, no entanto, o esgotamento do recurso natural – petróleo – não é mensurado nesse estudo. Logo, faz-se necessário o aprofundamento e expansão da análise desses estudos para evitar reducionismos e, de fato, estimular uma visão sistêmica dos processos.

As mesmas etapas apresentadas anteriormente para execução de um estudo de pegada de carbono podem ser consideradas para outras categorias de impacto ambiental, a fim de modelar analogicamente o ciclo de vida de um produto. Cita-se, como exemplo, a pegada hídrica, que considera o consumo de água ao longo do ciclo de vida, bem como a pegada ecológica, que mensura a demanda humana sobre os recursos naturais em hectares.

Porém, por mais representativos que tais métodos demonstrem ser, é ainda possível expandir essa análise para refletir ao máximo as interações humanas com o meio ambiente e os impactos daí decorrentes. Nesse sentido é que se desenvolve a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), tratada nas normas ISO 14040 e 14044, nas quais são apresentados alguns termos e definições importantes para o entendimento dos princípios, estrutura, requisitos e orientações para realização de um estudo de ACV. A norma contém, ainda, diversos requisitos e recomendações para assegurar transparência nas informações sobre pressupostos e contexto dos estudos de ACV (ABNT, 2009).

Tal qual a pegada de carbono, a realização de um estudo de ACV se baseia na definição de um escopo, seguida da análise de inventário a partir do fluxo de massa e energia definido durante a existência daquele produto e, por fim, na avaliação dos impactos ambientais causados, os quais vão além da emissão de GEE e consideram diversos fatores, conferindo à ACV uma capacidade de expandir a compreensão da influência antrópica sobre o meio ambiente, olhando para além das mudanças climáticas. Um dos métodos mais utilizados atualmente para avaliação de impactos em estudos de ACV é o ReCiPe (GOEDKOOP, 2013), que apresenta 18 categorias de impacto ambiental, conforme a Tabela 1. É também proposto nesse método uma visão sobre o ‘impacto dos impactos ambientais’ na saúde humana e na Terra, o que significa a contabilização dos danos causados por essas 18 categorias na saúde humana, na diversidade dos ecossistemas e na disponibilidade de recursos para futuras gerações, chegando a um indicador único.

Tabela 1: Categorias de impacto ambiental (GOEDKOOP, 2013)⁶

CATEGORIA	UNIDADE DE MEDIDA ⁷
Acidificação terrestre	kg (SO ₂ para atmosfera)
Depleção da camada de ozônio	OD kg (CFC-11 ⁵ para atmosfera)
Depleção de combustíveis fósseis	kg (petróleo ⁸)
Depleção de recursos minerais	kg (Fe)
Depleção hídrica	m ³ (água)
Ecotoxicidade aquática	kg (14DCB para água doce)
Ecotoxicidade marinha	kg (14-DCB ⁷ para água do mar)
Ecotoxicidade terrestre	kg (14DCB para solo industrial)
Eutrofização aquática	kg (P para água doce)
Eutrofização marinha	kg (N para água doce)
Formação de material particulado	kg (PM ₁₀ para atmosfera)
Formação fotoquímica de ozônio	kg (NMVOC ⁶ para atmosfera)
Mudança do uso do solo	m ² (solo)
Mudanças climáticas	kg (CO ₂ para atmosfera)
Ocupação do solo agrícola	m ² xyr (solo agrícola)
Ocupação do solo urbano	m ² xyr (solo urbano)
Radiação ionizante	kg (U ²³⁵ para atmosfera)
Toxicidade humana	kg (14DCB para atmosfera urbana)

Um estudo de ACV pode oferecer uma vasta gama de informações sobre determinado produto, mas ainda esbarra em limitações como falta de dados contundentes e alto investimento de tempo, profissionais especializados e recursos financeiros. Para sua execução, é importante que haja dados regionais sobre produção de insumos e tecnologias adotadas, informações que nem sempre estão disponíveis – o Brasil, por exemplo, ainda não dispõe de um banco de dados que agregue a realidade nacional como há na Europa e nos EUA.

2.1 A abordagem do ciclo de vida para diferentes públicos

Partindo do entendimento que a abordagem do ciclo de vida, um modo de compreender e refletir sobre os impactos de determinado processo, envolve não apenas a visão sistêmica do mesmo, mas também o reconhecimento mínimo das responsabilidades de cada público sobre todas as etapas de um sistema, cabe aqui diferenciar como essa abordagem e suas características podem contribuir para que os diferentes atores integrem os resultados dessa abordagem às suas tomadas de decisão de contratação e compra. Nesse sentido, tanto a motivação inicial para acessar as informações sobre o ciclo de vida de um produto quanto o uso que se fará dos mesmos variam para cada público, sendo possível observar claras diferenças para aqueles que representam a sociedade civil (cidadão como consumidor individual), um comprador (público ou privado) e o mercado fornecedor (produtor e gestor do processo).

⁶ Tradução livre para português.

⁷ A unidade da categoria de impacto citada é, aqui, a unidade resultado do indicador. Em estudos de ACV são usados fatores de ponderação para obter esses indicadores finais.

⁸ A referência original é: “oil, crude, feedstock, 42 MJ per kg, in ground”.

A depender dos objetivos e escopo definidos para um estudo de avaliação de ciclo de vida (ACV), esses públicos poderão, por exemplo, identificar oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental do ciclo de vida dos produtos, valer-se das informações para tomar decisões que fortaleçam determinada política pública ou estratégia organizacional orientada à sustentabilidade, subsidiar a criação de indicadores de desempenho ambiental e/ou de rotulagens ambientais. Os diferentes benefícios e olhares para a abordagem do ciclo de vida são, brevemente, relatados na Tabela 2 para os três principais grupos de atores.

Tabela 2: Motivações e aplicações de um estudo de ACV para três grupos de atores⁹

ATOR	CIDADÃO COMO CONSUMIDOR INDIVIDUAL	GOVERNO E EMPRESAS COMO COMPRADORES	EMPRESA COMO PRODUTORA (executor de um estudo de ACV)
PRINCIPAL BENEFÍCIO	<p>Pautar decisões de compras do dia a dia</p> <p>(beneficiário do estudo de ACV)</p>	<p>Pautar a elaboração de políticas públicas e empresariais, bem como as decisões de contratação institucional</p> <p>(demandante e/ou beneficiário do estudo de ACV)</p>	<p>Pautar a gestão da produção para minimizar impactos negativos e agregar valor ao negócio</p> <p>(executor e/ou beneficiário do estudo de ACV)</p>
POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DAS INFORMAÇÕES RESULTANTES DE UMA ACV	<ul style="list-style-type: none"> Obter informações sobre os produtos e serviços adquiridos diariamente quanto ao uso de energia, condições de trabalho ilegais, geração e gestão de resíduos perigosos, ameaças a ecossistemas, poluição da água, ar ou solo. Acessar informações sobre as empresas fornecedoras – se possuem iniciativas para endereçar questões socioambientais e minimizar os impactos negativos que suas operações geram. Buscar selos e certificações – confiáveis – e informações sobre formas de uso e descarte adequado. Auxiliar a tomada de decisão entre produtos ou serviços concorrentes estendendo o conceito de preço para fatores socioambientais, passando a buscar o efetivo custo do produto ou serviço a ser adquirido. 	<ul style="list-style-type: none"> Embasar a priorização de programas governamentais conforme potenciais e principais impactos revelados. Embasar a elaboração de políticas empresariais, códigos de conduta e manuais de boas práticas visando reduzir impactos socioambientais decorrentes do setor de suprimentos. Elaborar políticas públicas e instrumentos econômicos com maior consistência, considerando as características e a integração dos atores da cadeia de valor: consumidores, produtores, fornecedores, varejistas. Valer-se do poder de compras do Estado para reduzir os impactos e incentivar mercados ao realizar aquisições de produtos com melhor desempenho socioambiental a partir de critérios de sustentabilidade. Promover parâmetros de precificação orientados pelo ‘melhor preço’ que reflitam as externalidades negativas do ciclo de vida do produto e sinalizar essa demanda para o mercado a fim de incentivá-lo a buscar melhorias contínuas. Fomentar a criação de sistemas de logística reversa para contribuir com uma economia baseada na reciclagem seguindo a ordem de prioridades para a gestão de resíduos estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, que se inicia pela ‘redução’, ‘reutilização’ e reciclagem. 	<ul style="list-style-type: none"> Melhorar os processos, a imagem da empresa, reputação e o valor da marca ao mapear e relatar os impactos socioambientais do ciclo produtivo, dando transparência às informações. Descobrir novas formas de comunicação orientadas pelo conceito de sustentabilidade, em que são evidenciados/promovidos os atributos socioambientais. Identificar riscos e oportunidades de melhoria junto aos fornecedores, clientes e outros atores a partir do compartilhamento de informações sobre os impactos das etapas do ciclo, otimizando, assim, o uso de recursos. Embasar projetos de produtos (design), a partir de informações sobre potenciais impactos das várias opções, alcançando desde a origem da matéria-prima, processo de fabricação, manutenção, até os tipos de resíduos gerados.

⁹ As informações aqui apresentadas são baseadas em UNEP, 2004.



3

DESCRIÇÃO DO MÉTODO 'GHG PROTOCOL PARA PRODUTOS'



3.1 Métodos para quantificação da pegada de carbono

A seguir são apresentados, brevemente, os dois métodos para realização de pegada de carbono mais difundidos no mundo – a **PAS 2050** e o **GHG Protocol para Produtos** – e justificada a escolha para um deles no âmbito do presente estudo. Ambos oferecem consistentes subsídios para elaboração de inventários de quantificação de gases de efeito estufa (GEE) de produtos e atendem aos padrões da ISO 14040 que rege as normas técnicas para aplicação da avaliação de ciclo de vida.



PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services

A PAS 2050:2011, que significa *Publicly Available Specification – Especificação Disponível Publicamente*, lançada em 2008 pela *British Standards Institution (BSI)* com versão atualizada em 2011, foi o primeiro método publicado destinado exclusivamente para a contabilização de GEE de produtos, desenvolvido para atender em grande parte aos anseios da comunidade e da indústria a fim de que compreendessem melhor as emissões de gases provenientes dos processos produtivos e buscassem meios para a sua redução. Por isso, o método oferece termos e definições que permitem a avaliação das emissões de GEE ao longo do ciclo de vida de bens e serviços de modo a cruzarem fronteiras entre empresas e países por meio da cadeia de suprimentos, refletindo, assim, o impacto de processos, materiais e decisões tomadas por todo o ciclo de vida dos bens e serviços – produtos (BSI, 2011).

A PAS 2050 se baseia nas normas ISO 14040 e ISO 14044, igualmente ao método *GHG Protocol para Produtos*, trazendo especificações para a avaliação das emissões de GEE no ciclo de vida de produtos. Tal método pode ser aplicado para a contabilização de emissões ao longo de todo o ciclo de vida do produto (do berço ao túmulo) ou para a contabilização apenas do berço ao portão da fábrica.



The Greenhouse Gas Protocol: Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard

Lançado em outubro de 2011 pelo World Resources Institute – WRI, baseado nas normas ISO 14040:2009, ISO 14044:2009 e PAS 2050, esse método pretende ser complementar ao método já existente de contabilização de emissões corporativas *GHG Protocol*, permitindo que as empresas contabilizem também as emissões ao longo de sua cadeia de suprimentos e de seus produtos, não somente dentro de seus portões, a fim de gerenciar riscos e oportunidades. Ainda pouco difundido no Brasil, o método, intitulado de *GHG Protocol para Produtos*, é muito aceito internacionalmente e descreve requisitos e orientações para que empresas quantifiquem e publiquem um inventário de emissões de GEE associado a determinado bem ou serviço (WRI, 2011).

Com um propósito semelhante ao *GHG Protocol*, a quantificação e publicação do inventário de emissões e remoções de GEE, que estão atrelados a um determinado produto, deverão embasar tomadas de decisões.

A partir dessas breves explicações, ainda que os métodos demonstrem certa semelhança, tem-se que a ampla difusão e utilização do método GHG Protocol no Brasil facilita a adaptação dos dados para a aplicação do método para produtos. Além disso, em comparação à PAS 2050, há consideráveis avanços nas orientações para relato e, principalmente, para verificação por terceira parte dos estudos.

Cabe ressaltar que, em 2013, foi lançada a *ISO/TS 14067:2013 Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication*¹⁰, a qual traz princípios e orientações para quantificação e comunicação da pegada de carbono de produtos, baseada nas normas ISO 14040 e ISO 14044, de forma muito semelhante ao *GHG Protocol para Produtos*, tendo a principal diferença quanto ao acesso do documento, que no caso da ISO depende de pagamento.

3.2 Fundamentação metodológica | *GHG Protocol para Produtos*

Apesar de esse método focar apenas nos procedimentos a seguir descritos, podem ser utilizados para a coleta de dados sobre outros impactos ambientais, assim como para orientar a análise de outras categorias ambientais, como, por exemplo, toxicidade, acidificação e depleção hídrica.

Estabelecimento de Objetivos da Pegada de Carbono

Tendo-se optado pela realização de um estudo de pegada de carbono, além da definição do produto a ser estudado, os objetivos de realização e o uso previsto para os resultados, o estudo abrangerá também a sua aplicabilidade.

No que se refere à abrangência, deverão ser contabilizadas todas as emissões dos gases produzidos; além das emissões, as remoções de GEE devem ser contabilizadas. Essas, geralmente, acontecem quando o CO₂ é absorvido por espécies vegetais durante a fotossíntese. Remoções também podem ocorrer se um produto absorve algum GEE durante seu ciclo de vida.

¹⁰ Mais informações sobre a ISO em: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=59521

Caracterização do Produto

Além de identificar quais GEE fazem parte do estudo, é imprescindível caracterizar o produto em detalhes, identificando sua composição, padrões de utilização e forma de descarte a fim de definir exatamente a função cumprida, a unidade funcional e o fluxo de referência.

Para definir a função de um produto, considere:

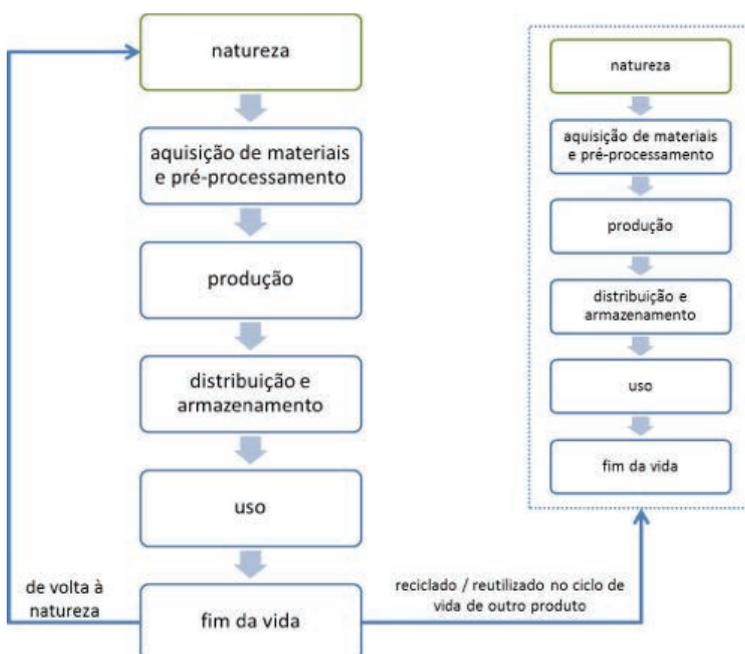
- Por que o produto é criado?
- A qual propósito o produto serve?
- Quais características o definem?
- Que nível de qualidade o produto apresenta?

A unidade funcional reúne características de desempenho e serviços fornecidos pelo produto, como tempo para o cumprimento de sua função. O fluxo de referência é a quantidade de produto ao qual o estudo relativizará seus resultados. A definição pode se iniciar pelo fluxo de referência, seguida da unidade funcional baseada na quantidade de produto estabelecida; ou pode-se definir a unidade funcional primeiro e depois calcular a quantidade de produto necessária para cumprir tal função.

Definição de Fronteiras e Mapa de Processos

As fronteiras de um estudo de pegada de carbono devem incluir todos os processos atribuíveis, ou seja, todos os serviços, materiais e gastos de energia que delimitarão a fabricação do produto e sua existência ao longo do ciclo de vida, que por sua vez serão divididos nas cinco etapas conforme a Figura 2. Nesse momento, são definidas as fronteiras do estudo, pautadas na relevância dos processos e na capacidade de influência daquele estudo. Essas fronteiras, por sua vez, refletirão diretamente na definição das fronteiras de cada etapa do ciclo de vida.

Figura 2: As cinco etapas do ciclo de vida de um produto¹¹



A fim de demonstrar visualmente as fronteiras definidas para o estudo, tem-se o sistema do produto ou mapa de processo¹² definido com base nas cinco etapas do ciclo de vida, conforme Figura 3, que traz a divisão em cores conforme o método *GHG Protocol para Produtos*. O mapa, que tem processos encaixados, representa o entendimento de todo o ciclo e a caracterização do produto, ressaltando quais emissões e remoções do berço ao túmulo estão incluídas dentro do período de tempo para o produto completar seu ciclo de vida.

¹¹ Adaptado de WRI (2011)

¹² A ABNT NBR ISO 14040:2009 utiliza o termo *sistema de produto* em vez de *mapa de processo*.

Figura 3: Mapa de processos



Tabela 3: Detalhamento dos processos considerados em cada etapa do ciclo de vida

COR	ETAPA	ALGUNS PROCESSOS CONSIDERADOS
	<p>AQUISIÇÃO DE MATERIAIS E PRÉ-PROCESSAMENTO</p> <p>(da extração de recursos naturais até a entrada na planta de produção)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mineração e extração de materiais ou combustíveis fósseis • Fotossíntese de matérias biogênicas • Cultivo e colheita de árvores ou grãos • Aplicação de fertilizantes • Pré-processamento de materiais de entrada do produto estudado • Conversão de materiais reciclados • Transporte de produtos para as fábricas ou entre as localidades de extração e pré-produção
	<p>PRODUÇÃO</p> <p>(da entrada na planta de produção até a saída, como produto final)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Processos físicos ou químicos • Produção • Transporte de produtos semiprontos entre os processos de produção • Montagem dos componentes • Preparação para distribuição e empacotamento • Tratamento de resíduos criados durante a produção
	<p>DISTRIBUIÇÃO E ARMAZENAMENTO</p> <p>(da saída dos portões da fábrica até a aquisição pelo consumidor)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Centros de distribuição ou espaços de venda • Armazenamento • Aquecimento ou refrigeração • Transporte de entrega • Transporte entre locais de armazenamento
	<p>USO</p> <p>(da aquisição pelo consumidor ao descarte para transporte até um local de tratamento/ disposição de resíduos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte para o local de uso • Refrigeração no local de uso • Preparação para o uso • Uso • Reparo e manutenção ocorridos durante o tempo de uso
	<p>FIM DE VIDA</p> <p>(do descarte ao retorno à natureza – decomposição, incineração, reciclagem)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coleta e transporte de produtos e embalagens descartadas • Tratamento de resíduos • Desmembramento dos componentes • Incineração e eliminação das cinzas • Aterros e sua manutenção

Vale definir, também, aqueles **processos não atribuíveis**, que não estão diretamente relacionados ao ciclo de vida do produto e, portanto, não precisam ser considerados no estudo:

- Bens de capital (fabricação de máquinas, caminhões, infraestrutura)
- Funcionamento operacional (iluminação de instalações, ar condicionado)
- Serviços administrativos e corporativos (pesquisa e desenvolvimento, funções administrativas, de vendas e de marketing da empresa)
- Transporte de funcionários
- Transporte do usuário do produto até o ponto de venda

Em suma, para a **definição de fronteiras** e do **mapa de processos**, é preciso: identificar os processos atribuíveis ao longo do ciclo de vida do produto para que cumpra sua função; agrupar/dividir os processos atribuíveis nas cinco etapas do ciclo de vida, da extração ao descarte; identificar fluxos de serviços, materiais e energia necessários para cada processo atribuível; ilustrar os processos do ciclo de vida por meio de um mapa de processos.

Coleta e Qualificação dos Dados

A partir das etapas do ciclo de vida do produto, parte-se para a obtenção de dados que auxiliarão o cálculo da pegada de carbono. Essa é uma etapa muito importante, pois impactará significativamente na qualidade do estudo; é também a mais longa e trabalhosa etapa devido à dificuldade, complexidade e escassez de dados disponíveis, principalmente no Brasil. Sempre que possível é indicado que sejam usados dados primários¹³ dos processos, pois refletirão melhor a realidade dos recursos consumidos. A coleta, qualificação e alocação dos dados são feitas de acordo com os fluxos estabelecidos.

Alocação dos Dados

Na maioria dos ciclos de vida de produtos, há pelo menos um processo que possui múltiplos produtos de valor, como entrada ou saída e, para os quais, não é possível coletar dados individualmente. Nessas situações, o total de emissões ou remoções de GEE do processo em comum necessita ser repartido entre os produtos resultantes; essa divisão é conhecida como alocação, um importante e complexo elemento no estudo da pegada de carbono. Uma alocação precisa é essencial para manter a qualidade do trabalho¹⁴.

O produto de estudo, como definido anteriormente, é aquele para o qual a pegada de carbono é contemplada. No entanto, um coproduto pode ser produzido durante o ciclo de vida do item desejado. Para corresponder aos princípios da plenitude e confiabilidade, as emissões e remoções devem refletir precisamente a contribuição do produto e dos coprodutos em relação ao valor total do processo comum. Um coproduto sem valor econômico é considerado resíduo e, portanto, não deve ser realizada a alocação¹⁵.

Cálculo dos Resultados

A pegada de carbono é quantificada e relatada em CO₂ equivalente (CO₂ eq), que inclui todas as emissões e remoções de GEE dentro das fronteiras definidas, provenientes de fontes biogênicas, não biogênicas e dos impactos pelo uso da terra. Tal medida baseia-se no *Global Warming Potential (GWP)*, rodado pelo software *Umberto NXT CO₂*. Esse fator é uma métrica utilizada para calcular o impacto de múltiplos GEEs de modo comparativo. Quando as trocas gasosas (emissões e remoções) são multiplicadas pelo seu respectivo GWP, elas se tornam CO₂eq, podendo assim ser relacionadas. Para elaboração dos estudos é utilizado o GWP proveniente do quarto relatório publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007). O IPCC divulga valores de GWP para diferentes períodos de tempo (20, 100 e 500 anos), sendo 100 anos o mais utilizado por ser o fator médio e sugerido pelos métodos de contabilização. Em 2014, foi publicado o quinto relatório do IPCC, trazendo novos valores de GWP. No entanto, o Protocolo

¹³ A coleta de dados primários, obtidos diretamente com os fornecedores de todo o ciclo de vida, permite aos estudos rastreamento e relatores, de forma mais eficiente, as metas de redução de GEEs. Dados secundários são aqueles não provenientes de processos específicos do ciclo de vida do produto estudado, mas relacionados ao produto, e normalmente referem-se a médias calculadas.

¹⁴ Por exemplo, considerando o transporte aéreo, as emissões do avião devem ser divididas (alocadas) entre todos os passageiros presentes no voo.

¹⁵ Por exemplo, a produção de etanol tem como coproduto o bagaço da cana-de-açúcar, que possui valor econômico inferior ao produto principal e, portanto, deve responder por parte das emissões totais do processo.

de Kyoto adota os valores de GWP do quarto relatório do IPCC para seu segundo período de compromisso (2013 a 2020). Para manter-se alinhado com o Protocolo de Kyoto, o presente estudo também utiliza os valores do quarto relatório.

É interessante que a demonstração dos resultados seja feita de maneira relativa, com porcentagens de emissão de cada fonte e de cada etapa do ciclo de vida. É fundamental, ainda, calcular a quantidade de dióxido de carbono equivalente restante no produto após o período de estudo, caso o mesmo não seja inteiramente decomposto.

Relato dos Resultados

O objetivo primordial de produzir um inventário de GEE em conformidade com o método proposto é fornecer subsídios para buscar oportunidades de redução de emissões em todo o ciclo de vida do produto. Nesse sentido, a importância do relatório recai em fornecer um quadro de informação crível, que assegure a contabilização¹⁶ dos GEEs e, assim, possibilite tomadas de decisão orientadas à gestão de impactos ambientais, tanto do lado do produtor (oferta) como do comprador (demanda).

O relato sobre a pegada de carbono é feito em sua totalidade e também de forma relativa para cada etapa do ciclo de vida.

Recomendações

Subsequente ao relato dos resultados é sugerido que seja elaborado um plano de ação para a redução de GEEs, com foco nos pontos críticos encontrados, ou seja, naquelas etapas do ciclo de vida com desempenho ambiental pior referente à categoria ambiental do estudo. Além disso, a fim de induzir o lado da demanda, o relatório poderá embasar orientações aos usuários para reduzirem as emissões na fase de uso e descarte. Considerando que os estudos deste projeto não foram requeridos pelo setor industrial/ produtivo, com a finalidade de buscar melhorias no ciclo de vida, após o relato dos resultados foi trazida uma discussão sobre outras categorias de impacto socioambiental e sugestões de atributos de sustentabilidade para o processo de compras dos produtos em questão.

¹⁶ É essencial que a informação relatada seja baseada nos princípios fundamentais da contabilidade, quais sejam: relevância, exatidão, integridade, consistência e transparência.



4 CONTEXTO DO SETOR | SERVIÇOS DE IMPRESSÃO

Ao redor de todo o mundo, diferentes tipos de organizações privadas e públicas, especialmente as de grande porte, têm buscado caminhos para se tornarem mais eficientes – caminhos estes majoritariamente calcados em propósitos de redução de gastos orçamentários, tendo maior importância quando se pretende redefinir operações para estruturas mais enxutas. É nesse contexto que surgem oportunidades da transferência de funções a outra organização especialista no assunto, antes absorvidas internamente, e que a aquisição de bens é substituída pela contratação de prestação de serviços.

Essa terceirização é conhecida como *outsourcing*, conceito que designa a procura externa de recursos que são necessários ao funcionamento da organização em áreas fundamentais, como, por exemplo, de infraestrutura e instalações, gestão de pessoas ou recursos humanos (FILHO, 2013 *et al*, apud VARAJÃO, 2001).

Crescentemente adotado, o *outsourcing* de impressão compreende no fornecimento dos equipamentos, manutenção preventiva e corretiva, fornecimento de todos os suprimentos e *software* de gerenciamento de impressão, de forma a atender todas as necessidades da organização contratante. Em 2010 previu-se que serviços dessa natureza aumentariam 47% de um ano para o outro no mundo. Grandes fabricantes de máquinas de impressão afirmam que a diminuição da quantidade de impressoras, fax e copiadoras instaladas em um escritório, substituídas por máquinas multifuncionais ‘alugadas’ podem reduzir em 30% os custos fixos da organização. Nesse sentido, a título de exemplo, a substituição de 45 mil equipamentos por 10 mil máquinas multifuncionais compartilhadas, atreladas ao controle de impressões e à utilização da função frente e verso, reduziu o consumo de 3 milhões de folhas de papel e uma economia de, aproximadamente, 40% de energia elétrica – não foi informado o tempo de monitoramento (BULKELEY, 2009).

Ainda que o exposto indique que a motivação central para a contratação do *outsourcing* de impressão seja redução de orçamento e/ou melhorias do desempenho da operação, podem ser incluídas considerações sobre os impactos socioambientais dos ciclos de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (computadores, impressoras e copiadoras) e dos insumos (*toners* e papel) a fim de contabilizá-los como custos ou ganhos dessa transição – da aquisição para o aluguel. Dentre os impactos estão aqueles relacionados ao consumo de energia, consumo de recursos naturais e geração de resíduos, que são passíveis de mitigação, inicialmente pela revisão da necessidade de impressão e sua diminuição, seguido da melhora do desempenho ambiental de todo o sistema.

Há considerável diversidade nos impactos socioambientais dos equipamentos de TI (tecnologia da informação) para escritório que visam atender a uma estrutura de impressão, sendo os principais potenciais impactos relacionados a:

- Consumo de recursos naturais, como petróleo, elementos metálicos, e consumo de energia, tanto na produção quanto na etapa de uso, resultando em emissão de dióxido de carbono – a depender da matriz elétrica utilizada;
- Poluição do ar, solo e água; formação de ozônio; bioacumulação em organismos aquáticos devido aos componentes químicos e tóxicos, como mercúrio, contido em monitores LCD (*liquid crystal display*), chumbo e cádmio;
- Descumprimento de normas trabalhistas na etapa de produção;
- Emissão de ruídos durante o uso;
- Elevada geração de resíduos eletroeletrônicos, incluindo a embalagem (EUROPEAN COMMISSION, 2011).

No caso do papel utilizado nas impressões, há que se considerar impactos quanto ao:

- Desmatamento e perda de biodiversidade, devido ao uso do solo para monocultura, e eventuais usos de árvores nativas como matéria-prima;
- Emissões de poluentes para ar e água na etapa de produção da polpa de celulose;
- Consumo de insumos químicos durante a produção (por exemplo, cloro para o branqueamento), bem como elevado uso de água e energia (EUROPEAN COMMISSION, 2011);
- Elevada geração de resíduos sólidos após o uso – a depender do nível de consumo – e de efluentes resultantes da produção (EUROPEAN COMMISSION, 2011).

Em relação ao toner de impressoras, têm-se:

- Consumo de recursos naturais e de energia elétrica durante a produção dos cartuchos;
- Dispersão de poluentes irritantes ao sistema respiratório humano devido aos compostos perigosos com base em metais pesados e outros químicos;
- Geração de resíduos (UNEP, 2010; EUROPEAN COMMISSION, 2011).

O mapeamento dos impactos socioambientais da impressão de documentos em escritório, incluindo o uso dos computadores para elaboração destes, deverá proporcionar uma visão sistêmica de todo o ciclo de vida, oferecendo subsídios a tomadas de decisão de contratação e compra para que se possa balizar a escolha de melhor desempenho ambiental – aquisição do produto ou aluguel do serviço. Cabe a ressalva de que tanto um contrato de *outsourcing* de impressão quanto uma compra individualizada de produtos, ainda que tragam atributos de sustentabilidade, têm potencial para encaminhar apenas parcialmente a problemática dos impactos negativos gerados nesse sistema, sendo fundamental o envolvimento daqueles que fazem o uso dos equipamentos e que, portanto, deverão rever fundamentalmente a necessidade de mantê-los ligados e da quantidade de impressões. Assim, espera-se que, diante da expansão da contratação de *outsourcing* de impressão, além de exigências ao mercado fornecedor, sejam estabelecidas metas gradativas que visem boas práticas para todos os atores envolvidos, incluindo os que se beneficiarão do serviço.



5 APLICAÇÃO DO MÉTODO PARA A INICIATIVA ‘INOVA CPS’ | ‘GHG PROTOCOL PARA PRODUTOS’

A aplicação do método de diagnóstico de impactos ambientais, como é o caso da pegada de carbono, deve ser precedida pela seleção de produtos¹⁷ emblemáticos a serem estudados. É importante que as premissas para essa seleção estejam pautadas no nível de relevância dos impactos sociais, ambientais, financeiro e de volume adquirido pela organização.

No contexto deste projeto, partiu-se das ações e metas preestabelecidas no PLS do MDIC, no que se refere à racionalização dos materiais de consumo, para chegar à seleção do documento impresso e digital e do serviço de impressão como focos de pesquisa, conforme detalhado a seguir.

Tabela 4: Descrição geral dos estudos de pegada de carbono

PRODUTO EMBLEMÁTICO FOCO DO ESTUDO	OBJETIVOS E APLICABILIDADE DOS ESTUDOS
Estudo 1: Documento impresso (papel A4) e documento digital	Comparar a pegada de carbono das versões impressa em papel sulfite e digital, de um mesmo documento, a fim de elaborar atributos de sustentabilidade para as compras e contratações de papéis e, ao mesmo tempo, orientar tecnicamente as decisões e conduta dos usuários quanto à impressão e/ou digitalização, levando em consideração a opção de melhor desempenho ambiental e de baixo impacto social negativo.
Estudo 2: Serviço de impressão	Analisar a pegada de carbono do serviço de impressão, a fim de diagnosticar em quais etapas se encontram os pontos críticos de emissões de gases de efeito estufa e, com isso, embasar uma possível proposição de adequações no processo licitatório e de contratação desse serviço.

Tendo a definição dos produtos e os objetivos dos estudos como passo inicial da aplicação do método, é fundamental que o produto seja caracterizado em detalhes, com informações precisas sobre sua composição, padrões de utilização e formas de descarte, a fim de definir com precisão a função e os propósitos cumpridos pelo mesmo e, então, delimitar o escopo e alcance da análise.

A seguir são apresentadas as fronteiras levantadas sobre os produtos selecionados nos itens 5.1 e 5.2. As referências que deram origem às informações foram obtidas em especificações de editais e/ou contratos do MDIC¹⁸, bem como em estudos secundários e debates entre a equipe técnica.

¹⁷ Entende-se por ‘produtos’, bens e serviços.

¹⁸ A coleta dessas informações foi realizada por meio de questionário sobre a contratação do serviço de impressão enviado ao MDIC (vide Anexo – seção 4)

5.1 ESTUDO 1

Pegada de Carbono comparativa de documento impresso e digital

5.1.1 Caracterização do produto e escopo

Esse é um estudo comparativo para avaliar os impactos ambientais entre as opções de leitura de um documento em sua versão digital e impressa, que deve cumprir, independentemente da versão escolhida, a **função** de transmitir informações escritas no âmbito institucional para os servidores do MDIC.

É fundamental ressaltar que nesse estudo a obtenção dos resultados, bem como as análises, considera que ambas as opções de leitura sempre estão disponíveis. Essa possibilidade de escolha do usuário do ‘produto’ acrescenta processos que não estariam presentes em estudos individualizados de pegada de carbono de cada produto – impresso e digital. Portanto, os resultados parciais de cada versão não devem ser interpretados individualmente, reforçando que se trata de um estudo comparativo.

Para realizar tal função definiu-se que a **unidade funcional** é um documento de duas páginas no formato A4, frente e verso, lido por 15 minutos e posteriormente descartado. O **fluxo de referência** para cada produto comparado foi definido como um documento impresso ou um documento digital.

O estudo compara o ciclo de vida do berço ao túmulo, tendo sua fronteira de encerramento no momento em que os documentos ultrapassam o fim de vida aqui estabelecido e seguem para outros cenários de reaproveitamento.

5.1.2 Definição de fronteiras

As fronteiras desse estudo foram definidas com base na tomada de decisão quanto à versão de leitura do documento, de modo que, independentemente da escolha feita, toda infraestrutura necessária para atender às duas versões estaria disponível. Isso se reflete na inclusão do computador e da impressora em etapas onde, intuitivamente, esses equipamentos não estariam presentes, com no momento de leitura de documentos impressos ou no ciclo de vida do documento digital, o qual, em teoria, não necessita de tais equipamentos. No entanto, itens ‘consumíveis’, que podem ser chamados de insumos, como o papel e a tinta de impressão, são contabilizados somente no ciclo de vida do produto, que, de fato, faz seu uso; isso porque a aquisição dos mesmos é variável e está diretamente relacionada à demanda de uso.

A leitura dos próximos itens demonstrará que as fronteiras da etapa de aquisição foram limitadas até os fornecedores diretos do MDIC, levando em conta deslocamentos rodoviários entre o fabricante (‘montador’) do computador até o MDIC, do prestador dos serviços de impressão, que também é considerado um ‘distribuidor’ de impressoras, até o MDIC, não sendo trazidos para os cálculos possíveis deslocamentos nacionais ou internacionais de peças e equipamentos, separadamente.

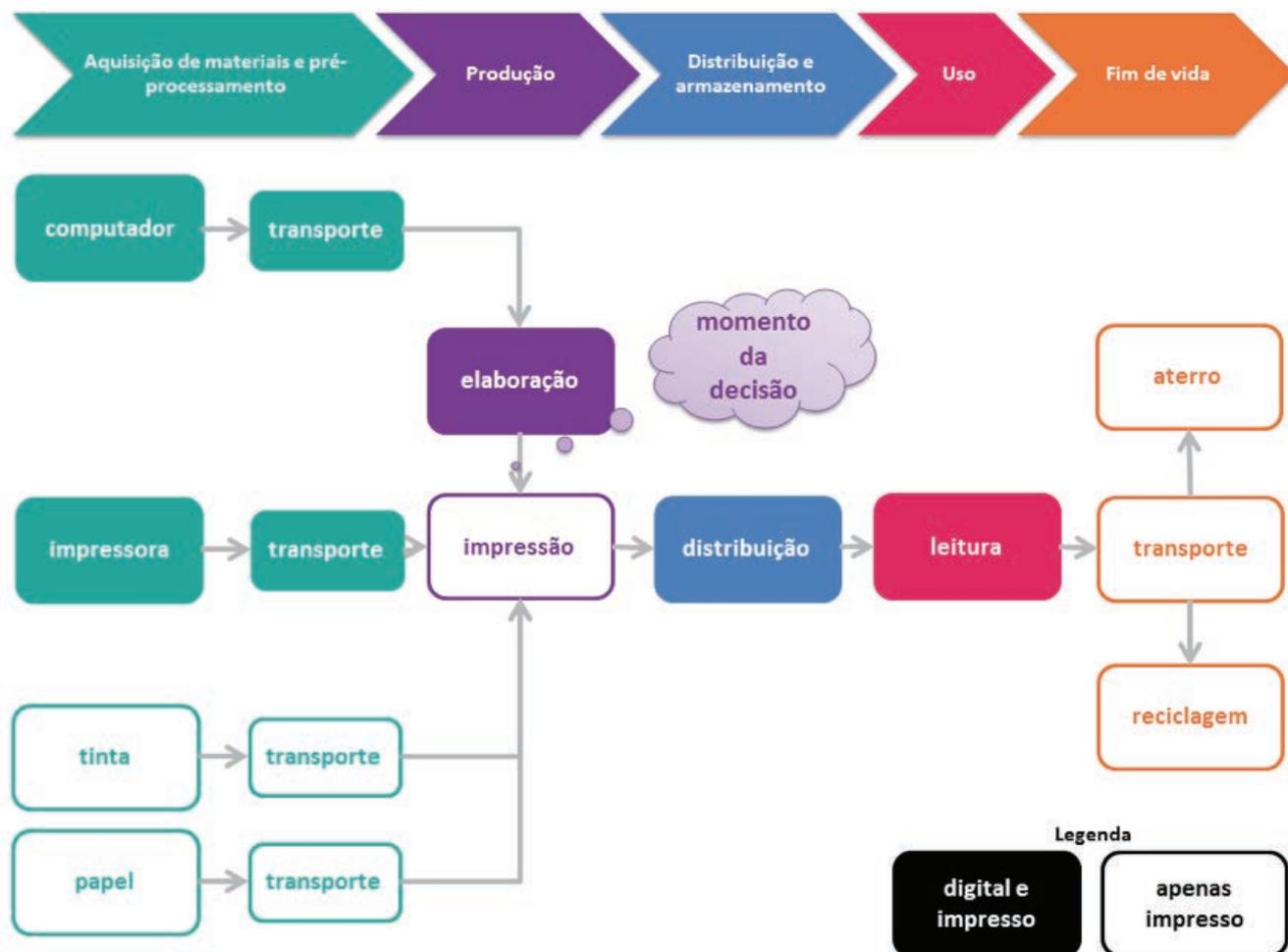
Tabela 5: Resumo das fronteiras do estudo

PRODUTOS E FRONTEIRAS	
Documento Impresso	Documento Digital
<p>Aquisição de materiais e pré-processamento: Produção do computador e deslocamento para o escritório Produção da impressora e deslocamento do prestador do serviço de impressão para o escritório Produção do toner e deslocamento para o escritório Silvicultura (plantação e corte de árvores, insumos e maquinário agrícola) Deslocamento rodoviário do campo para a indústria de papel Produção da polpa de celulose (energia, insumos químicos etc.) Deslocamento rodoviário do papel, da indústria para Brasília (setor dos ministérios).</p>	<p>Aquisição de materiais e pré-processamento: Produção do computador e deslocamento rodoviário para o escritório Produção da impressora e deslocamento rodoviário para o escritório.</p>
<p>Produção: Elaboração do documento e impressão em máquina a laser.</p>	<p>Produção: Elaboração do documento.</p>
<p>Distribuição e armazenamento: Distribuição interna, entre impressora e local de leitura.</p>	<p>Distribuição e armazenamento: Distribuição virtual interna (via e-mail ou por outras ferramentas de compartilhamento virtual).</p>
<p>Uso: Leitura única – após recebido, o papel é lido por 15 minutos.</p>	<p>Uso: Leitura única – após recebido, o documento é lido por 15 minutos.</p>
<p>Fim da vida: Deslocamento rodoviário do documento até aterro sanitário ou central de reciclagem.</p>	<p>Fim da vida: Não há emissões consideradas no fim de vida.</p>

O mapa de processos¹⁹ do estudo comparativo apresenta, no formato de um fluxograma, as etapas e respectivos processos do ciclo de vida dos produtos, conforme a Figura 4. As formas com preenchimento sólido indicam processos comuns a ambas as opções analisadas. As formas sem preenchimento pertencem apenas aos cenários de documento impresso e são processos desconsiderados do fluxo do documento digital.

¹⁹ Também chamado de *sistema de produto*.

Figura 4: Mapa de processos do Estudo 1



De acordo com o método aplicado, é sugerido que a contabilização de bens de capital (computadores e impressora) seja considerada um 'processo não atribuível' em ambos os cenários. Porém, como a inclusão se mostrou relevante no cenário comparativo, esses processos foram contabilizados nas fronteiras do estudo.

Os cenários de fim de vida dos bens de capital foram excluídos das fronteiras por demonstrarem ser insignificantes. Ainda no fim de vida, foi desconsiderado como opção o armazenamento dos documentos, tanto digital quanto impresso, pois interpretações errôneas poderiam ocorrer desviando-se da função inicial proposta de transmissão de informações, em que a leitura é, necessariamente, obrigatória e é o motivo da confecção dos documentos.

O período de tempo considerado no estudo é de 100 anos, o que significa que todas as emissões existentes dentro desse período são contempladas. Como não há contabilização de emissões de gases de efeito estufa de materiais inertes (computadores e impressoras), a fronteira temporal do estudo encerra com a degradação do papel, processo com duração inferior aos 100 anos adotados.

5.1.3 Coleta de dados

Os dados aqui utilizados são secundários, ou seja, não foram levantados diretamente com fabricantes ou fornecedores, a partir de processos individuais, mas obtidos a partir de literatura pertinente. Diversos estudos e declarações ambientais de produtos (*environmental product declaration*), publicados ao redor do mundo, foram utilizados, além do banco de dados *ecoinvent*²⁰, que é referência no setor de inventários de ciclo de vida.

5.1.3.1 Aquisição de materiais e pré-processamento

A etapa de aquisição de materiais e pré-processamento consiste na obtenção de quatro ‘insumos’ para a elaboração e leitura dos documentos, quais sejam: computador, impressora, toner e papel, sendo que os dois últimos só são válidos para o documento impresso.

O primeiro processo modelado é o do computador. A partir de dados obtidos junto ao MDIC (FILHO, 2014) sobre a quantidade e marca de desktops e laptops foi modelado o “computador-padrão” para o estudo.

Adotou-se, então, a premissa de que a utilização do computador ocorreria durante quatro anos, com 255 dias úteis e nove horas por dia. Essa informação embasou o valor da emissão da aquisição por hora, enquanto o computador estiver disponível como infraestrutura. O mesmo modelo de cálculo foi adotado para obter um fator de peso por hora de utilização, a fim de mensurar as emissões do transporte que são proporcionais ao peso do produto transportado. Essa adequação entre emissões, peso e tempo de uso é feita porque os impactos da fabricação e transporte do computador para cumprir a função aqui definida não podem responder pela totalidade dos impactos ambientais de tais etapas.

Tabela 6: Pegada de Carbono de Computadores

Processo	Material	Emissão (kg CO ₂ eq/unidade)	Peso (kg/unidade)	Cobertura geográfica	Fonte
Computador (desktop)	desktop computer, without screen, at plant	270,72	11,3	Global	ecoinvent
	keyboard, standard version, at plant	25,83	1,18	Global	ecoinvent
	mouse device, optical, with cable, at plant	5,07	0,12	Global	ecoinvent
	LCD flat screen, 17 inches, at plant	224,26	3,40	Global	ecoinvent
	Total	525,88	16,00	Global	ecoinvent
Computador (laptop)	laptop computer, at plant	209,71	3,15	Global	ecoinvent
	power adapter, for laptop, at plant	3,78	0,36	Global	ecoinvent
	Total	213,49	3,51	Global	ecoinvent

²⁰ O banco de dados *ecoinvent* não é gratuito e tais informações só podem ser acessadas mediante a compra da versão escolhida ou de algum software que possua o banco integrado. No presente estudo, o *ecoinvent* foi acessado dentro do software *Umberto*. Mais informações podem ser obtidas em: <http://www.ecoinvent.ch/>.

A combinação desses valores do banco de dados com as informações trazidas pelo MDIC permitiu a composição da Tabela 7, a qual se baseou na distância percorrida para transporte do computador entre as empresas Positivo, no município de Itu (Estado de São Paulo), maior fornecedora de desktops para o ministério e Lenovo, no município de Curitiba, maior fornecedora de notebooks do ministério, de acordo com Filho (2014), para Brasília.

Tabela 7: Modelagem do Computador Padrão

DADOS	DESKTOP	NOTEBOOK
Pegada de carbono da aquisição (kg CO ₂ eq/unidade)	525,88	213,49
Peso (kg)	16,00	3,51
Quantidade	1.441	84
Emissão do computador-padrão (kg CO ₂ eq/unidade)	508,67	
Emissão do computador-padrão por hora (Kg CO ₂ eq/ hora)	0,055	
Peso do computador-padrão (kg/unidade)	15,31	
Peso do computador-padrão (kg/hora)	0,002	
Distância percorrida pelo computador-padrão da fábrica até o local de uso (km)	1.325	

A modelagem da impressora considerou os modelos disponíveis no ministério, sendo quatro da marca Lexmark, que disponibiliza para seus modelos mais recentes a declaração EPD (declaração ambiental do produto, ou em inglês, *environmental product declaration*). Essa declaração traz informações sobre o ciclo de vida produto do ponto de vista ambiental com base na norma ISO 14.025 – Avaliação do Ciclo de Vida. Dentre as impressoras do MDIC, apenas um modelo possui a EPD disponível para consulta; ainda assim, levando-se em conta que as quatro impressoras possuem as características semelhantes quanto ao tamanho e capacidade – pequena, média ou grande, impressora ou multifuncional – foram adotadas as mesmas informações ambientais para todas (FILHO, 2014). Foi, portanto, estabelecida uma “impressora-padrão”, assim como no caso do computador.

A pegada de carbono da impressora é fornecida pelo fabricante em duas unidades: valor total e valor distribuído para cada mil páginas impressas (Lexmark, 2014a; Lexmark, 2014b; Lexmark, 2014c; Lexmark, 2014d). Para o caso de um único documento, o último valor foi utilizado, conforme Tabela 8. A distância percorrida foi de 991 km, partindo da prestadora de serviços, no município de Barueri (Estado de São Paulo) até a Esplanada dos Ministérios em Brasília.

Tabela 8: Aquisição de Impressoras

PROCESSO	MODELOS DE IMPRESSORA			
	X460 MFP	E360d/E360dn/E460dn	C748	C925de, C925dte
Emissão resultante da aquisição da impressora por mil páginas (kg CO ₂ eq)	0,13	0,08	0,27	0,12
Quantidade de impressoras	60	125	41	4
Quantidade de impressões	720.900	375.000	41.000	8.000
Peso por mil páginas (kg)	0,02	0,01	0,04	0,03

No estudo é considerado um documento de duas páginas e tanto para a versão impressa quanto para a digital, há disponibilidade da infraestrutura necessária para realizar qualquer uma das escolhas. Os valores de pegada de carbono da impressora e peso utilizado no transporte são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Cálculos para modelagem da impressão

EMISSÃO TOTAL (kg CO ₂ e) POR MIL PÁGINAS	EMISSÃO POR 2 PÁGINAS (kg CO ₂ eq)	PESO TOTAL (KG) POR MIL PÁGINAS	PESO POR 2 PÁGINAS (kg)
0,119	2,37E-04	0,020	3,97E-05

Os dados listados até aqui são considerados em ambas as opções de documento, digital e impresso. A seguir, são apresentados os valores de emissão para o papel e o toner de impressão, os quais são válidos apenas para o documento impresso.

A gramatura do papel utilizado é de 75 g/m², logo, uma folha A4 pesa aproximadamente 4,68 gramas. Para cada folha de papel, é consumido 0,02 grama de pó de impressão. Considerou-se a fabricação do papel no município de Suzano (Estado de São Paulo), tendo percorrido uma distância de 1.053 km até a Esplanada dos Ministérios. A pegada de carbono da tinta provém do banco de dados, que já considera as emissões resultantes de transporte até o usuário final.

Tabela 10: Pegada de Carbono de Insumos da Impressão

MATERIAL	EMISSÃO (kg CO ₂ eq/kg)	COBERTURA GEOGRÁFICA	FONTE
Suzano Report A4	1,197	Brasil	Suzano, 2012
toner, black, used for printing	44,555	Europa	ecoinvent

5.1.3.2 Produção

A etapa de produção consiste em dois processos: elaboração e impressão do documento. Para ambos, as emissões são provenientes do consumo de energia elétrica.

Tanto a versão impressa quanto a digital necessitam do mesmo tempo de elaboração, estimado em 1 hora. Já o documento digital dispensa o consumo energético na sua impressão, visto que é salvo instantaneamente no formato digital após conclusão de sua elaboração. Da mesma forma que na impressora-padrão, o consumo médio de energia elétrica foi baseado na quantidade e nos modelos disponíveis no ministério de acordo com o consumo informado pelo fabricante (Lexmark, 2014a; Lexmark, 2014b; Lexmark, 2014c; Lexmark, 2014d). Tem-se, portanto:

Tabela 11: Consumo de energia elétrica da elaboração e impressão do documento

PROCESSO	TEMPO (h)	CONSUMO DE ENERGIA (kWh)	FONTE
Elaboração	1	0,081	<i>ecoinvent</i>
Impressão	-	0,566 (1.000 páginas) / 0,001 (2 páginas)	Lexmark

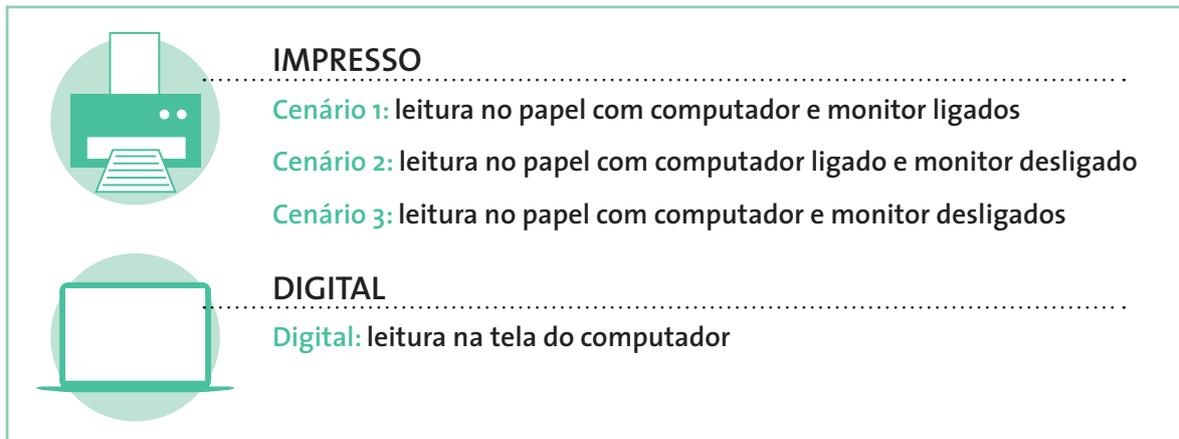
5.1.3.3 Distribuição e armazenamento

Não foi considerada emissão para a distribuição dos documentos digitais ou impressos visto que os mesmos são desenvolvidos e lidos dentro do próprio ministério.

5.1.3.4 Uso

Como a infraestrutura, nesse caso, o computador, estará presente durante a etapa de uso dos documentos, essa pode apresentar diversas variações de acordo com o comportamento do leitor. Para isso, alguns cenários foram adotados, como observado na Figura 5. O tempo de leitura considerado para o documento é de 15 minutos.

Figura 5: Cenários de leitura



Os consumos de energia para cada cenário são provenientes dos manuais do *ecoinvent*²¹ (ECOINVENT CENTRE, 2007c). Eles podem ser conferidos na Tabela 12.

Tabela 12: Consumo energético de computadores

MODO DE OPERAÇÃO	COMPUTADOR	MONITOR	NOTEBOOK
Ativo (W)	60,0	25,0	19,0
Desligado (W)	2,0	1,5	1,5

Com esses consumos, estabelece-se a quantidade de energia consumida em cada um dos cenários e no documento digital conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13: Consumo energético nos cenários adotados

ENERGIA	IMPRESSÃO CENÁRIO 1		IMPRESSÃO CENÁRIO 2		IMPRESSÃO CENÁRIO 3		DIGITAL	
	Computador	Notebook	Computador	Notebook	Computador	Notebook	Computador	Notebook
Consumo energético (W)	85	19	61,5	4	3,5	1,5	85	19
Quantidade	1.441	84	1.441	84	1.441	84	1.441	84
Média (W)	81,4		58,3		3,4		81,4	

²¹ O banco de dados *ecoinvent* não é gratuito e tais informações só podem ser acessadas mediante a compra da versão escolhida ou de algum software que possua o banco integrado. No presente estudo, o *ecoinvent* foi acessado dentro do software *Umberto*. Mais informações podem ser obtidas em: <http://www.ecoinvent.ch/>.

5.1.3.5 Fim de vida

Para o documento digital, não há considerações de fim de vida visto que, após a leitura única do documento, não há mais emissões em seu ciclo de vida.

Já para o documento impresso, após a leitura, o mesmo deverá ser descartado. Partindo da possibilidade de dois cenários – reciclagem ou disposição em aterro sanitário com captura de metano e apenas emissão de CO₂ – e da realidade presente, 29,8% do papel de escritório foi encaminhado para reciclagem²² e 70,2% foi para aterro sanitário, sendo que, em ambos os cenários, o resíduo percorre uma distância de 15,6 km a partir da Esplanada dos Ministérios²³.

A diferenciação entre os dois cenários deu-se no modal de transporte, em que os materiais recicláveis não são transportados por caminhões de lixo comum e possuem menor emissão no seu transporte.

5.2 ESTUDO 2

Pegada de Carbono do serviço de impressão (*Outsourcing*)

5.2.1 Caracterização do produto e escopo

Nesse estudo são contemplados os impactos ambientais da categoria de mudanças climáticas para a prestação do serviço de impressão (ou *outsourcing* de impressão), que tem a **função** de prover toda a infraestrutura necessária para que a demanda de dois anos de impressões e/ou cópias de documentos em papel A4 do MDIC não sofra interrupções.

Para realizar essa função definiu-se que a **unidade funcional** são 230 impressoras de 4 modelos, 2.190 toners, com capacidade para atender até 1 milhão de impressões/cópias por mês, em preto e branco ou colorido, incluindo manutenção do maquinário e fornecimento de insumos. O **fluxo de referência** foi baseado na quantidade de impressões estimada para os dois anos, totalizando em 8.608.425 de folhas de papel A4.

O estudo compara o ciclo de vida do berço ao túmulo, tendo sua fronteira de encerramento no momento em que os documentos ultrapassam o fim de vida aqui estabelecido, após cumprimento da função, e seguem para outros cenários de reaproveitamento.

22 CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: http://www.cempre.org.br/ft_papel_escritorio.php. Acesso em 15 set. 2014.

23 A definição da distância percorrida tem como base a realidade atual da destinação de grande parte dos resíduos de Brasília, que vão para o Lixão da Estrutural, desconsiderado no presente estudo por estar muito aquém do cenário ideal estabelecido na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei 12.305/2010), que determina a destinação ambientalmente adequada para qualquer resíduo gerado – nesse sentido, a destinação para o aterro sanitário poderia ser considerada uma etapa intermediária da busca pelos objetivos da PNRS, uma vez que também não é o melhor cenário.

É fundamental ressaltar que o presente estudo analisa o serviço de fornecimento e disponibilidade de infraestrutura a partir da demanda estimada, que possui valor superior devido à margem de garantia da prestação do serviço, que disponibiliza maquinário acima da demanda utilizada de fato. As estimativas aqui consideradas levam em conta valores reais de um contrato do MDIC, tanto para prestação do serviço quanto para a compra de papel, que permitiu a modelagem do número de impressões realizadas. Assim, por se tratar de um cenário específico, deve-se evitar a replicação dos resultados obtidos nesse estudo para outras organizações e cenários.

5.2.2 Definição de fronteiras

As fronteiras desse estudo foram definidas a partir da localização e das atividades do ‘prestador de serviço de impressão’, que delimita, principalmente, os deslocamentos dos insumos eletrônicos que, posteriormente, serão fornecidos ao ministério contratante; a partir da fase de uso, são considerados todos os processos que se dão na sede do MDIC, ou estão sob responsabilidade direta desse ministério, como a compra de papéis. A pegada de carbono é modelada em função do tempo inicial de contrato 2 anos.

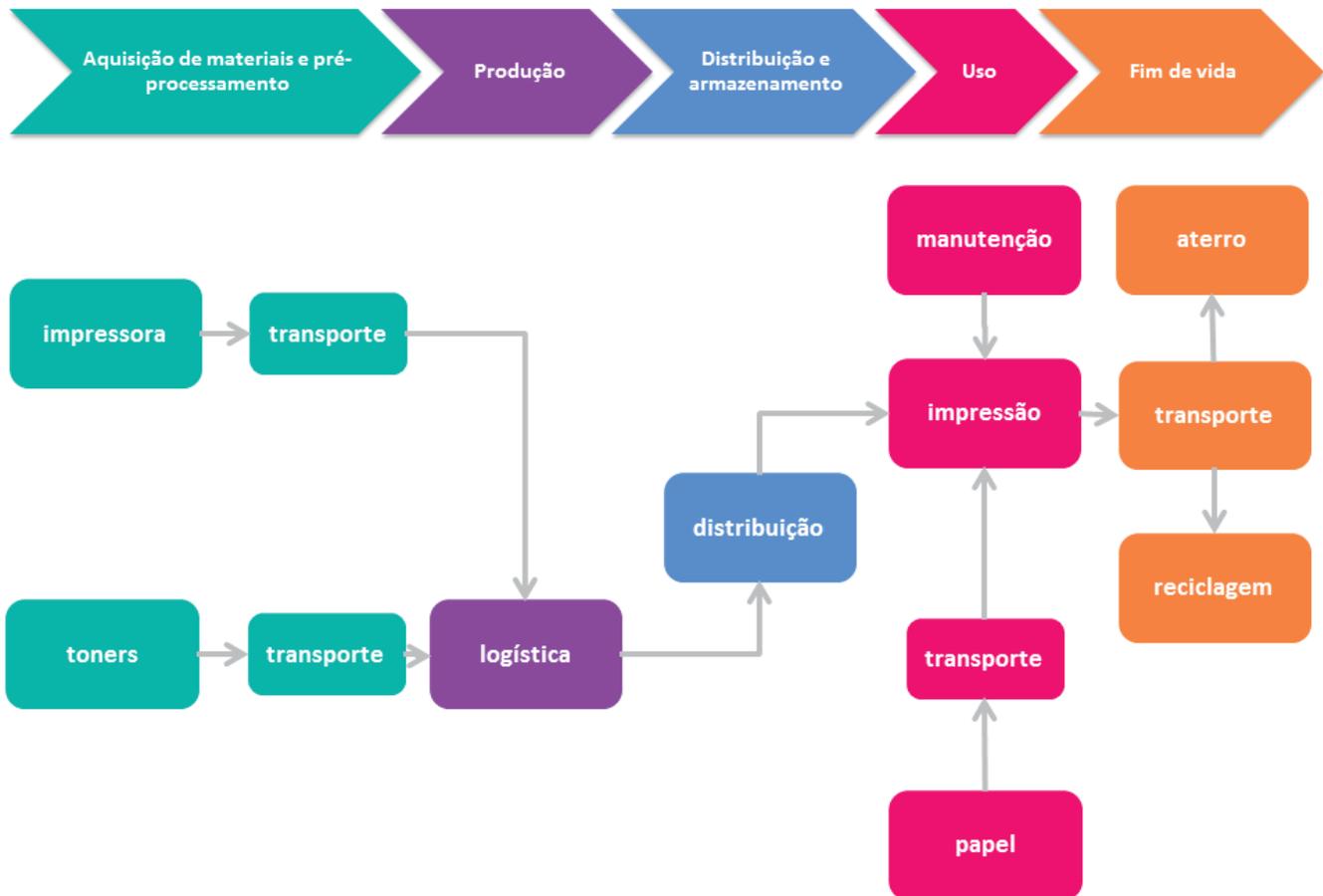
Tabela 14: Resumo das fronteiras preliminares do Estudo 2

FRONTEIRAS	
Aquisição de materiais e pré-processamento:	Fabricação e transporte das impressoras (extração de recursos e processo industrial) Fabricação e transporte dos toners (extração de recursos e processo industrial).
Produção:	Logística do prestador de serviço.
Distribuição e armazenamento:	Deslocamento rodoviário da impressora e dos toners (do prestador de serviços para o contratante).
Uso:	Fabricação e transporte do papel (extração de recursos e processo industrial) Impressão e cópia Manutenção das impressoras.
Fim da vida:	Deslocamento rodoviário da impressora, acessórios eletrônicos, toners e papel até a estação de tratamento e/ou local de disposição final.

O mapa de processos²⁴ do sistema de impressão apresenta, no formato de um fluxograma, as etapas e respectivos processos do ciclo de vida dos produtos, conforme a Figura 6.

²⁴ Também chamado de *sistema de produto*.

Figura 6: Mapa de Processos do Estudo 2



De acordo com o método aplicado, é sugerido que a contabilização de bens de capital (impressora) seja considerada um 'processo não atribuível'. Porém, como a inclusão se mostrou relevante, dado que o foco do estudo é exatamente a função das impressoras, os processos relacionados a eles foram contabilizados nas fronteiras do estudo.

Nesse sentido, os cenários de fim de vida desse bem de capital também foram considerados, bem como o fim de vida do papel consumido, podendo ser enviado para reciclagem ou aterro sanitário. O período de tempo considerado no estudo é de 100 anos, o que significa que todas as emissões existentes dentro desse período são contempladas.

5.2.3 Coleta de dados

Os dados aqui utilizados são secundários, ou seja, não foram levantados diretamente com fabricantes ou fornecedores a partir de processos individuais, mas obtidos a partir de literatura pertinente. Diversos estudos e declarações ambientais de produtos (*environmental product declaration*), publicados ao redor do mundo, foram utilizados, além do banco de dados *ecoinvent*²⁵, que é referência no setor de inventários de ciclo de vida.

²⁵ O banco de dados *ecoinvent* não é gratuito e tais informações só podem ser acessadas mediante a compra da versão escolhida ou de algum software que possua o banco integrado. No presente estudo, o *ecoinvent* foi acessado dentro do software *Umberto*. Mais informações podem ser obtidas em: <http://www.ecoinvent.ch/>.

5.2.3.1 Aquisição de materiais e pré-processamento

Foi definido que a aquisição dos materiais/equipamentos é de responsabilidade do prestador do serviço, sendo que a etapa de aquisição de materiais e pré-processamento vai da produção das impressoras e toners até a chegada destes na sede do prestador.

Foram considerados quatro modelos de impressoras Lexmark equivalentes ao contrato de prestação de serviço do MDIC, sendo 60 multifuncionais monocromáticas, 125 impressoras monocromáticas, 41 impressoras coloridas, 4 impressoras coloridas de grande porte. De acordo com o fabricante, as impressoras oferecidas possuem vida útil de 5 anos, logo, sua pegada de carbono total foi multiplicada por dois quintos, imaginando-se que, após sua utilização pelo MDIC, elas ainda cumpririam sua função por mais três anos em outras localidades antes de serem enviadas para disposição final. Os dados disponibilizados pelo fabricante, tal qual os cálculos realizados, podem ser conferidos na Tabela 15 (Lexmark, 2014a; Lexmark, 2014b; Lexmark, 2014c; Lexmark, 2014d).

Tabela 15: Pegada de carbono da aquisição de impressoras

PROCESSO	MODELOS DE IMPRESSORAS			
	X460 MFP	E360d/E360dn/ E460dn	C748	C925de,C925dte
Quantidade disponível em escritório (MDIC)	60	125	41	4
Aquisição da impressora (kg CO ₂ eq/unidade)	136,81	103,34	181,01	228,67
Aquisição da impressora para 2 anos (kg CO ₂ eq/unidade)	54,72	41,34	72,40	91,47
Aquisição de impressoras para 2 anos (kg CO ₂ eq)	3.283,44	5.167,00	2.968,56	365,87

O transporte iniciou na fábrica da Lexmark, localizada em Shenzhen (China), até o porto da mesma cidade por modal rodoviário, em seguida passou por deslocamento marítimo até o porto de Santos (Estado de São Paulo) no Brasil e por deslocamento rodoviário até a sede da empresa prestadora de serviço no município de Barueri (Estado de São Paulo).

Tabela 16: Transporte das impressoras

PROCESSO	MODELOS DE IMPRESSORAS			
	X460 MFP	E360d/E360dn/ E460dn	C748	C925de, C925dte
Quantidade disponível em escritório (MDIC)	60	125	41	4
Peso (kg/unidade)	22,7	16,6	25,6	48,3
Distância percorrida por transporte rodoviário (Shenzen – Porto de Shenzhen)	17,3 km			
Distância percorrida por transporte marítimo (Porto de Shenzhen – Porto de Santos)	20.003 km			
Distância percorrida por transporte rodoviário (Porto de Santos – Barueri)	114 km			

De acordo com a capacidade de impressão de cada *toner* e o número de páginas impressas no ministério, foi calculada a quantidade necessária de *toners* para o período de dois anos. As pegadas de carbono dos *toners* foram obtidas graficamente nas declarações ambientais fornecidas pelo fabricante (EPD, em inglês, *environmental product declaration*), sendo que esses valores consideram o transporte até o destino final. Os dados podem ser consultados na Tabela 17 (Lexmark, 2014a; Lexmark, 2014b; Lexmark, 2014c; Lexmark, 2014d).

Tabela 17: Pegada de carbono da aquisição de toners

PROCESSO	MODELOS DE IMPRESSORAS			
	X460 MFP	E360d/E360dn/ E460dn	C748	C925de, C925dte
Quantidade de toners preto e branco	1.260	750	41	4
Quantidade de toners colorido	-	-	123	12
Toner preto e branco (kg CO ₂ eq/unidade)	2,53	1,88	9,07	4,54
Toner colorido (kg CO ₂ eq/unidade)	-	-	10,89	6,60

5.2.3.2 Produção

O processo de produção consiste no armazenamento dos equipamentos e gerenciamento do sistema de prestação de serviços, que não estão diretamente relacionados ao fluxo do serviço prestado no MDIC e, portanto, podem ser desconsiderados de acordo com o método, não havendo fatores de emissão nessa etapa.

5.2.3.3 Distribuição e armazenamento

Nessa etapa é contabilizado o transporte das impressoras por caminhões em rodovias, entre a empresa prestadora de serviço e o MDIC. Com a sede localizada no município de Barueri, a distância percorrida pelas 230 impressoras e 2.190 *toners* é de 991 km.

5.2.3.4 Uso

Foi modelada uma compra de 10.341 resmas de papel (valor referente aos anos 2012 e 2013, conforme informado pelo MDIC), totalizando 1.034.100 folhas (BORALLI, 2014). Adotou-se um índice de 5% de desperdício, que incluem folhas utilizadas para outros fins que não envolvam o sistema de cópia e impressão. O transporte foi modelado partindo do município de Suzano (maior fábrica de papel e celulose do Brasil) até o MDIC, em Brasília, totalizando 1.053 km percorridos em rodovias.

O volume de impressão foi modelado individualmente, de acordo com o consumo energético, para cada tipo de impressora. O total de papéis destinados à impressão foi distribuído entre os 4 modelos seguindo a proporção estimada no contrato de prestação de serviço, qual seja: “720.900 : 375.000 : 41.000 : 8.000”.

As emissões dessa etapa são provenientes da geração e transmissão de energia elétrica, conforme Tabela 18, não havendo emissão direta durante a impressão.

Tabela 18: Quantidade de impressões e consumo energético

PROCESSO	MODELOS DE IMPRESSORAS			
	X460 MFP	E360d/E360dn/ E460dn	C748	C925de, C925dte
Quantidade contratual	720.900	375.000	41.000	8.000
Normalização	5.420.398	2.819.599	308.276	60.151
Eletricidade consumida (kWh/1.000 páginas)	0,500	0,423	0,977	0,492

Os valores de manutenção foram modelados individualmente para cada modelo de impressora de acordo com a demanda de impressão estimada; as pegadas de carbono dos *toners* foram obtidas graficamente nas declarações ambientais fornecidas pelo fabricante (Lexmark, 2014a; Lexmark, 2014b; Lexmark, 2014c; Lexmark, 2014d), conforme apresentado na Tabela 19 a seguir:

Tabela 19: Pegada de carbono da manutenção das impressoras

PROCESSO	MODELOS DE IMPRESSORAS			
	X460 MFP	E360d/E360dn/ E460dn	C748	C925de, C925dte
Manutenção (kg CO ₂ /1.000 páginas)	0,639	0,639	2,580	0,388

5.2.3.5 Fim de vida

O descarte dos resíduos sólidos de papéis parte da possibilidade de dois cenários – reciclagem ou disposição em aterro sanitário com captura de metano e apenas emissão de CO₂ – e da realidade presente, 29,8% do papel de escritório foi encaminhado para reciclagem²⁶ e 70,2% foi para aterro sanitário, sendo que, em ambos os cenários, o resíduo percorre uma distância de 15,6 km a partir da Esplanada dos Ministérios²⁷.

A diferenciação entre os dois cenários deu-se no modal de transporte, em que os materiais recicláveis não são transportados por caminhões de lixo comum e possuem menor emissão no seu transporte. De acordo com informações do fabricante, o fim de vida das impressoras foi estimado com o retorno de 67% das impressoras para a Lexmark com o intuito de serem recicladas. O restante é enviado para os sistemas locais de tratamento e destinação de resíduos, onde as frações metálicas são recicladas e o restante permanece em aterros sanitários. Tal qual a aquisição, a etapa de fim de vida também é fracionada pelo período correspondente aos dois anos de utilização, como pode ser observado na Tabela 20.

²⁶ CEMPRES – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: http://www.cempre.org.br/ft_papel_escritorio.php. Acesso em 15 set. 2014.

²⁷ A definição da distância percorrida tem como base a realidade atual da destinação de grande parte dos resíduos de Brasília, que vão para o Lixão da Estrutural, desconsiderado no presente estudo por estar muito aquém do cenário ideal estabelecido na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei 12.305/2010), que determina a destinação ambientalmente adequada para qualquer resíduo gerado – nesse sentido, a destinação para o aterro sanitário poderia ser considerada uma etapa intermediária da busca pelos objetivos da PNRS, uma vez que também não é o melhor cenário.

Tabela 20: Pegada de carbono do fim de vida das impressoras

PROCESSO	MODELOS DE IMPRESSORAS			
	X46o MFP	E36od/E36odn/ E46odn	C748	C925de, C925dte
Quantidade	60	125	41	4
Fim de vida (kg CO ₂ /unidade)	1,47	1,09	1,48	1,76
Fim de vida (kg CO ₂) para 2 anos	35,28	54,50	24,27	2,82

O fim de vida do *toner* foi modelado de acordo com cenários adotados pelo fabricante, com destinação em partes iguais para remanufatura, reciclagem e aterro sanitário. Assim como apresentado nas declarações ambientais de produto, que informam que o material é composto 100% de poliestireno, também se adotou no presente estudo tal informação, a qual modelou o processo de degradação do *toner* em aterro sanitário, onde ocorre emissão parcial do material ao longo dos 100 anos; o restante deixa o ciclo de vida sem emitir carbono nessa fase.



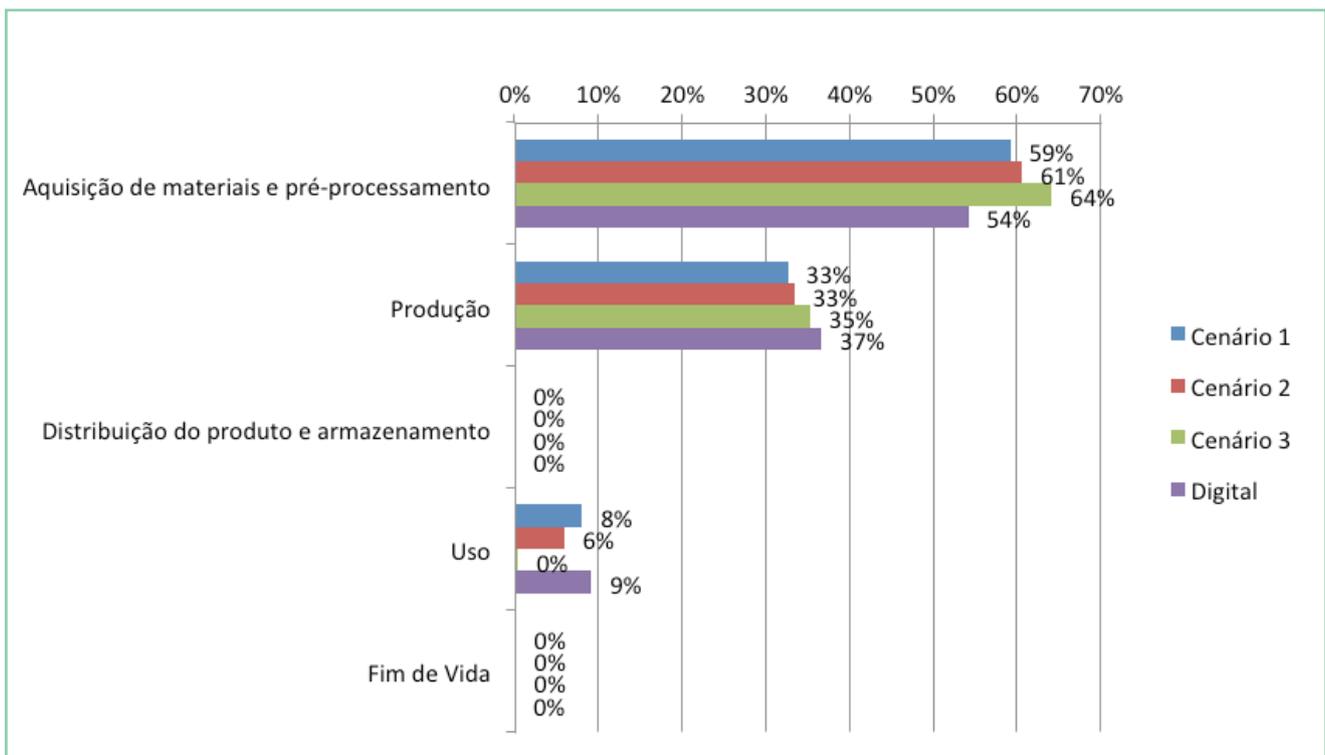
Resultados

6.1 ESTUDO 1

Pegada de Carbono de documento impresso e digital

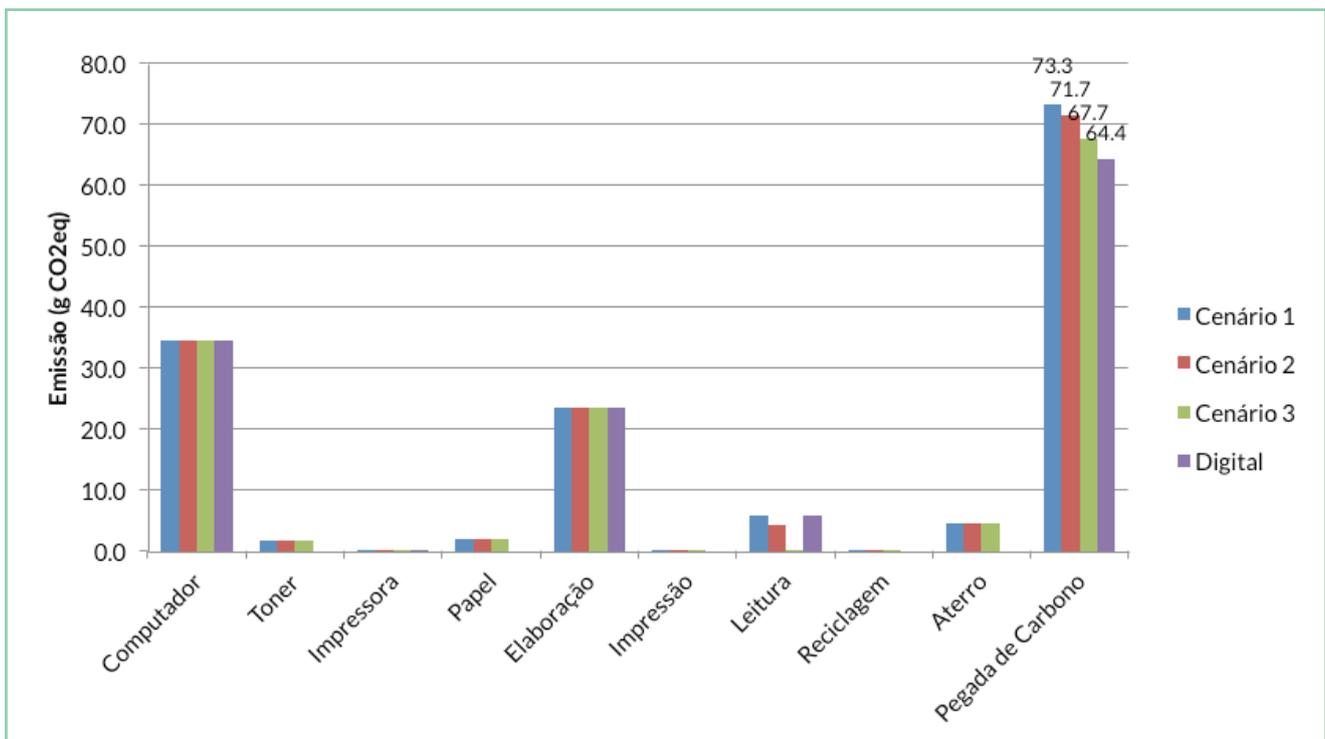
O ciclo de vida do documento digital e impresso foi modelado com o auxílio do software *Umberto*. Como pode ser observado na Figura 7, a etapa de aquisição de materiais e pré-processamento é a que possui maior emissão de GEE no ciclo de vida. Os Cenários da Figura 7 estão detalhados na Figura 5 (p. 29).

Figura 7: Pegada de Carbono do Estudo 1 por etapas



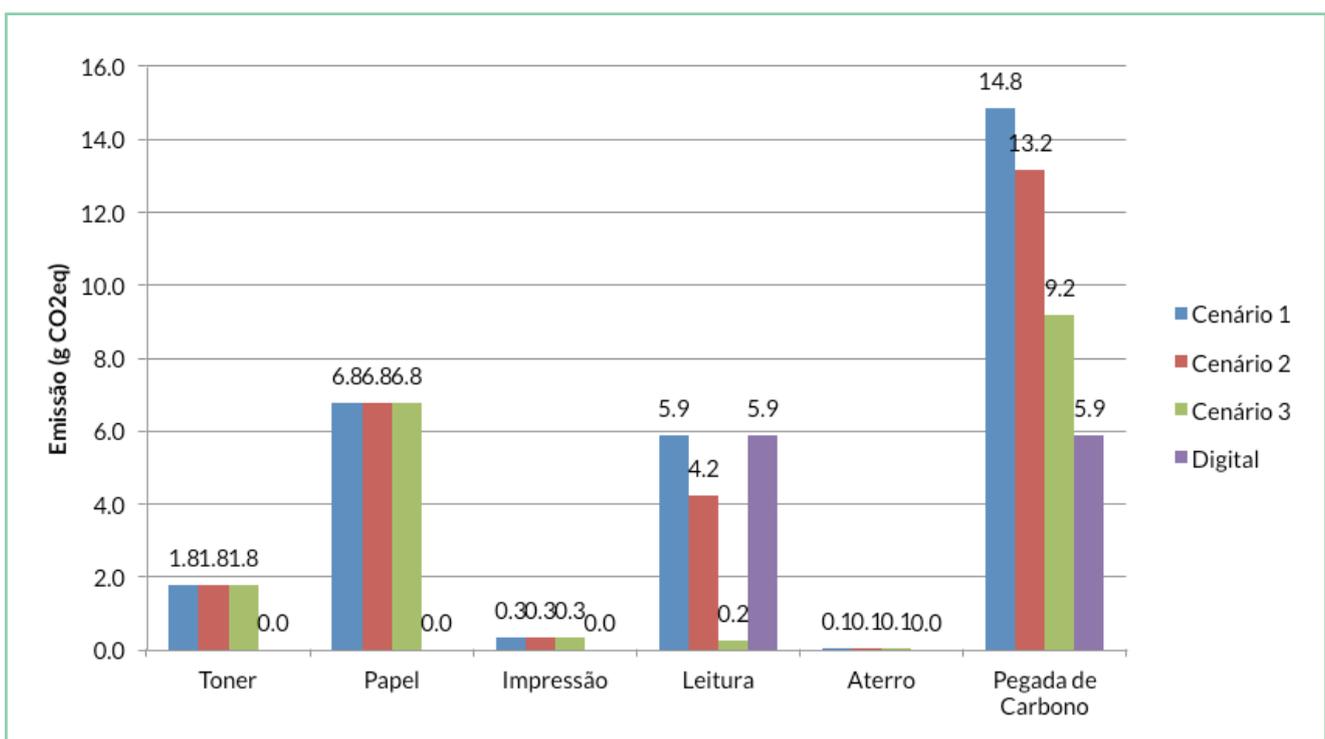
As emissões totais mostram-se muito semelhantes entre si, conforme Figura 8, por causa dos processos com maior contribuição de GEEs, a aquisição do computador e a elaboração do documento serem comuns a todos os cenários analisados.

Figura 8: Pegada de carbono do Estudo 1 por processos



Para melhor compreender a diferença entre os ciclos de vida retiraram-se os processos comuns aos quatro cenários referentes à aquisição do computador, da impressora e da elaboração do documento. A comparação direta entre eles pode ser vista na Figura 9.

Figura 9: Variação entre os cenários



A utilização do papel é o processo que representa o maior impacto no ciclo de vida comparativo. A escolha de desligar ou não o computador durante a leitura também apresenta bastante relevância e variação entre os cenários. Ler o documento impresso com o computador e monitor ligados apresenta o mesmo impacto de lê-lo no computador, tornando-se ineficiente a impressão em papel. Desligar o monitor enquanto lê o documento impresso apresenta uma melhora relativa na emissão de GEEs, mas bem inferior a desligar completamente o computador. As pegadas de carbono finais podem ser observadas na Tabela 21.

Tabela 21: Pegada de carbono Estudo 1

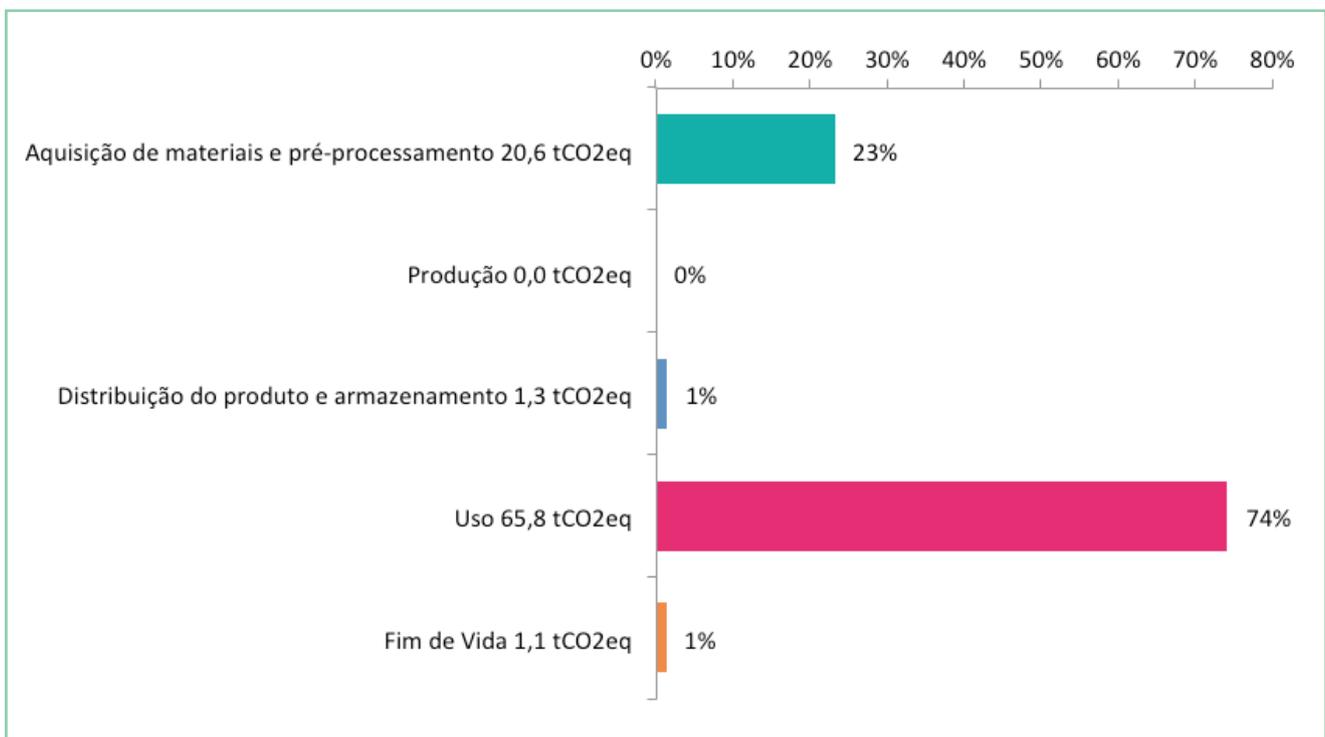
Documento Impresso Cenário 1	Documento Impresso Cenário 2	Documento Impresso Cenário 3	Documento Digital
 <p>0,0733 kg CO₂eq. Impresso Lido (1,0000 unit)</p>	 <p>0,0717 kg CO₂eq. Impresso Lido (1,0000 unit)</p>	 <p>0,0677 kg CO₂eq. Impresso Lido (1,0000 unit)</p>	 <p>0,0644 kg CO₂eq. Digital Lido (1,0000 unit)</p>
100%	98%	92%	88%
Documento impresso lido por 15 minutos com o computador e monitor ligados	Documento impresso lido por 15 minutos com o computador ligado e monitor desligado	Documento impresso lido por 15 minutos com o computador e monitor desligados	Documento digital lido por 15 minutos na tela do computador

6.2 ESTUDO 2

Pegada de Carbono do serviço de impressão

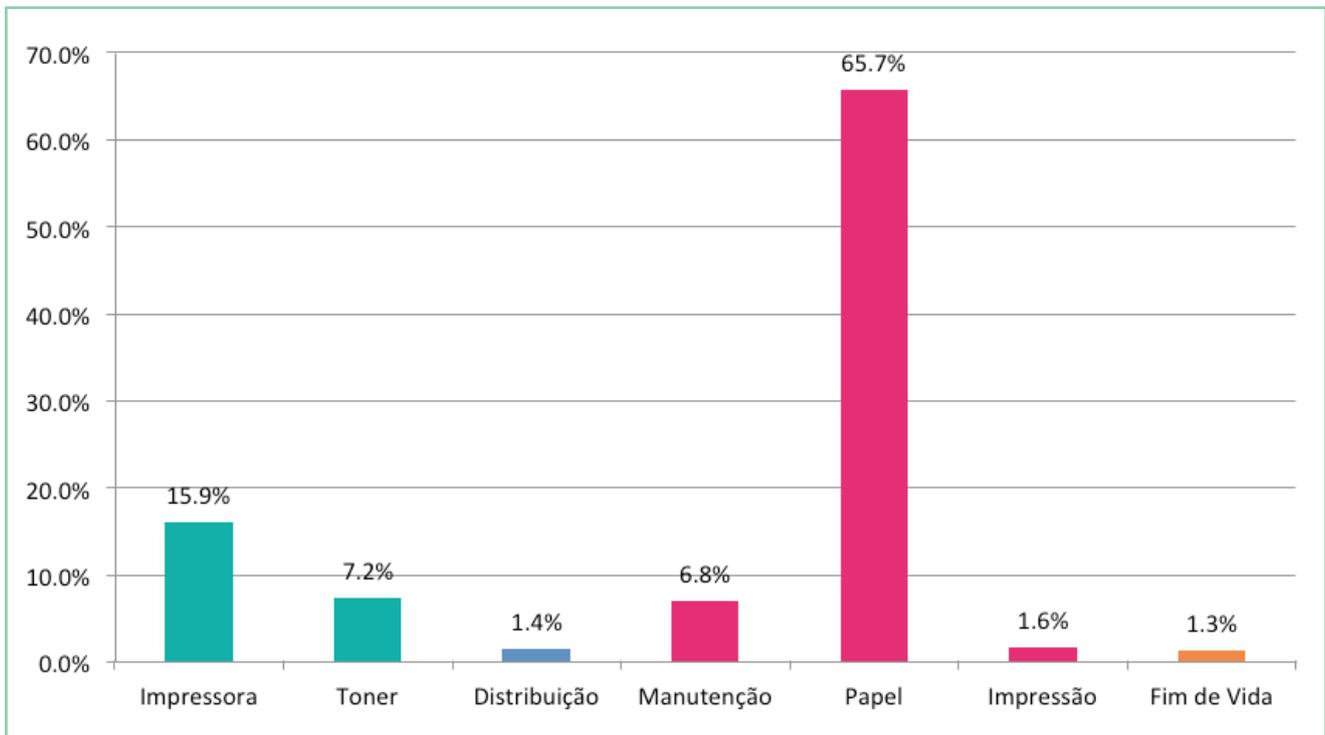
O ciclo de vida do serviço de impressão foi modelado com o auxílio do software *Umberto*. Como pode ser observado na Figura 10, a etapa de uso é a que possui maior emissão de GEE no ciclo de vida.

Figura 10: Pegada de Carbono do Estudo 2 por etapas



A fase de uso apresentou grande destaque devido ao alto volume de papel considerado. Com 66% das emissões, como observado na Figura 11, a aquisição de papel branco pelo MDIC é mais de quatro vezes superior a qualquer outro processo considerado.

Figura 11: Pegada de carbono do Estudo 2 por processos



Em segundo lugar, tem-se a aquisição de impressoras. Os 15,9% encontrados são divididos entre produção da impressora (15,4%) e o seu transporte (0,5%). Há, porém, um problema com esse valor. A pegada de carbono da aquisição de infraestrutura é geralmente baixa frente ao ciclo de vida devido à alta utilização desses bens materiais. Nesse caso, porém, apresentou-se relevante dado: as impressoras demonstram ser subaproveitadas.

Durante o levantamento de dados, além dos valores de pegada de carbono da produção das impressoras, o fabricante forneceu um valor dessa mesma pegada dividida pelo número de impressões, levando em conta um cenário onde a impressora é utilizada perto de sua capacidade máxima de operação. Utilizando esse valor da pegada de carbono por número de impressões, com o cenário encontrado no MDIC, pode-se estimar a quantidade de GEEs que seriam emitidos pela quantidade real utilizada por esse ministério, que indica, em termos de pegada de carbono, que as impressoras operam muito aquém da sua capacidade. A Tabela 22 nos mostra que os índices de aproveitamento dos 4 modelos são baixos, tornando o impacto da infraestrutura alto e suscitando a reflexão que poder-se-ia utilizar uma quantidade elevada de papel e toners de modo a diminuir sua contribuição ambiental negativa frente ao sistema completo.

Tabela 22: Índice de aproveitamento da pegada de carbono das impressoras

PROCESSO	X46o MFP	E36od/E36odn/ E46odn	C748	C925de, C925dte
Pegada de carbono por número de páginas impressas (kg CO ₂ /unidade)	11,74	1,80	2,03	1,80
Pegada de carbono por tempo de contrato (kg CO ₂ /unidade)	54,72	41,34	72,40	91,47
Índice de aproveitamento	21,5%	4,4%	2,8%	2,0%

A soma das emissões de cada etapa resulta na pegada de carbono do sistema de impressões: 88,8 toneladas CO₂eq, conforme a imagem gerada pelo software *Umberto*⁴:



DISCUSSÃO

Retomando os nossos casos – documento impresso e digital e serviços de impressão

Esse estudo aplicou o conceito de *Life Cycle Thinking*, ou pensamento do ciclo de vida, em dois casos: para o documento impresso vs. digital e para serviços de impressão. Foram apresentados estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) com o recorte específico para os impactos relacionados à categoria de ‘mudanças climáticas’, contabilizados por meio da pegada de carbono (*carbon footprint*), medida que quantifica as emissões diretas e indiretas associadas a todas as atividades do ciclo de vida do produto (da extração ao fim de vida).

A pegada de carbono, assim como a pegada hídrica, são medidas que vêm sendo globalmente disseminadas, demonstrando aceitação e aderência para empresas e governos; são também medidas que quantificam somente uma categoria de impacto, mas que estão inter-relacionadas fortemente com outros impactos. Dessa forma, esse método apresenta uma visão limitada do desempenho ambiental dos produtos analisados – em carbono equivalente –, a qual não considera qualquer outro impacto ambiental ou social.

Partindo-se da abordagem do ciclo de vida, que propõe uma visão sistêmica às tomadas de decisão, e com o intuito de evitar que o tomador de decisões olhe somente para as emissões de GEE, é necessária uma análise mais completa que considere outras categorias de impactos significativos dos casos analisados. Essa seção traz uma argumentação mais qualitativa, pautada em revisão bibliográfica em referências secundárias sobre outros impactos socioambientais que possibilitam a expansão do olhar para todo o sistema e a integração de outros impactos socioambientais às recomendações e atributos de sustentabilidade para compras e contratações públicas, que são apresentadas na próxima seção.

No caso do papel, produto que está contemplado tanto no estudo sobre documento impresso quanto no estudo de serviços de impressão, a etapa que mais contribuiu com sua pegada de carbono foi a de aquisição de materiais e pré-processamento. Assim, essa etapa constitui o maior ponto de atenção no que diz respeito às tomadas de decisão e encaminhamento de ações para redução das emissões.

É importante se atentar à origem da matéria-prima do papel, a madeira. No Brasil, quase toda a polpa de celulose utilizada é produzida a partir de madeira de eucalipto (CETESB, 2008), proveniente de florestas plantadas. Atualmente existem certificações florestais voluntárias (nacionais e internacionais) que atestam a origem legal da madeira, assim como o atendimento de critérios de manejo ecologicamente adequados e que também consideram questões de responsabilidade social.

Sobre o processo produtivo do papel, destacam-se os impactos negativos referentes ao consumo de energia, emissão de poluentes, consumo de água e produção de resíduos sólidos. O branqueamento da polpa da celulose é a etapa do processo produtivo que causa o maior impacto ambiental dessa fase do processo, principalmente no que diz respeito aos efluentes líquidos. O branqueamento é feito com substâncias cloradas que formam uma diversidade de compostos, como as dioxinas, que, em contato com matéria orgânica, têm impactos nos corpos hídricos, na atmosfera e efeitos tóxicos para todos os organismos vivos (CETESB, 2008).

Em relação à impressão, a etapa da produção de tinta, apesar de baixa relevância na categoria de mudanças climáticas, tem impactos significativos na geração de resíduos e toxicidade.

Em relação aos computadores e impressoras, os impactos ambientais e sociais relacionados ao processo produtivo estão relacionados, principalmente, à presença de elementos tóxicos como chumbo, cádmio, arsênio, mercúrio, entre outros, na composição de alguns dos seus componentes (PEDERSEN *et al.*, 1996). Esses elementos são prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.

A etapa de uso do papel também gera preocupação quanto ao seu consumo elevado aliado ao desperdício, que diretamente resultam em elevada geração de resíduos, os quais nem sempre têm tratamento e disposição adequada no seu fim de vida. O mesmo acontece com os computadores e impressoras, caracterizando o “lixo eletrônico”, de difícil tratamento adequado quanto à sua disposição final, por conta dos elementos tóxicos de alguns de seus componentes. No Brasil, foi gerado 1,4 milhão de toneladas de lixo eletrônico, em 2012, um valor considerado bastante alto, segundo a ONU (2013).

Diante dos impactos socioambientais apresentados, destaca-se a importância de buscar produtos alternativos, pautados em informações qualitativas referentes ao seu desempenho socioambiental, com o objetivo de minimizar os seus impactos socioambientais nas diferentes etapas do seu ciclo de vida. É o que apresentamos a seguir.

8

RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO

Observando os impactos trazidos na seção anterior, sugerimos atributos que busquem mitigá-los por meio de pesquisas em referências nacionais e internacionais, adaptando à realidade brasileira e buscando conectá-las aos impactos mais relevantes apresentados. Assim, identificamos atributos de sustentabilidade que caracterizam potenciais produtos alternativos – com melhor desempenho socioambiental frente ao tradicional, objeto do estudo.

Em relação ao papel, assim como qualquer aquisição de matéria-prima madeireira, deve ser proveniente de uma exploração florestal manejada, responsável, controlada e certificada por terceira parte independente, que garanta a consideração de aspectos ambientais, sociais e econômicos (CETESB, 2008).

Madeiras nativas de origem legal são madeiras de espécies nativas que provêm do corte autorizado pelo órgão ambiental competente e que possuam o documento de licença de transporte e armazenamento (DOF, GF, GCA ou afins), acompanhada da nota fiscal correspondente (SMA, s/d). A madeira certificada, além da legalidade garantida pelo IBAMA, cumpre diversos critérios que garantem a existência de um plano de manejo avançado e auditado por terceiros. Os dois selos mais difundidos no Brasil são o FSC²⁸ e o CERFLOR²⁹. Alguns aspectos sociais também são ressaltados nos produtos que possuem o selo FSC. A certificação atesta que a madeira utilizada não foi colhida ilegalmente e não provém de áreas onde houve violação dos direitos humanos e tradicionais.

O papel que possui tais selos tem uma redução da pegada de carbono considerável, pois evita o desmatamento, beneficiando a categoria mudanças climáticas. As categorias perda de biodiversidade e consumo de recursos naturais também são beneficiadas nesse caso devido ao manejo sustentável da floresta.

Outro ponto de atenção para papéis, que esses selos não contemplam, diz respeito ao processo produtivo. É necessário atentar, para a seleção do método de branqueamento da indústria, que deve atender requerimentos técnicos, que considerem parâmetros de efeitos contaminantes sobre o meio ambiente, na atmosfera, água e, em menor medida, na forma de resíduos sólidos. O branqueamento da massa deve ser feito por processos livres de cloro elementar (ECF) ou totalmente livres de cloro (TCF), que utilizam peróxido de hidrogênio, ozônio e outros (CETESB, 2008). Muitos fabricantes já colocam essas informações na embalagem do produto.

O papel reciclado ainda suscita muitas dúvidas. Ele não possui, necessariamente, um desempenho ambiental melhor do que o papel convencional. Para afirmar isso seria necessário um estudo comparativo de ACV realizado para as condições brasileiras, o que estaria fora do escopo deste trabalho. Ainda não foi encontrado nenhum estudo desse gênero para o Brasil, há apenas alguns resultados publicados sem acesso aos dados originais. Apesar disso, consideramos estudos internacionais relevantes.

²⁸ O FSC, Forest Stewardship Council, é uma organização independente, não governamental, sem fins lucrativos, criada para promover o manejo florestal responsável ao redor do mundo, por meio de um sistema de certificação, o selo FSC, que reconhece a produção responsável de produtos florestais.

²⁹ O CERFLOR atende a diversas normas da ABNT sobre manejo florestal, além de utilizar normas internacionalmente aceitas como as diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental (ISO 19011).

A revisão de estudos sobre o tema (ETC/WMF, 2004; BARBIERI *et al.*, 2009; LACOUL; KHATIWADA, 2010; MPOG, 2010; LEONARDI; MASIERO, 2011; ENVIRON, 2012) permite concluir que o papel produzido com fibras recicladas apresenta menor impacto ambiental. No geral, considera-se que o processo usa menos energia, água e o reuso do material evita a disposição de resíduos em aterro (DEFRA, 2010).

Além disso, deve-se atentar também à embalagem do produto, preferindo aquela reciclada e/ou reciclável. Também, se possível, preferir fornecedores próximos à área de uso, para evitar emissões de poluentes relacionadas ao transporte.

Em relação ao documento digital, considerando a fabricação do computador e partindo dos dados utilizados neste estudo, que demonstraram que a pegada de carbono de um laptop é inferior a de um desktop, a substituição gradual das máquinas pode representar considerável redução das emissões. É necessário observar a utilização de produtos atóxicos ou, quando não disponíveis no mercado, de menor toxicidade nos vários componentes, como: placa-mãe (livre de chumbo), gabinete (pintura livre de chumbo, cádmio, arsênio, mercúrio etc.) e monitor (tinta livre de materiais tóxicos). A economia no consumo de água e energia também é um critério a ser observado na produção da fonte e monitor (European Commission, 2011; SEPLAG, 2013).

Algumas certificações atestam a adoção de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, como a ISO 14001, relativa às instalações do fabricante do equipamento, e o EPEAT³⁰ / ROHS, que também certificam a utilização de produtos atóxicos ou, quando não disponíveis no mercado, de menor toxicidade. Lembrando que essas questões também se referem à dimensão social, tanto do ponto de vista da saúde humana, segurança e bem-estar do trabalhador e da sociedade no geral. O selo Energy Star certifica economia no consumo de energia (European Commission, 2011; SEPLAG, 2013).

No caso dos serviços de impressão, deve-se atentar aos seguintes critérios de sustentabilidade na especificação das impressoras, tipo padrão e multifuncionais:

- economia no consumo de energia: por exemplo, tecnologia LED, selo Energy Star ou similar;
- adoção de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente: por exemplo, ceras monocromáticas, certificação ISO 14.001 correspondente ao fabricante do equipamento ou similar;
- minimização da geração de resíduos e destinação final ambientalmente adequada dos que forem gerados: por exemplo, através da opção “duplex automático”;
- utilização de produtos atóxicos ou, quando não disponíveis no mercado, de menor toxicidade: por exemplo, uso de tinta comprovadamente livre de materiais tóxicos;
- racionalização do uso de matérias-primas: por exemplo, embalagem reciclável/reciclada; materiais reciclados, recicláveis, reutilizáveis, reaproveitáveis ou biodegradáveis compostáveis.

Além da aquisição de um produto com critérios de sustentabilidade, o uso adequado do produto/equipamento também é importante para prolongar sua vida, evitando a necessidade de uma nova compra.

30 www.epeat.net



Práticas de uso de papel e impressão e uso de computadores e impressoras mais responsáveis são fundamentais no caminho rumo à sustentabilidade na gestão pública. Apresentamos algumas boas práticas sustentáveis de consumo e uso:

- Pode-se reduzir o consumo utilizando a opção scanner das impressoras multifuncionais, que permite o envio direto dos documentos digitalizados por e-mail;
- Se a impressão for realmente necessária, utilizar a função de impressão frente e verso, reduzindo o consumo de papel;
- Fazer uso, preferencialmente, de ilhas de impressão, pois inibem a impressão desnecessária;
- Criar mecanismos de controle de impressão;
- Utilizar o modo de economia de energia dos computadores;
- Desligar o monitor ao deixar a estação de trabalho;
- Ao sair, desligar computadores, monitores e impressoras da tomada, no final do dia;
- Ampliar iniciativas de capacitação para os servidores e colaboradores;
- Reforçar a comunicação interna sobre práticas mais sustentáveis;
- Avaliar a necessidade de computadores individuais e a possibilidade de rodízio / compartilhamento de computadores entre os servidores, já que a fabricação das máquinas representa grande parte da pegada;
- Destacar a proatividade de servidores e colaboradores a fim de induzir mudanças de hábitos;
- Divulgar ações internas bem sucedidas para que sirvam de exemplo para outros departamentos;
- Identificar boas práticas de consumo e uso que possam ser replicadas internamente;
- Compartilhar as experiências bem sucedidas com outros órgãos públicos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14001:2004**. Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14040:2009**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. 2009.

BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R.; BRANCHINI, O. Cadeia de suprimento e avaliação do ciclo de vida do produto: revisão teórica e exemplo de aplicação. **O Papel**. Vol. 70, n. 09, p. 52-72, setembro/2009.

BSI - BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **PAS 2050:2011**. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Londres: 2011.

BULKELEY, M. W. Print Outsourcing Gives Boost to Xerox, H-P. **The Wall Street Online Journal**, 22, dezembro, 2009. Business Technology. Disponível em: <http://online.wsj.com/news/article_email/SB-10001424052748704193004574588292773099528-1MyQjAxMTAoMDEwODEwNDgyWj> Acesso em: 1º set. 2014.

CETESB. Papel e Celulose. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose** - Série P+L. Governo do Estado de São Paulo. 2008.

DEFRA - DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Impact Assessment of Proposal to Revise Quick Wins Specification for Paper Products**. 2010. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/sustainable/government/what/priority/consumption-production/quickWins/documents/090825-ia-paper.pdf>>. Acesso em 7 de janeiro de 2014.

ECOINVENT CENTRE. **Life Cycle Inventories of Electronics Devices**: Report No. 18.3. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf: 2007b.

ECOINVENT CENTRE. **Life Cycle Inventories of Electronics Disposal**: Report No. 18.5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf: 2007d.

ECOINVENT CENTRE. **Life Cycle Inventories of Electronics Modules**: Report No. 18.2. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf: 2007a.

ECOINVENT CENTRE. **Life Cycle Inventories of Electronics Use**: Report No. 18.4. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf: 2007c.

ENVIRON International Corporation. **Life Cycle Assessment of Deinked and Virgin Pulp** – FINAL. Preparado para National Geographic. Disponível em: <<http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-live/file/2012-LCA-Deinked-Virgin-Pulp.pdf>>, acesso em 21 de outubro de 2014. 2012.

ETC/WMF - EUROPEAN TOPIC CENTRE ON WASTE AND MATERIAL FLOWS. **Review of existing LCA studies on the recycling and disposal of paper and cardboard**. Copenhagen: 2004.

FSC – Forest Stewardship Council Brasil. Disponível em: <http://br.fsc.org/index.htm>. Acesso em 1º de outubro de 2013.

European Commission. **Green Public Procurement Office IT equipment**: Technical Background Report. Bruxelas, 2011. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/tbr/office_it_equipment_tbr.pdf>. Acesso em 15 de setembro de 2014.

FILHO, D. F. de T. **PLS – Informações sobre computadores**. Mensagem recebida por sophia.picarelli@iclei.org em 17 de julho de 2014.



FILHO, J.N.; ALVES, R. C.; PEREIRA, F. L.; BARRETO, D.; PACHECO, A. S. V. Eficiência na Administração Pública: O modelo de *outsourcing* de impressão na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. In: **XIII COLOQUIO Internacional de Gestión Universitaria em América del Sur** – Rendimientos académicos y eficacia social de la Universidad. Argentina, 2013. Disponível em: <<http://www.cigu2013.utn.edu.ar/cd/trabajos/181.pdf>> Acesso em 1º de setembro de 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Annex III: Glossary. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em: <http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_AnnexIII_FINAL.pdf>. Acesso em 7 de julho de 2014.

LACOUL, R.; KHATIWADA, N. **Life Cycle Assessment: Fresh Paper vs Recycled Paper.** The First National Youth Conference on Environment. p 207-211. Nepal: 2010.

LEONARDI, A.; MASIERO, M. **Compra responsable de productos forestales: buenas prácticas ambiental y socialmente responsables para administraciones públicas y empresas privadas.** Fundación COPADE Comercio para el Desarrollo: 2011. Disponível em: <http://www.copade.es/wp-content/uploads/2012/08/guia_forestal_2011_paginado_web1.pdf>. Acesso em 10 de janeiro de 2014.

LEXMARK. **Environmental Product Declaration:** Lexmark CS510DE. 2014a. Disponível em: <http://csr.lexmark.com/pdfs/pdfs_for_epd/103.1_CS510DE.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2014.

LEXMARK. **Environmental Product Declaration:** Lexmark MS510DN. 2014b. Disponível em: <http://csr.lexmark.com/pdfs/pdfs_for_epd/113.1_MS510DN.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2014.

LEXMARK. **Environmental Product Declaration:** Lexmark MS810DE. 2014c. Disponível em: <http://csr.lexmark.com/pdfs/pdfs_for_epd/116.1_MS810DE.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2014.

LEXMARK. **Environmental Product Declaration:** Lexmark MX410DE. 2014d. Disponível em: <http://csr.lexmark.com/pdfs/pdfs_for_epd/122.1_MX410DE.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2014.

MIRTES, B. **Sumário Relatório Apoio PLS.** Mensagem recebida por sophia.picarelli@iclei.org em 27 de junho de 2014.

MPOG - MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Guia de Compras Públicas Sustentáveis para Administração Federal.** 2010. Disponível em: <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/wp-content/uploads/2010/06/Cartilha.pdf>>. Acesso em 6 de janeiro de 2014.

NEGRI, E. **Balanço de Carbono na Produção de Papel e Celulose:** estudo de uma empresa da região Sudeste. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Metodista de Piracicaba/ UNIMEP. Santa Bárbara D'Oeste: 2008. Disponível em: <https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/19092012_165801_edson_luiz_negri.pdf>. Acesso em 27 de janeiro de 2014.

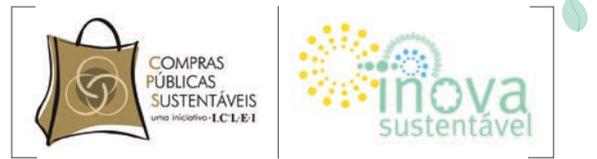
ONU - Organização das Nações Unidas. **Overview of e-waste related information.** Brazil. Disponível em: <http://step-initiative.org/index.php/Overview_Brazil.html>, acesso em 23/10/14. 2013.

PEDERSEN, Steve; WILSON, Colleen; PITTS, Greg; STOTESBERY, Bill. Electronics Industry Environmental Roadmap. Disponível em: <<http://www.cmu.edu/gdi/comprec/eierg6roadmap.pdf>>. 1996.

SEPLAG - Secretária de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais. **Manual de sustentabilidade para a família de equipamentos de informática.** Belo Horizonte, 2013.

SILVA, G. A. da; KULAY, L. A. Avaliação do ciclo de vida. In: JÚNIOR, A. V.; DERMAJOROVIC, J. (orgs.). **Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental:** desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo: SENAC, 2006. P. 313 – 335.

SMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Madeira legal Vs. Madeira ilegal.** Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/madeirallegal/madeira-legal-vs-madeira-ilegal/>>, acesso em 29 de outubro de 2014. s/d.



UNEP - United Nations Environment Programme. **Why Take a Life Cycle Approach?** Primeira Edição. 24p. 2004.

UNEP - United Nations Environment Programme. **Sustainable Procurement Guidelines:** Background Report: Stationery. Disponível em: <http://www.unep.org/resourceefficiency/Portals/24147/scp/sun/facility/reduce/procurement/PDFs/UNSP_Background%20report_Stationery.pdf>. Acesso em 15 de setembro de 2014.

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 28, P. 235-276, dez. 2007.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **The Greenhouse Gas Protocol.** Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. Washington, DC: 2011.

WWF. Living Planet Report 2010. **Biodiversity, biocapacity and development.** Disponível em <http://dzouvy59podg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_lpr2010_lr_en.pdf>, acesso em 21 de outubro de 2014. 2010.

10

FICHA TÉCNICA

ROTEIRO PRELIMINAR SOBRE AQUISIÇÕES DO MDIC (Compras Públicas Sustentáveis e Inovação | ICLEI)

Proposta

Executar e analisar comparativamente as pegadas de carbono das versões impressa e digital de um mesmo documento. Para isso, é essencial que, previamente aos estudos, tenhamos o máximo de informações sobre a utilização atual dos serviços de impressão do ministério. A seguir, propomos um roteiro preliminar de perguntas para que, em seguida, possamos definir o cenário em que o diagnóstico ambiental será traçado.

Questões

- 1 Antes de iniciar, é fundamental informar a qual dimensão organizacional as respostas abaixo representam:
 - MDIC em sua totalidade
 - A um ou mais departamentos específicos. Informe qual(s)?
- 2 Quais tipos de documentos são impressos?
 - Apostilas
 - Livros
 - Comunicações internas
 - Testes
 - Documentos para leitura
 - Notícias
 - E-mails
 - Outros. Quais?
- 3 Qual a quantidade média de cada tipo? Se não souber, coloque-os em ordem (do mais impresso para o menos).

- 4 Há controle sobre a quantidade de folhas A4 utilizadas em impressões? Caso afirmativo, informe.

- 5 As impressões são em frente e verso?

- 6 Qual o(s) tipo(s) de papel utilizado(s) para impressão?

7 Detalhes sobre as impressoras:

7.1 Tipo:

- Impressoras separadas: preto e branco, colorida
- Mesma impressora: preto e branco e colorida

7.2 É multifuncional? Selecione a quais funções atende:

- Scanner
- Copiadora
- Impressão

7.3 Características:

Modelo: _____

Potência (consumo elétrico): _____

Potência (consumo elétrico): _____

Vida útil: _____

Capacidade de impressão: _____

País de fabricação da impressora: _____

País de fabricação das tintas: _____

Cidade/Estado de fabricação das tintas: _____

Data de fabricação: _____

7.4 Consumo de tinta:

Tipos de tinta (ex.: sólida, jato de tinta, laser): _____

Consumo (ex.: toner/mês): _____

7.5 Manutenção:

Responsável pela manutenção (ex.: fabricante, terceiro, serviço interno): _____

Frequência: _____

Materiais comumente utilizados/repostos (ex.: peças, lubrificantes): _____

Distância percorrida pelo técnico até o local: _____

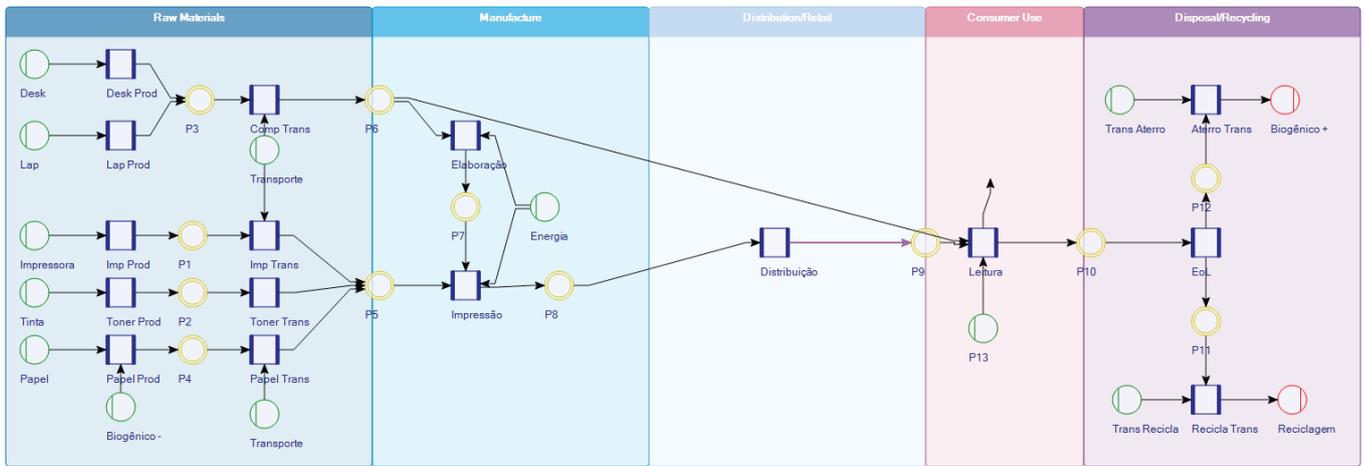
Como é feita a gestão de resíduos pós-uso ou logística reversa para os toners? _____

Possuem estufa para o armazenamento do papel? _____

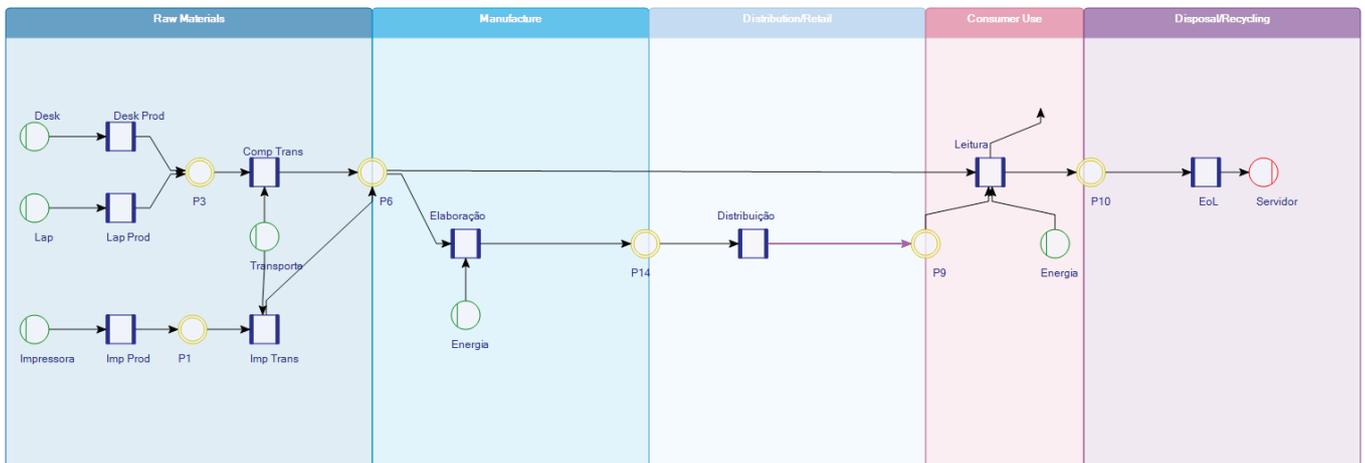
ANEXOS

Anexo 1 Modelagem dos Estudos Comparativos

Documento Impresso



Documento Digital



Anexo 2 Modelagem numérica dos Estudos Comparativos

Cenário 1

Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	laptop computer, at plant [GLO]	0,0008	kg CO ₂ -eq.	Lap Prod
Good	power adapter, for laptop, at plant [GLO]	0,0000	kg CO ₂ -eq.	Lap Prod
Good	desktop computer, without screen, at plant [GLO]	0,0174	kg CO ₂ -eq.	Desk Prod
Good	keyboard, standard version, at plant [GLO]	0,0017	kg CO ₂ -eq.	Desk Prod
Good	LCD flat screen, 17 inches, at plant [GLO]	0,0144	kg CO ₂ -eq.	Desk Prod
Good	mouse device, optical, with cable, at plant [GLO]	0,0003	kg CO ₂ -eq.	Desk Prod
Good	toner, black, used for printing [RER]	0,0018	kg CO ₂ -eq.	Toner Prod
Good	Impressora Alocada	0,0002	kg CO ₂ -eq.	Imp Prod
Good	Papel Suzano 1000p	0,0056	kg CO ₂ -eq.	Papel Prod
Good	Remoção GEE	-0,0046	kg CO ₂ -eq.	Papel Prod
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO ₃ [RER]	0,0000	kg CO ₂ -eq.	Imp Trans
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO ₃ [RER]	0,0012	kg CO ₂ -eq.	Papel Trans
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO ₃ [RER]	0,0000	kg CO ₂ -eq.	Comp Trans
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0236	kg CO ₂ -eq.	Elaboração
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0003	kg CO ₂ -eq.	Impressão
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0059	kg CO ₂ -eq.	Leitura
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	transport, lorry 3.5-7.5t, EURO ₃ [RER]	0,0000	kg CO ₂ -eq.	Recicla Trans
Good	transport, municipal waste collection, lorry 21t [CH]	0,0001	kg CO ₂ -eq.	Aterro Trans
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Bad	Emissão GEE	0,0046	kg CO ₂ -eq.	Aterro Trans
		0,0733	kg CO ₂ -eq.	

Cenário 2

Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	laptop computer, at plant [GLO]	0,0008	kg CO2-eq.	Lap Prod
Good	power adapter, for laptop, at plant [GLO]	0,0000	kg CO2-eq.	Lap Prod
Good	desktop computer, without screen, at plant [GLO]	0,0174	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	keyboard, standard version, at plant [GLO]	0,0017	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	LCD flat screen, 17 inches, at plant [GLO]	0,0144	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	mouse device, optical, with cable, at plant [GLO]	0,0003	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	toner, black, used for printing [RER]	0,0018	kg CO2-eq.	Toner Prod
Good	Impressora Alocada	0,0002	kg CO2-eq.	Imp Prod
Good	Papel Suzano 100op	0,0056	kg CO2-eq.	Papel Prod
Good	Remoção GEE	-0,0046	kg CO2-eq.	Papel Prod
Good	transport, lorry 7,5-16t, EURO3 [RER]	0,0000	kg CO2-eq.	Imp Trans
Good	transport, lorry 7,5-16t, EURO3 [RER]	0,0012	kg CO2-eq.	Papel Trans
Good	transport, lorry 7,5-16t, EURO3 [RER]	0,0000	kg CO2-eq.	Comp Trans
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0236	kg CO2-eq.	Elaboração
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0003	kg CO2-eq.	Impressão
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0042	kg CO2-eq.	Leitura
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO3 [RER]	0,0000	kg CO2-eq.	Recicla Trans
Good	transport, municipal waste collection, lorry 21t [CH]	0,0001	kg CO2-eq.	Aterro Trans
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Bad	Emissão GEE	0,0046	kg CO2-eq.	Aterro Trans
		0,0717	kg CO2-eq.	

Cenário 3

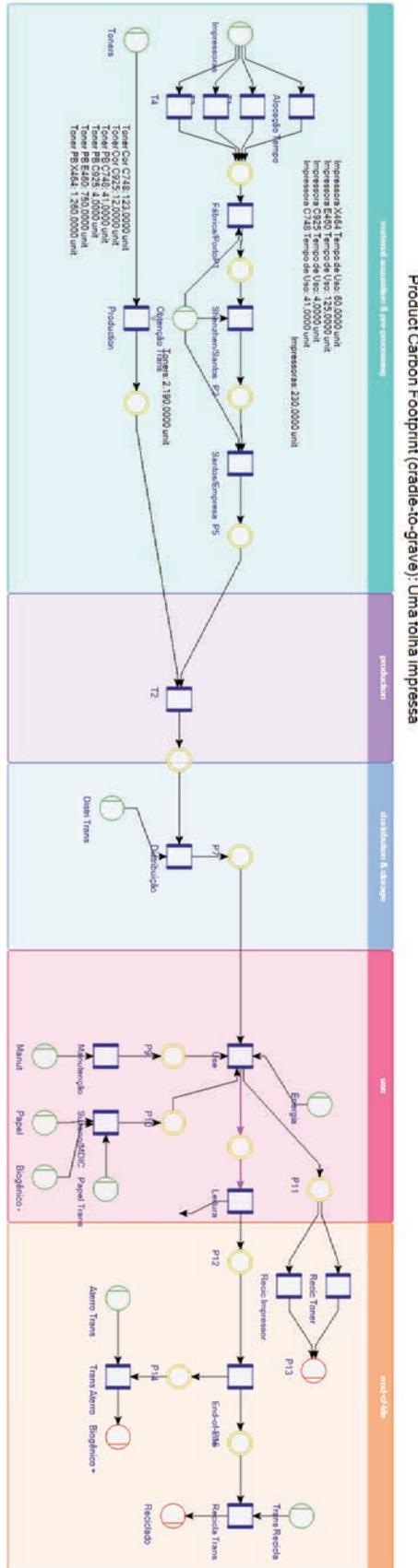
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	laptop computer, at plant [GLO]	0,0008	kg CO2-eq.	Lap Prod
Good	power adapter, for laptop, at plant [GLO]	0,0000	kg CO2-eq.	Lap Prod
Good	desktop computer, without screen, at plant [GLO]	0,0174	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	keyboard, standard version, at plant [GLO]	0,0017	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	LCD flat screen, 17 inches, at plant [GLO]	0,0144	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	mouse device, optical, with cable, at plant [GLO]	0,0003	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	toner, black, used for printing [RER]	0,0018	kg CO2-eq.	Toner Prod
Good	Impressora Alocada	0,0002	kg CO2-eq.	Imp Prod
Good	Papel Suzano 1000p	0,0056	kg CO2-eq.	Papel Prod
Good	Remoção GEE	-0,0046	kg CO2-eq.	Papel Prod
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO3 [RER]	0,0000	kg CO2-eq.	Imp Trans
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO3 [RER]	0,0012	kg CO2-eq.	Papel Trans
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO3 [RER]	0,0000	kg CO2-eq.	Comp Trans
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0236	kg CO2-eq.	Elaboração
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0003	kg CO2-eq.	Impressão
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0002	kg CO2-eq.	Leitura
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3 [RER]	0,0000	kg CO2-eq.	Recicla Trans
Good	transport, municipal waste collection, lorry 21t [CH]	0,0001	kg CO2-eq.	Aterro Trans
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Bad	Emissão GEE	0,0046	kg CO2-eq.	Aterro Trans
		0,0677	kg CO2-eq.	

Digital

Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	Impressora Alocada	0,0008	kg CO2-eq.	Lap Prod
Good	laptop computer, at plant [GLO]	0,0000	kg CO2-eq.	Lap Prod
Good	power adapter, for laptop, at plant [GLO]	0,0174	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	desktop computer, without screen, at plant [GLO]	0,0017	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	keyboard, standard version, at plant [GLO]	0,0144	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	LCD flat screen, 17 inches, at plant [GLO]	0,0003	kg CO2-eq.	Desk Prod
Good	mouse device, optical, with cable, at plant [GLO]	0,0018	kg CO2-eq.	Toner Prod
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO3 [RER]	0,0002	kg CO2-eq.	Imp Prod
Good	transport, lorry 7.5-16t, EURO3 [RER]	0,0056	kg CO2-eq.	Papel Prod
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0236	kg CO2-eq.	Elaboração
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	0,0002	kg CO2-eq.	Leitura
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Bad	Emissão GEE	0,0059	kg CO2-eq.	Aterro Trans
		0,0644	kg CO2-eq.	

Anexo 3

Modelagem do sistema de impressão



Anexo 4

Modelagem numérica do sistema de impressão

Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	Impressora C748	2.968,5640	kg CO2-eq.	T3
Good	Impressora C925	2.286,7000	kg CO2-eq.	T4
Good	Impressora E460	5.167,0000	kg CO2-eq.	T1
Good	Impressora X464	3.283,4400	kg CO2-eq.	Alocação Tempo
Good	transport, lorry >32t, EURO3 [RER]	3,9201	kg CO2-eq.	Fábrica/Porto
Good	transport, transoceanic freight ship [OCE]	402,5697	kg CO2-eq.	Shenzhen/Santos
Good	transport, lorry 7,5-16t, EURO3 [RER]	50,9981	kg CO2-eq.	Santos/Empresa
Good	Toner Cor C748	1.339,3470	kg CO2-eq.	production: Production
Good	Toner Cor C925	79,2600	kg CO2-eq.	production: Production
Good	Toner PB C748	372,0340	kg CO2-eq.	production: Production
Good	Toner PB C925	18,1640	kg CO2-eq.	production: Production
Good	Toner PB E460	1.408,5000	kg CO2-eq.	production: Production
Good	Toner PB X464	3.194,1000	kg CO2-eq.	production: Production
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	transport, lorry 7,5-16t, EURO3 [RER]	1.271,1001	kg CO2-eq.	Distribuição
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	Manutenção C748	795,2884	kg CO2-eq.	Manutenção
Good	Manutenção C925	23,3388	kg CO2-eq.	Manutenção
Good	Manutenção E460	1.800,6667	kg CO2-eq.	Manutenção
Good	Manutenção X464	3.461,6016	kg CO2-eq.	Manutenção
Good	Papel Suzano 1000p	48.200,8679	kg CO2-eq.	Suzano/MDIC
Good	transport, lorry 7,5-16t, EURO3 [RER]	10.133,2938	kg CO2-eq.	Suzano/MDIC
Good	electricity, low voltage, at grid [BR]	1.413,7665	kg CO2-eq.	Use
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Good	transport, municipal waste collection, lorry 21t [CH]	476,7452	kg CO2-eq.	Trans Aterro
Good	transport, lorry 3,5-7,5t, EURO3 [RER]	138,7369	kg CO2-eq.	Recicla Trans
Material Type	Material	Quantity	Unit	Process
Bad	Reciclagem Impressora	116,8700	kg CO2-eq.	Recic Impressor
Bad	disposal, polystyrene, 0.2% water, to sanitary landfill [CH]	412,7529	kg CO2-eq.	Recic Toner
		88.819,6256	kg CO2-eq.	



PARCERIA



Ministério do
**Desenvolvimento, Indústria
 e Comércio Exterior**



APOIO

