RICARDO MATTOS E DINATO

**SISTEMATIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES DE
GASES DE EFEITO ESTUFA SOB A ÓTICA DO CICLO DE VIDA**

SÃO PAULO
2013

RICARDO MATTOS E DINATO

**SISTEMATIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES DE
GASES DE EFEITO ESTUFA SOB A ÓTICA DO CICLO DE VIDA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia

São Paulo

2013

RICARDO MATTOS E DINATO

**SISTEMATIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES DE
GASES DE EFEITO ESTUFA SOB A ÓTICA DO CICLO DE VIDA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Química

Orientador:
Prof. Dr. Gil Anderi da Silva

São Paulo
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Dinato, Ricardo Mattos e

Sistematização dos métodos de contabilização de emissões de gases de efeito estufa sob a ótica do ciclo de vida / R.M. e Dinato. -- São Paulo, 2013.

86 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1. Gases (Emissão) 2. Efeito estufa 3. Ciclo de vida I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II. t.

DEDICATÓRIA

A todos aqueles que acreditam
em uma vida mais simples.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Gil Anderi da Silva, que me recebeu de braços abertos desde nossa primeira conversa e me deu essa brilhante oportunidade de adentrar no mundo do ciclo de vida.

Ao professor Luiz Alexandre Kulay, pelas inúmeras horas de discussão e aprendizado.

Aos colegas do GP2, com quem pude aprender diariamente com conversas, pesquisas e divagações sobre o tema.

Aos colegas da Iniciativa Verde, pelo aprendizado, crescimento pessoal e profissional e discussões intermináveis sobre escopo 3.

Aos colegas do GVces, pelo apoio, compreensão e colaboração intelectual nas mais diversas áreas da sustentabilidade.

Aos meus colegas da graduação, que sempre me “incentivaram” no estudo das questões ambientais ligadas à engenharia.

Aos meus pais, que me ensinaram o caminho do bem.

Aos meus irmãos, cunhadas, sobrinhos e sobrinhas, que me deram força e me alegraram durante as horas mais difíceis.

À Marina, minha esposa, melhor amiga, companheira, parceira, incentivadora e apoiadora, que sempre acreditou em mim, mesmo quando eu não acreditava mais.

*“Somente depois que a última árvore tiver sido cortada,
somente depois que o último rio tiver sido contaminado,
somente depois que o último peixe tiver sido pescado,
somente então vocês entenderão que dinheiro não se pode comer”*

Profecia dos índios Cree

RESUMO

A gravidade do fenômeno das mudanças climáticas foi detectada pela comunidade científica internacional e chamou a atenção de governantes, empresários e da população em geral. Para mitigar as consequências desse fenômeno, é necessário reduzir as emissões de gases de efeito estufa; para reduzir, é necessário primeiramente mensurar. Os cientistas começaram a entender melhor o problema climático na década de 1980 e, desde então, diversos métodos foram criados para contabilizar as emissões desses gases.

Paralelamente a esses métodos, uma ferramenta bastante poderosa foi desenvolvida ao longo das últimas décadas para mensurar o impacto ambiental de produtos e serviços, a Avaliação do Ciclo de Vida.

O presente estudo sistematiza os principais métodos de contabilização de gases de efeito estufa existentes no mundo, sob a ótica do ciclo de vida. Os dez métodos analisados foram classificados de acordo com as fronteiras adotadas em cada um, dividindo-os em três grupos: Métodos de Contabilização Regional, Métodos de Contabilização Corporativa e Métodos de Contabilização de Produto.

Após a criação desses três grupos, discutiu-se a relação entre os grupos, apresentando-se como a lógica do ciclo de vida permeia todos os métodos de contabilização, independente do grupo ao qual cada um pertence.

A análise e sistematização dos métodos apresentados nessa dissertação pode ser servir como base para tomadores de decisão na criação de políticas públicas nacionais e subnacionais.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Efeito estufa. Ciclo de vida. Métodos.

ABSTRACT

The seriousness of the climate changing phenomenon was detected by the international scientific community and drew the attention of leaders, entrepreneurs and the general population. In order to mitigate the consequences of this phenomenon it is necessary to reduce the emissions of greenhouse gases. Before reducing, it is necessary to measure these emissions. The scientists began to better understand the climate problem in the 1980s and several methods have been created to account greenhouse gases emissions since this date.

In parallel, a powerful tool has been developed over last decades to measure environmental impact of products and services, the Life Cycle Assessment.

The present study systematizes the most important greenhouse gases emissions measurement methods under the life cycle thinking. Ten methods were analyzed and classified in accordance with the boundaries adopted for each one, dividing them in three groups: Regional Measurement Methods, Corporate Measurement Methods and Product Measurement Methods.

After the creation of these three groups, the relation among the groups was discussed, presenting how the life cycle thinking permeates all the measurement methods, independent of the group each one makes part.

The analysis and systematization of the methods presented in this dissertation may serve as a base to decision makers on the creation of national and subnational public policies.

Keywords: Climate change. Greenhouse effect. Life cycle. Methods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Primeira capa da revista americana Time a abordar o tema das mudanças climáticas.....	5
Figura 2: Principais categorias de fontes de emissão e remoções por sumidouros ..	21
Figura 3: Esquema simplificado para o cálculo de emissões de gases de efeito estufa de uma empresa.....	25
Figura 4: Estrutura da avaliação de ciclo de vida	30
Figura 5: Visão geral dos escopos e emissões ao longo de uma cadeia de valor	37
Figura 6: Azeite de oliva à venda no supermercado Pão de Açúcar, com a pegada de carbono no rótulo	44
Figura 7: As cinco etapas do ciclo de vida de um produto	64
Figura 8: Relação entre os dez métodos analisados no estudo	67
Figura 9: Sistematização visual dos métodos nos três grupos propostos	71
Figura 10: Nível de “popularidade” dos métodos frente a um público relacionado ao tema da ACV	73
Figura 11: Relação existente entre os métodos de contabilização corporativa e os métodos de contabilização de produtos	77
Figura 12: Relação entre os métodos de contabilização corporativa e os métodos de contabilização regional	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métodos analisados no estudo	15
Tabela 2: Sistematização dos métodos nos três grupos propostos	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ADEME	Agência Francesa para o Meio Ambiente e Energia
AICV	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
BEN	Balanço Energético Nacional
BSI	British Standards Institution
CDP	Carbon Disclosure Project
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CFC	Clorofluorcarbono
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
DECC	Department of Energy and Climate Change
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
DIS	Draft International Standard
EAESP-FGV	Escola de Administração de Empresas da Fundação Getulio Vargas
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRI	Global Reporting Initiative
GVces	Centro de Estudos em Sustentabilidade
HCFC	Hidrofluorclorocarbono
HFC	Hidrofluorcarbono
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISE	Índice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
N ₂ O	Óxido Nitroso
NMVOC	Composto Orgânico Volátil não Metânico
NO _x	Oxido de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PAS	Publicly Available Specification

PFC	Perfluorcarbono
SF ₆	Hexafluoreto de Enxofre
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WMO	World Meteorological Organization
WRI	World Resources Institute

SUMÁRIO

1	Introdução	4
2	Objetivos	10
3	Conceituação de Métodos de Contabilização	11
3.1	Definição de Termos Utilizados.....	11
4	Caracterização dos Métodos de Contabilização de GEE	15
4.1	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	17
4.1.1	Delimitação de Fronteiras.....	22
4.1.2	Emissões Biogênicas.....	22
4.1.3	Discussão	22
4.2	The GHG Indicator: UNEP Guidelines for Calculating Greenhouse Gas Emissions for Businesses and Non-Commercial Organisations	23
4.2.1	Delimitação de Fronteiras.....	25
4.2.2	Emissões Biogênicas.....	26
4.2.3	Discussão	26
4.3	ABNT NBR ISO 14040:2009 / ABNT NBR ISO 14044:2009	27
4.3.1	Delimitação de Fronteiras.....	31
4.3.2	Emissões Biogênicas.....	32
4.3.3	Discussão	33
4.4	The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard	34
4.4.1	Delimitação de Fronteiras.....	35
4.4.2	Emissões Biogênicas.....	37
4.4.3	Discussão	38
4.5	Bilan Carbone: Companies – Local Authorities – Regions	39
4.5.1	Delimitação de Fronteiras.....	41

4.5.2	Emissões Biogênicas.....	41
4.5.3	Discussão	42
4.6	ABNT NBR ISO 14064-1:2007	44
4.6.1	Delimitação de Fronteiras.....	46
4.6.2	Emissões Biogênicas.....	48
4.6.3	Discussão	48
4.7	PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services	49
4.7.1	Delimitação de Fronteiras.....	51
4.7.2	Emissões Biogênicas.....	52
4.7.3	Discussão	53
4.8	Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa	54
4.8.1	Delimitação de Fronteiras.....	55
4.8.2	Emissões Biogênicas.....	56
4.8.3	Discussão	56
4.9	Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions..	57
4.9.1	Delimitação de Fronteiras.....	58
4.9.2	Emissões Biogênicas.....	59
4.9.3	Discussão	60
4.10	The Greenhouse Gas Protocol: Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.....	61
4.10.1	Delimitação de Fronteiras.....	63
4.10.2	Emissões Biogênicas	65
4.10.3	Discussão.....	65
5	Resultados	67
5.1	Métodos de Contabilização Regional	68

5.2	Métodos de Contabilização Corporativa.....	69
5.3	Métodos de Contabilização de Produto.....	70
5.4	Resumo da sistematização dos métodos.....	70
5.5	Nível de “popularidade” dos métodos.....	72
6	Discussão.....	75
7	Conclusões	81
8	Referências Bibliográficas.....	83

1 Introdução

As atividades humanas sempre provocaram impactos em nosso planeta. Na pré-história, o simples ato de caçar animais para a sobrevivência pode ser considerado como um impacto ambiental. O fogo, a maior conquista do ser humano nessa época, consistia na queima de biomassa para a produção de calor e, conseqüentemente, provocava emissões de diversos gases.

Com o passar dos séculos, a população do planeta foi aumentando e as civilizações foram surgindo. O homem, cada vez mais, dependia de recursos do planeta para satisfazer suas necessidades. A extração de recursos naturais e os impactos ambientais derivados deste desenvolvimento foram crescendo de modo a influenciar o comportamento natural do planeta Terra.

A Revolução Industrial mudou para sempre a relação entre o homem e a natureza. A utilização de combustíveis fósseis nas máquinas a vapor deu início a mudanças profundas nos ciclos naturais. Existe a preocupação crescente de que em meados, ou ao final deste século, as atividades do homem terão mudado as condições básicas que possibilitaram o aparecimento de vida sobre a Terra (MCTI, 2011).

Os impactos causados pelo homem ao meio ambiente podem ser classificados em diversas categorias de impacto ambiental. Dentre elas, aquela conhecida como *Efeito Estufa*, *Aquecimento Global* ou *Mudanças Climáticas* é a que vem chamando mais atenção dos cientistas. A maioria dos pesquisadores acredita que este impacto ambiental pode mudar radicalmente a vida no planeta ainda neste século.

O clima na Terra é regulado pelo fluxo constante de energia solar que atravessa a atmosfera. Parte dessa energia é devolvida pela Terra na forma de radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa (GEE) são gases presentes na atmosfera terrestre que têm a propriedade de bloquear parte dessa radiação infravermelha. Muitos deles, como vapor d'água, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃), existem naturalmente na atmosfera e são essenciais para a manutenção da vida no planeta, pois sem eles a Terra seria, em média, cerca de 30°C mais fria (MCT, 2010).

Como consequência das atividades antrópicas, o nível de concentração de alguns desses gases, como CO_2 , CH_4 e N_2O , vem aumentando na atmosfera. Além disso, passou a ocorrer a emissão de outros GEE, compostos químicos produzidos somente pelo homem, tais como clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs), hidrofluorclorocarbonos (HCFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6). Alguns outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), mesmo não sendo GEE diretos, possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera (MCT, 2010).

Embora o clima mundial tenha sempre variado naturalmente, a grande maioria dos cientistas agora acredita que o aumento das concentrações de GEE na atmosfera da terra está ultrapassando essa variabilidade natural e provocando uma mudança irreversível do clima (MCTI, 2011).

É interessante observar como as pesquisas referentes ao aquecimento global são divulgadas pela mídia convencional. A revista americana *Time*, uma das mais importantes do mundo, publicou o primeiro artigo sobre o tema em setembro de 1978, na seção *Ciência*, com o título: “*Warming Earth? CO_2 may change world climate* (A Terra está aquecendo? O CO_2 pode mudar o clima no planeta). Quase dez anos depois, em outubro de 1987, pela primeira vez as mudanças climáticas foram tema de capa dessa revista, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Primeira capa da revista americana *Time* a abordar o tema das mudanças climáticas

Fonte: TIME (1987)

Segundo IPCC (2007), o aquecimento do sistema climático é inequívoco, o que ficou evidente a partir de observações do aumento da temperatura média global do ar e dos oceanos, derretimento da neve e do gelo em várias partes do mundo e a elevação do nível médio global do mar. Evidências observadas em todos os continentes e na maioria dos oceanos mostram que muitos sistemas naturais estão sendo afetados por mudanças climáticas regionais, particularmente o aumento da temperatura.

A indústria floresceu baseada na queima de carvão mineral e petróleo, duas fontes de energia encontradas na natureza cujo calor movimentava usinas, indústrias e grandes economias. No entanto, com a queima, estes combustíveis fósseis liberam no ar volumes gigantescos de CO₂. A exploração de outra matéria-prima, a florestal, também jogou outros milhões de toneladas desse gás no ar.

As emissões antrópicas de GEE cresceram desde a época pré-industrial, tendo um aumento de 70% entre 1970 e 2004. A concentração atmosférica global de CO₂, CH₄ e N₂O aumentaram notadamente como um resultado de atividades humanas desde 1750 e agora excedem em muito os valores pré-industriais, determinados pela análise de cilindros de gelo que abrangem milhares de anos (IPCC, 2007).

Ao longo dos últimos séculos, a concentração de GEE vem aumentando por causa da maior atividade industrial, agrícola e de transporte. O acúmulo desses gases, conhecidos como de efeito estufa porque prendem o calor na atmosfera, efeito análogo ao dos painéis de vidro em uma estufa, impede que a radiação da superfície terrestre seja liberada de volta ao espaço. Como consequência, está ocorrendo um processo de aquecimento global, colocando em perigo para o homem, o delicado balanço de temperatura que torna o nosso meio ambiente habitável (MCTI, 2011).

O aquecimento do planeta é uma realidade e, se nada for feito, ele trará consequências catastróficas para a biodiversidade e para o ser humano. Segundo NASA (2010), a década que terminou em 31 de dezembro de 2009 foi a mais quente já registrada desde 1880, ano em que a moderna medição de temperaturas ao redor do planeta começou. A mesma década teve também os dois anos de maior intensidade de calor em mais de um século. O ano de 2005 foi o mais quente do período e o ano de 2009 foi o segundo mais quente.

A continuar o padrão atual de emissões antrópicas de GEE para a atmosfera, há altíssima probabilidade de que haverá mudanças climáticas globais de grande magnitude ocorrendo nos próximos 100 anos. Entre elas, as mais significativas são o aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos tais como secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo etc. O previsto aumento do nível médio do mar poderá trazer consequências para os ecossistemas e populações humanas nas áreas costeiras e nas áreas ribeirinhas que sofrem a influência das marés (NOBRE, 2001).

Entre os possíveis impactos na América Latina, está a redução da produtividade de algumas culturas importantes e da pecuária, com consequências adversas para a segurança alimenta. Estima-se que o número de pessoas vivendo sob o risco de fome irá aumentar (IPCC, 2007). Essa projeção do IPCC deixa claro que as mudanças climáticas devem ser uma grande preocupação para toda a humanidade, pois se trata de um problema que vai afetar diretamente a sociedade em que vivemos.

Segundo Stern (2007), ainda há tempo para evitar os piores impactos das mudanças climáticas se uma forte ação coletiva for lançada desde já. Não é possível prever as consequências das mudanças climáticas com toda a certeza, mas o que se sabe agora é suficiente para compreender os riscos. A mitigação – tomada de medidas vigorosas para a redução das emissões – deve ser considerada como um investimento, um custo incorrido agora e nas próximas décadas para evitar os riscos de graves consequências no futuro. Se estes investimentos forem realizados de forma sensata, os custos serão viáveis, proporcionando ao mesmo tempo um leque de oportunidades para o crescimento e o desenvolvimento.

Inverter as tendências históricas do crescimento das emissões e conseguir reduções de 25% ou mais em relação aos níveis atuais é um grande desafio. Serão incorridos custos à medida que o mundo passa de um caminho de alto carbono para um caminho de baixo carbono. Stern (2007) aponta que os custos anuais de estabilização da concentração de GEE em patamares aceitáveis serão da ordem de 1% do PIB até 2050. Esse valor é significativo, mas totalmente compatível com o crescimento e desenvolvimento continuados, ao contrário das mudanças climáticas incontroladas, que acabarão por ameaçar significativamente o crescimento. Os benefícios de uma ação rápida e vigorosa ultrapassam de longe os custos.

A gravidade do fenômeno das mudanças climáticas foi detectada pela comunidade científica internacional e chamou a atenção dos governantes; a questão passou a ser incorporada em normas internacionais, nacionais e subnacionais. Foram criados instrumentos econômicos para viabilizar o cumprimento das referidas normas, como por exemplo, os mercados de carbono.

Para mitigar as mudanças climáticas é necessário reduzir as emissões de GEE. Para reduzir, é necessário primeiramente mensurar. Os cientistas começaram a entender melhor o fenômeno das mudanças climáticas na década de 1980 e, desde então, diversos métodos foram criados para contabilizar as emissões de GEE. Nenhuma sistematização desses métodos existentes foi encontrada na literatura.

Paralelamente a estes métodos, uma ferramenta bastante poderosa vem sendo desenvolvida ao longo das últimas décadas para mensurar o impacto ambiental de produtos e serviços, conhecida como Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV estima o desempenho ambiental ao longo da sequência de atividades executadas na criação e uso de um produto ou na prestação de um serviço. A extração e consumo de recursos (incluindo a energia), assim como emissões para o ar, para a água e para o solo são quantificadas através de todos os estágios do ciclo de vida de produtos e serviços. A contribuição potencial para cada uma das categorias de impacto ambiental é então avaliada. Essas categorias incluem, entre outras, mudanças climáticas, toxicidade humana e ecológica, radiação ionizante e deterioração de recursos naturais, como a água, fontes de energia não renováveis e a terra (UNEP, 2011).

A ACV é derivada do *Life Cycle Thinking*¹, ou pensamento do ciclo de vida. Esse pensamento implica no entendimento de que as matérias-primas são extraídas da natureza, convertidas em materiais de processos, combinadas com outros materiais para formar peças, que serão agregadas em um produto final, enviadas para os consumidores que usam os produtos e então esses produtos são dispostos de alguma forma. Ao longo de toda essa cadeia de valor, energia é utilizada, resíduos são gerados e outros recursos naturais são utilizados (UNEP, 2011).

¹ Não existe uma tradução única para *Life Cycle Thinking*. Esse conceito pode ser definido em português como: pensamento do ciclo de vida, ótica do ciclo de vida, lógica do ciclo de vida, conceito do ciclo de vida ou visão de ciclo de vida. Todos os termos indicam o sentido de “modo de pensar relacionado ao ciclo de vida”.

A ótica do ciclo de vida possibilita conhecer em qual etapa ao longo do ciclo de vida de um produto está a maior oportunidade para a redução dos impactos ambientais. Sem essa análise, podem ser realizadas mudanças que criam impactos inesperados em outra etapa do ciclo de vida do produto. Isso significa que pode haver um deslocamento do impacto ambiental para outras fases do ciclo de vida, para outras regiões do mundo ou para outras categorias de impacto ambiental (UNEP, 2011).

Este conceito é essencial para avaliar com coerência uma ação de mitigação de impactos ambientais, uma vez que não faz sentido proporcionar melhorias em apenas uma parte do sistema analisado ou em apenas uma parte do ciclo de vida (MARZULLO, 2007). Se esta “melhoria” levar a consequências negativas em outras partes do sistema, o impacto ambiental resultante poderá ser até maior do que o inicial.

Segundo ABNT (2009a), a ACV enfoca os aspectos ambientais e os impactos ambientais potenciais ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, desde a aquisição das matérias-primas, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem até a disposição final, ou seja, do berço ao túmulo.

Segundo IBICT (2012), a ACV consiste em um método para a avaliação dos sistemas de produtos ou serviços que considera os aspectos ambientais em todas as fases da sua vida, estabelecendo vínculos entre esses aspectos e categorias de impacto potencial, ligados ao consumo de recursos naturais, à saúde humana e à ecologia.

2 Objetivos

O objetivo do presente estudo é classificar os principais métodos de contabilização de GEE existentes no mundo sob a ótica do ciclo de vida. Para alcançar esse objetivo, foram identificados e analisados dez métodos de contabilização. A classificação foi feita de acordo com critérios propostos pelo autor, etapa esta chamada de sistematização.

O estudo aqui proposto permite entender quais métodos podem ser utilizados por atores governamentais e corporativos para atender as obrigações e expectativas geradas pelas normas e mercados de carbono. São ferramentas que permitem a mensuração das emissões de GEE, base para a definição de ações de mitigação previstas nas leis, políticas e mercados ou até mesmo para a participação em programas voluntários.

3 Conceituação de Métodos de Contabilização

Na década de 1980, os cientistas começaram a entender melhor o fenômeno das mudanças climáticas, associando o aumento da temperatura média do planeta ao aumento das emissões antrópicas de gases de efeito estufa. No intuito de acompanhar essas emissões, começaram a ser desenvolvidos métodos científicos para a contabilização ou quantificação dos mesmos.

A assinatura da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) por cerca de 150 países no Rio de Janeiro, em junho de 1992, indicava o reconhecimento generalizado de que as mudanças climáticas poderiam causar graves problemas ao meio ambiente e ao desenvolvimento econômico (IPCC, 1996).

O objetivo da UNFCCC é estabilizar a concentração de GEE em níveis que podem prevenir a interferência do homem de forma perigosa no sistema climático. Para tanto, convoca os países participantes a desenvolverem periodicamente seus inventários nacionais de emissões e remoções de GEE, utilizando um método comparável. Dessa forma, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) publicou em 1994 o primeiro método para contabilização de emissões de países (IPCC, 1996).

A partir dessa publicação, instituições de pesquisa ao redor do mundo foram percebendo a necessidade de estabelecer métodos para quantificar as emissões de GEE adotando-se outras fronteiras, além de países. Dessa forma, diversas normas e métodos foram publicados com o intuito de promover um padrão para quantificar as emissões de empresas, organizações, produtos, serviços ou regiões.

3.1 Definição de Termos Utilizados

Uma das primeiras preocupações do autor do presente estudo foi entender a diferença entre os termos “norma” e “método”.

Segundo INMETRO (2013), norma é um documento aprovado por uma instituição reconhecida, que prevê, para um uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para os produtos ou processos e métodos de produção conexos, e cuja observância não é obrigatória.

A definição de ABNT (2013) é bastante semelhante: norma é um documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto.

Segundo BSI (2013), uma norma é uma forma acordada, repetível de se fazer algo. É um documento que contém uma especificação técnica ou outros critérios precisos desenvolvidos para serem utilizados consistentemente como uma regra, diretriz, ou definição. Pretendem ser um resumo de boas e melhores práticas em vez de uma prática geral. As normas são desenvolvidas para uso voluntário e não impõem nenhuma regulamentação. Entretanto, as leis e regulamentações podem referir-se a certas normas e tornar a conformidade com as mesmas compulsória. Qualquer norma é um trabalho coletivo; comitês de fabricantes, usuários, organizações de pesquisa, departamentos governamentais e consumidores trabalham em conjunto para criar normas que evoluem para atender as demandas da sociedade e da tecnologia.

Segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 83): “método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo - conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista”.

Bunge (1980) define método de forma muito semelhante às definições apresentadas anteriormente para norma: método é um procedimento regular, explícito e passível de ser repetido para conseguir-se alguma coisa, seja material ou conceitual.

As definições de norma e método são bastante semelhantes em alguns aspectos. Na prática, dentro do contexto apresentado pelo presente estudo, percebe-se que a norma é um documento mais conciso, mais sucinto e objetivo, traçando um quadro geral de um determinado assunto. O método é um documento mais abrangente, que aponta em detalhes como um estudo deve ser elaborado.

O presente estudo apresenta normas e métodos sem distinção entre os termos, colocando-os no mesmo patamar. Outros termos utilizados comumente por quem trabalha com o tema não possuem uma definição clara e unificada. Para definir o entendimento dado a cada termo, recorreu-se ao uso do dicionário² para tentar entender o significado de cada um.

metodologia: **1** Estudo científico dos métodos.

O termo *metodologia* é comumente utilizado com o mesmo significado de *método*. No entanto, o significado de *metodologia* deixa claro que são termos diferentes.

regra: **1** Norma, preceito, princípio, método. **2** Máxima. **3** Ação, condição, qualidade, uso etc., que se admite como padrão comum; exemplo, modelo. **4** O que se acha determinado pela lei ou pelo uso.

O termo *regra* coloca *norma* e *método* como sinônimos. Apesar das três definições não serem exatamente iguais, não é possível obter uma diferenciação precisa entre estes termos.

padrão: **1** Modelo oficial de pesos e medidas. **2** Modelo. **3** Título autêntico. *P. de fato, Inform*: um projeto, método ou sistema tão amplamente utilizado que se tornou padrão, apesar de não ter sido reconhecido oficialmente por qualquer comitê.

protocolo: **1** Registro dos atos públicos. **2** Registro das audiências, nos tribunais. **3** Registro de uma conferência ou deliberação diplomática. **4** Formulário que regula os atos públicos. **5** Selo que os romanos punham no papel em que se registravam atos públicos. **6** Caderno em que é registrada a correspondência expedida, de uma firma, e o recibo dos destinatários. **7** Convenção entre duas nações. **8** Conjunto de cerimônias observadas nas recepções oficiais a chefes de Estado ou representantes diplomáticos.

² A definição dos termos foi encontrada no dicionário Michaelis, que possui uma versão gratuita na internet <<http://michaelis.uol.com.br/>>.

A definição de protocolo, segundo o dicionário consultado, não possui nenhuma relação com o tema do presente estudo. No entanto, este termo é bastante utilizado pelos profissionais que trabalham na área de contabilização de GEE.

guideline (tradução para o português): diretriz, norma de procedimento.

diretriz: **1** Linha segundo a qual se traça um plano de qualquer caminho. **2** Conjunto de instruções ou indicações para se levar a termo um negócio ou uma empresa.

O termo *guideline*, também bastante utilizado no meio, possui como tradução para o português a palavra *diretriz*. O significado de *diretriz* traz o mesmo conceito dos termos anteriores: *método*, *norma* e *regra*.

A partir das definições apresentadas nesse capítulo, o presente texto adota os termos *método*, *norma*, *regra*, *padrão* e *diretriz* sem nenhuma distinção entre os mesmos. Esta seção não tem a pretensão de definir quais termos estão corretos ou não, mas sim facilitar a comunicação entre o escritor e o leitor.

4 Caracterização dos Métodos de Contabilização de GEE

O presente estudo identificou dez métodos de contabilização de emissões de GEE utilizados ao redor do mundo. Essa lista não é exaustiva, podendo haver outros não contemplados pelo estudo. Não são apresentados métodos para quantificação de redução de emissões em projetos de mitigação, como por exemplo, aqueles utilizados no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A Tabela 1 apresenta os dez métodos, os respectivos nomes populares e as datas de publicação da primeira versão e da atual versão de cada um. O nome popular dos métodos é como cada um costuma ser conhecido entre os utilizadores.

Tabela 1: Métodos analisados no estudo

Título do método	Nome popular	Publicação da primeira versão	Publicação da versão atual
2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	Guidelines do IPCC	1994	2006
The GHG Indicator: UNEP Guidelines for Calculating Greenhouse Gas Emissions for Businesses and Non-Commercial Organisations	GHG Indicator	1997	2000
ABNT NBR ISO 14040:2009 / ABNT NBR ISO 14044:2009	ISO 14040/14044	2001	2009
The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard	GHG Protocol	2001	2004
Bilan Carbone	Bilan Carbone	2004	2010
ABNT NBR ISO 14064-1:2007	ISO 14064	2006	2007
PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services	PAS 2050	2008	2011
Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions	Guidance do DEFRA	2009	2009
Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol	GHG Protocol Brasil	2010	2011
The Greenhouse Gas Protocol: Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard	GHG Protocol para Produtos	2011	2011

Os métodos são apresentados neste capítulo seguindo a seguinte estrutura:

Introdução

É apresentado um breve histórico do método, os principais objetivos, a relevância, quando deve ser aplicado e aspectos gerais. Neste tópico, todas as informações foram extraídas diretamente do método apresentado, sem nenhuma inferência do autor do presente estudo.

Delimitação de Fronteiras

Uma das principais diferenças entre os métodos apresentados está na delimitação de fronteiras. O foco de cada estudo de contabilização de emissões pode estar numa região, numa corporação ou num produto, dependendo do objetivo a ser alcançado. Este tópico também não possui nenhuma inferência do autor do presente estudo.

Emissões Biogênicas

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 (GAZZONI, 2012).

A emissão de CO₂ dos biocombustíveis é chamada de emissão biogênica. Não há um consenso entre os métodos sobre como contabilizar esse tipo de emissão. Apesar dessa característica não ser utilizada no presente estudo para sistematizar os métodos, decidiu-se apresentar como cada método aborda tal questão, pois os biocombustíveis são amplamente utilizados no Brasil,

principalmente no transporte rodoviário. Assim como os tópicos anteriores, este também não possui nenhuma inferência do autor do presente estudo.

Discussão

Este tópico apresenta os comentários e a discussão do autor do presente estudo sobre cada método, a partir da experiência profissional e discussão com pesquisadores do meio.

A delimitação das fronteiras e o tratamento dado às emissões biogênicas em cada método receberam uma atenção especial, pois são temas que podem ser bastante diferentes de um método para outro.

A ordem de apresentação segue a cronologia de publicação da primeira versão de cada método, embora a versão analisada seja sempre a mais recente.

4.1 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Reconhecendo o problema das potenciais mudanças climáticas globais, a *World Meteorological Organization* (WMO) e a *United Nations Environment Programme* (UNEP) estabeleceram em 1988 o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Uma das atividades do IPCC é dar suporte à UNFCCC com seus trabalhos em métodos para Inventários Nacionais de GEE.

O método *2006 IPCC Guidelines*, referenciado como IPCC (2006), foi construído com base em sua versão anterior, o método *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. As novas diretrizes cobrem novas fontes e gases, além de atualizações técnicas e científicas; a publicação é dividida em cinco volumes.

Esse guia auxilia os países na completa compilação dos inventários nacionais de GEE. O guia foi estruturado de forma que qualquer país, mesmo com pouca experiência ou recursos, possa produzir estimativas confiáveis de suas emissões e remoções desses gases. Valores padrão para diversos parâmetros e fatores de emissão são fornecidos para todos os setores, de forma que, simplificadamente, um

país necessita fornecer apenas os dados nacionais de atividades. Esta abordagem também permite que os países com maiores informações e recursos possam utilizar métodos de cálculo mais detalhados e de acordo com as especificidades locais, sem perder a compatibilidade, a comparabilidade e a consistência entre países.

O método *2006 IPCC Guidelines* provê diretrizes para a realização de inventários nacionais de emissões e remoções antropogênicas de GEE. Os GEE controlados pelo Protocolo de Montreal não são contabilizados nesses inventários.

Esse método fornece condições para a contabilização em três níveis de detalhamento: *tier 1* (com valores padrão), *tier 2* (intermediário) e *tier 3* (o mais detalhado). As diferenças estão em aproximações matemáticas, fatores de emissão e outros parâmetros utilizados para gerar as estimativas. Se implementados de forma correta, todos os *tiers* devem fornecer estimativas imparciais e a precisão deve aumentar quando caminhamos do *tier 1* para o *tier 3*.

As especificações para o cálculo de emissões e remoções de GEE estão divididas em quatro principais setores:

Energia

Na maioria das economias mundiais, os sistemas energéticos são fortemente dominados pela queima de combustíveis fósseis. Durante a combustão, o carbono e o hidrogênio dos combustíveis fósseis são convertidos principalmente em dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O), liberando a energia química do combustível na forma de calor. Este calor pode ser utilizado diretamente ou para produzir energia mecânica, seja para a geração de energia elétrica ou para o transporte. O setor de energia é geralmente o mais importante nos inventários de emissões de GEE e, tipicamente, contribuem com mais de 90% do CO₂ emitido e com mais de 75% das emissões totais de GEE em países desenvolvidos. O CO₂ representa cerca de 95% das emissões do setor de energia, sendo o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) os responsáveis pelo restante.

A combustão estacionária é geralmente responsável por cerca de 70% das emissões do setor. Aproximadamente metade dessas emissões está associada com a combustão em indústrias de energia (usinas elétricas e refinarias). A combustão móvel (veículos de modo geral) responde por cerca de 25% das emissões do setor.

Processos Industriais e Uso de Produtos

Este setor engloba as emissões decorrentes de processo industriais, do uso de GEE em produtos e do uso não energético de combustíveis fósseis. As emissões de GEE são provenientes de uma grande variedade de atividades industriais. As principais fontes de emissão são os processos industriais que quimicamente ou fisicamente transformam materiais, como o alto-forno na indústria de ferro e aço, amônia e outros produtos químicos produzidos a partir de combustíveis fósseis e usados como insumos agrícolas e a indústria do cimento. Durante esses processos, diferentes GEE podem ser produzidos.

Alguns GEE também são utilizados em produtos como refrigeradores, espumas e latas aerossóis. Por exemplo, os HFCs são utilizados como alternativa às substâncias que agredem a camada de ozônio em diversos tipos de produtos e aplicações; o hexafluoreto de enxofre (SF_6) é utilizado em equipamentos elétricos e em tênis de corrida; e o N_2O é utilizado como propelente em produtos aerossóis principalmente na indústria alimentícia e como gás anestésico.

Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra

Este setor possui algumas características únicas no que se refere aos métodos de desenvolvimento de inventários. Há uma série de processos que levam a emissões e remoções de GEE que podem estar largamente dispersos no espaço e são altamente variáveis em relação ao tempo. Os fatores que levam a emissões e remoções podem ser naturais ou antropogênicos (diretos ou indiretos) e pode ser bastante difícil distinguir entre as causas. O método *2006 IPCC Guidelines* tem como objetivo contabilizar apenas emissões e remoções antropogênicas, o que torna essa diferenciação bastante importante.

Para este setor, as emissões e remoções antropogênicas são consideradas como aquelas que ocorrem em “terras manejadas”. Terras manejadas são aquelas onde as intervenções e práticas humanas foram aplicadas para funções de produção, ecológicas ou sociais. As emissões e remoções de terras não manejadas não precisam ser contabilizadas; no entanto, é uma boa prática quantificar e acompanhar estas modificações ao longo do ano.

Resíduos

De modo geral, a emissão de metano em aterros sanitários é a maior fonte de emissão de GEE do setor de resíduos. Paralelamente, a emissão de metano do tratamento de esgoto também pode ser relevante.

A incineração e a queima de resíduos contendo carbono fóssil (como plásticos) são as principais fontes de emissão de CO₂ do setor. O CO₂ também é produzido em aterros sanitários, no tratamento de esgoto e na queima de resíduos não fósseis, mas esse CO₂ é de origem biogênica e, portanto, não deve ser relatado nesse setor.

A Figura 2 apresenta as principais categorias de fontes de emissão e remoções por sumidouros.

Figura 2: Principais categorias de fontes de emissão e remoções por sumidouros

Fonte: Adaptado de IPCC (2006)

4.1.1 Delimitação de Fronteiras

O método 2006 IPCC Guidelines é adequado para uso global na compilação de um inventário nacional de GEE. Ele também pode ser utilizado em situações mais estritas, embora com muito cuidado para assegurar que as emissões e remoções sejam corretamente incluídas dentro das fronteiras do sistema adotado.

Os inventários nacionais contêm estimativas para o ano no qual ocorrem as emissões ou remoções de GEE para a atmosfera, ou seja, a contabilização ocorre de janeiro a dezembro do ano inventariado.

4.1.2 Emissões Biogênicas

O glossário do *2006 IPCC Guidelines* traz a seguinte definição:

Carbono biogênico: carbono derivado de fontes biogênicas (plantas ou animais), excluindo-se o carbono fóssil.

De acordo com o método, o CO₂ resultante da queima de materiais biogênicos não precisa ser contabilizado porque a quantidade correspondente de CO₂ que foi absorvida pela vegetação também não é relatada para culturas anuais. Isso inclui a queima de biocombustíveis, a queima de resíduos para geração de energia e a decomposição aeróbia de matéria orgânica.

4.1.3 Discussão

O IPCC é o órgão mais respeitado no mundo sobre a questão das mudanças climáticas causadas por atividades antropogênicas. Como não poderia deixar de ser, o método *2006 IPCC Guidelines* serve como referência para todos os métodos que abordam a questão climática e as emissões de GEE.

Embora esta diretriz tenha sido criada para a contabilização de emissões de um país, também é utilizada para contabilizar emissões de estados ou municípios. No Brasil, os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro foram os primeiros a desenvolverem seus inventários de emissões de GEE.

4.2 The GHG Indicator: UNEP Guidelines for Calculating Greenhouse Gas Emissions for Businesses and Non-Commercial Organisations

A ideia de estabelecer um método padrão para mensurar as emissões de GEE de uma companhia surgiu em maio de 1997 no Reino Unido. O relatório inicial foi publicado em novembro do mesmo ano e passou pela revisão de acadêmicos, companhias, consultores, ambientalistas, instituições financeiras, agências governamentais e organizações não governamentais. A versão aqui analisada foi lançada em 2000 e trata-se da mais recente, referenciada como UNEP (2000).

O *World Resources Institute* (WRI) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), que mais tarde lançariam o *GHG Protocol*, tiveram participação no desenvolvimento do *GHG Indicator*.

O objetivo do *GHG Indicator* é auxiliar organizações no processo de contabilização e relato. Ele fornece um método com o qual as emissões dos GEE são calculadas e então combinadas para um indicador único que representa a contribuição às mudanças climáticas de uma organização. Uma característica essencial desse método é que ele utiliza informações prontamente obtidas pelas empresas. Os dados podem ser convertidos e agregados para calcular a contribuição total às mudanças climáticas (UNEP, 2000).

Esse método encoraja governos nacionais a usarem tais diretrizes para desenvolver métodos específicos para cada país, substituindo os dados genéricos internacionais por dados nacionais. Segundo UNEP (2000), os dados e as diretrizes empregadas poderiam estabelecer uma base para o cálculo de emissão de GEE para todas as organizações mundo afora.

O *GHG Indicator* é relevante tanto para países desenvolvidos quanto para os países em desenvolvimento. Embora a obrigatoriedade de quantificar as reduções

nas emissões de GEE seja aplicada apenas aos países industrializados, é possível que tal redução também seja obrigatória para os países em desenvolvimento no futuro (UNEP, 2000).

A utilidade do GHG Indicator pode ser resumida em cinco aspectos (UNEP, 2000):

- é uma resposta direta ao Protocolo de Quioto;
- possibilita países e companhias com pouca experiência a engajarem-se no processo de contabilização de GEE, criando uma plataforma comum de relato;
- encoraja companhias a pensarem e agirem de forma ambientalmente correta;
- antecipa medidas que poderão ser adotadas por governos em resposta ao Protocolo de Quioto e
- estimula uma ação antecipada.

Segundo UNEP (2000), existem duas fontes principais de emissões de GEE em uma companhia: emissões relacionadas a energia e emissões relacionadas a processos. Juntas, elas representam a maior parte da contribuição das companhias para o aquecimento global. Essas fontes são avaliadas e calculadas separadamente, para então serem agregadas. Na Figura 3, as emissões relacionadas a energia estão separadas em: consumo de combustíveis, uso de eletricidade e transporte. O uso de eletricidade não provoca emissões dentro da companhia, mas sim no processo de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica.

Figura 3: Esquema simplificado para o cálculo de emissões de gases de efeito estufa de uma empresa

Fonte: Adaptado de UNEP (2000)

O *GHG Indicator* baseia-se nos princípios básicos do método *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* para calcular o potencial de aquecimento global (PAG) dos diversos gases. Esse modelo converte todas as emissões relevantes para um gás de referência, o dióxido de carbono. Desta forma, as emissões são relatadas em dióxido de carbono equivalente.

4.2.1 Delimitação de Fronteiras

Conforme mencionado anteriormente, o objetivo desse método é contabilizar as emissões de organizações, ou seja, a fronteira está delimitada nas atividades da empresa, não havendo preocupação com os produtos ou serviços disponibilizados pela mesma. A fronteira temporal recomendada é de um ano, ou seja, de janeiro a dezembro do ano inventariado.

Segundo o método, definir os limites de uma companhia para o propósito de contabilizar emissões de GEE é notoriamente difícil. Toda companhia possui uma estrutura diferente. Por exemplo, ela pode possuir ou operar diferentes plantas, ter participação societária em outras operações ou possuir subsidiárias. Por isso, é muito difícil criar uma definição única para todos os tipos de empresas. Tudo aquilo que a companhia optar por incluir ou deixar de fora do inventário deve ser relatado.

Este método não foi desenvolvido para mensurar os impactos ao aquecimento global de produtos durante o ciclo de vida. Tais impactos ficam de fora das normas existentes para a contabilização de corporações. Entretanto, os impactos do ciclo de vida dos produtos podem ser bastante consideráveis, como no caso da indústria automobilística. Pesquisas adicionais são necessárias para examinar como isto poderia refletir num indicador corporativo de uma maneira sensata. Se a companhia possuir recursos suficientes, os impactos do ciclo de vida devem ser considerados, pois esta linha de pesquisa deve se tornar cada vez mais importante com o aumento da experiência e do conhecimento. Isto é particularmente relevante ao passo que a importância das soluções “fim de tubo” estão se movendo de modo crescente para soluções que reduzem os impactos em todos os estágios do processo (UNEP, 2000).

4.2.2 Emissões Biogênicas

O método não faz nenhuma menção a emissões biogênicas.

4.2.3 Discussão

O *GHG Indicator* foi o primeiro método a propor a contabilização das emissões de GEE de uma corporação. Esse método foi extremamente inovador quando lançado e abriu as portas para uma série de outras publicações do gênero. No entanto, por se tratar de um conceito novo, diversos pontos acabaram ficando

em aberto, como uma melhor definição de fronteiras e um tópico específico sobre emissões biogênicas.

A última versão do *GHG Indicator* foi lançada em 2000 e seu uso foi descontinuado pelas empresas. Podemos considerar que esse método foi substituído pelo *GHG Protocol*, pois o WRI e o WBCSD participaram de ambas iniciativas.

4.3 ABNT NBR ISO 14040:2009 / ABNT NBR ISO 14044:2009

A norma técnica ABNT NBR ISO 14040:2009 é a tradução da ISO 14040:2006, sendo idêntica em conteúdo técnico, estrutura e redação. Trata-se da segunda edição da norma, que cancela e substitui a ABNT NBR ISO 14040:2001. O título da norma brasileira é “Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura”. Analogamente, a ABNT NBR ISO 14044:2009 é a tradução da ISO 14044:2006 e o título da norma brasileira é “Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações”. A ABNT NBR ISO 14040 é indispensável para a aplicação da ABNT NBR ISO 14044, e vice-versa; dessa forma, esse par de normas é tratado como uma norma única no presente estudo. As referências desse par de normas são ABNT (2009a) e ABNT (2009b).

A crescente conscientização quanto à importância da proteção ambiental e os possíveis impactos associados aos produtos, tanto na sua fabricação quanto no consumo, têm aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com esses impactos. Uma das técnicas desenvolvidas com esse objetivo é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Dentre outras, a ACV pode subsidiar:

- a identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em diversos pontos de seus ciclos de vida;
- a seleção de indicadores de desempenho ambientais relevantes e
- o marketing (por exemplo, na implementação de um esquema de rotulagem ambiental).

A ACV enfoca os projetos ambientais e os impactos potenciais ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, desde a aquisição das matérias-primas, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem até a disposição final; essa abordagem é conhecida como “do berço ao túmulo”.

A norma traz alguns termos e definições importantes para o entendimento dos princípios, estrutura, requisitos e orientações da mesma:

Ciclo de vida: estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final.

Avaliação do ciclo de vida (ACV): compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

Fluxo elementar: material ou energia retirado do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por interferência humana, ou material ou energia que é liberado no meio ambiente pelo sistema em estudo sem sofrer transformação subsequente por interferência humana.

Fluxo de produto: entrada ou saída de produtos provenientes de ou com destino a um outro sistema de produto.

Sistema de produto: conjunto de processos elementares, com fluxos elementares e de produtos, desempenhando uma ou mais funções definidas e que modela o ciclo de vida de um produto.

Processo elementar: menor elemento considerado na análise de inventário do ciclo de vida para o qual dados de entrada e saída são quantificados.

Categoria de impacto: classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados da análise do inventário do ciclo de vida podem ser associados.

Indicador de categoria de impacto: representação quantificável de uma categoria de impacto.

Um estudo de ACV é composto por quatro fases:

a) A fase de definição de objetivo e escopo

O escopo de uma ACV, incluindo a fronteira do sistema e o nível de detalhamento, depende do objeto e do uso pretendido para o estudo. A profundidade e a abrangência da ACV podem variar consideravelmente, dependendo do objetivo do estudo em particular.

b) A fase de análise de inventário

O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) é uma lista dos dados de entrada e saída associados ao sistema em estudo. Essa fase envolve a coleta dos dados necessários para o alcance dos objetivos do estudo em questão.

c) A fase de avaliação de impactos

A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) tem o objetivo de prover informações adicionais para ajudar na avaliação dos resultados do ICV de um sistema de produto, visando ao melhor entendimento de sua significância ambiental.

d) A fase de interpretação

A interpretação do ciclo de vida é a fase final do procedimento de ACV, na qual os resultados de um ICV e/ou de uma AICV são sumarizados e discutidos como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com a definição de objetivo e escopo.

O relacionamento entre as fases está ilustrado na Figura 4, que demonstra o caráter iterativo da ferramenta. O estudo começa pela definição de objetivo e

escopo, mas dependendo das fases posteriores, esta primeira etapa pode ser modificada a fim de atender novos requisitos.

Figura 4: Estrutura da avaliação de ciclo de vida

Fonte: ABNT (2009a)

As informações obtidas em um estudo envolvendo o ciclo de vida de produtos podem ser usadas como parte de um processo decisório mais abrangente. A comparação dos resultados de diferentes estudos só é possível se os pressupostos e o contexto de cada estudo forem equivalentes. Essa norma contém, portanto, diversos requisitos e recomendações para assegurar transparência em tais questões.

Essa norma não se destina a ser usada para a criação de barreiras comerciais não tarifárias nem para a ampliação das obrigações legais de uma organização. A norma também não se destina à utilização com finalidades contratuais ou regulatórias nem para registro ou certificação.

A ACV é uma entre várias técnicas de gestão ambiental e pode não ser a técnica mais apropriada para todas as situações. A *ISO 14040/14044* não descreve detalhadamente a técnica da ACV nem especifica métodos para as fases individuais da ACV. Não existe um método único para se conduzir uma ACV. As organizações

têm a flexibilidade para implementar a ACV como descrito na norma, de acordo com a aplicação pretendida e com os requisitos de cada organização.

Nessa norma, produto é considerado qualquer bem ou serviço, podendo ser categorizado da seguinte forma:

- serviços (por exemplo, transporte);
- informações (por exemplo, programa de computador, dicionário);
- materiais e equipamentos (por exemplo, parte mecânica de um motor) e
- materiais processados (por exemplo, lubrificante).

A AICV associa os resultados do ICV a categorias de impacto; para cada categoria de impacto, é selecionado um indicador de categoria de impacto de ciclo de vida e é calculado o resultado desse indicador; o conjunto dos resultados dos indicadores (perfil da AICV) fornece informações sobre as questões ambientais associadas às entradas e saídas do sistema de produto.

4.3.1 Delimitação de Fronteiras

A ACV é conduzida por meio da definição de modelos de sistemas de produto que descrevem os elementos-chave de sistemas físicos. A fronteira do sistema define os processos elementares a serem incluídos no sistema. Idealmente, convém que o sistema de produto seja modelado de tal forma que as entradas e saídas na sua fronteira sejam fluxos elementares. No entanto, não é necessário despendar recursos na quantificação daquelas entradas e saídas que não irão alterar de forma significativa as conclusões gerais do estudo.

A escolha de elementos do sistema físico a ser modelado depende da definição do objetivo e escopo do estudo (aplicação pretendida e público-alvo), dos pressupostos adotados, das restrições de dados e de custos e de critérios de corte. Ao se estabelecer a fronteira do sistema, convém que diversos estágios do ciclo de vida, processos elementares e fluxos sejam levados em consideração, tais como:

- aquisição de matérias-primas;
- entradas e saídas na cadeia principal de manufatura/processamento;

- distribuição/transporte;
- produção e uso de combustíveis, eletricidade e calor;
- uso e manutenção de produtos;
- disposição final de resíduos de processos e de produtos;
- recuperação de produtos usados;
- manufatura de materiais auxiliares;
- manufatura, manutenção e descomissionamento de equipamentos e
- operações adicionais, como iluminação e aquecimento.

A exclusão de estágios do ciclo de vida, processos, entradas ou saídas só é permitida se isso não provocar uma mudança significativa nas conclusões gerais do estudo. Quaisquer decisões de se omitirem estágios do ciclo de vida, processos, entradas ou saídas devem ser registradas de forma clara e as razões e implicações de sua omissão devem ser explicadas.

A *ISO 14040/14044* apresenta requisitos de qualidade dos dados envolvendo outras fronteiras, chamadas de cobertura. São elas:

- cobertura temporal: idade dos dados e período mínimo de tempo durante o qual os dados devem ser coletados;
- cobertura geográfica: área geográfica a partir da qual devem ser coletados dados para processos elementares de modo a satisfazer o objetivo do estudo e
- cobertura tecnológica: tecnologia específica ou conjunto de tecnologias para as quais os dados devem ser coletados.

4.3.2 Emissões Biogênicas

A norma não faz nenhuma menção a emissões biogênicas.

4.3.3 Discussão

Embora a *ISO 14040/14044* não seja uma norma específica para a contabilização de emissões de GEE, foi decidido apresentá-la no presente estudo porque ela pode ser utilizada para esta finalidade. A ACV mensura os impactos ambientais de diversas categorias de impacto, sendo a categoria “Mudanças Climáticas” apenas uma delas. Dessa forma, pode-se entender que a ACV engloba a *Pegada de Carbono* de um produto.

Uma norma ISO específica para a contabilização de emissões de GEE de produtos está em desenvolvimento, a *ISO 14067: Carbon Footprint of Products – Requirements and guidelines for quantification and communication*. Esta norma ainda está na versão *Draft International Standard* (DIS) sua publicação está prevista para abril de 2014. Por se tratar de uma norma que ainda não foi publicada em sua versão final, foi decidido não apresentá-la no presente estudo.

A *ISO 14040/14044* tem como objetivo a mensuração de impactos ambientais em produtos (bens ou serviços). No caso da contabilização de emissões de GEE, o objeto de estudo não é uma região, nem uma organização. O foco do estudo está no produto, independentemente de por quantos países ou organizações os fluxos elementares ou de produtos possam passar. Na verdade, o foco do estudo vai além do produto; o que é realmente analisado é a função do produto, não sendo possível definir o sistema de produto de uma ACV somente em termos dos produtos finais.

O fato de nenhuma menção ser feita às emissões biogênicas é coerente, pois a *ISO 14040/14044* não tem como objetivo descrever detalhadamente a técnica a ser empregada em um estudo de ACV. As orientações fornecidas por essa norma são mais genéricas e abrangentes, não chegando a esse nível de especificidade.

4.4 The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard

A primeira edição do GHG Protocol, publicada em setembro de 2001, foi largamente adotada e aceita no mundo todo por empresas, ONGs e governos. Muitas indústrias, ONGs e programas governamentais utilizam esse método como base para contabilização e relato de emissões. Alguns grupos de empresas, como o *International Aluminum Institute*, o *International Council of Forest and Paper Associations* e o *WBCSD Cement Sustainability Initiative*, em parceria com essa iniciativa, desenvolveram ferramentas de cálculo complementares específicas para cada setor industrial.

A grande difusão desse método pode ser atribuída à inclusão de diversas partes interessadas em seu desenvolvimento e no fato de ser robusto, prático e construído com base na experiência e perícia de diversos especialistas e consultores.

O *GHG Protocol* foi desenvolvido pelo *Greenhouse Gas Protocol Initiative*, uma coalisão de empresas, ONGs, governo e outros, reunidos pelo WRI e pelo WBCSD. A edição aqui apresentada é chamada de “edição revisada” e foi lançada em 2004; a referência é WRI (2004).

Esse método fornece padrões e orientações para empresas e, organizações de um modo geral, prepararem um inventário de emissões de GEE. Abrange a contabilização e o relato dos seis GEE cobertos pelo Protocolo de Quioto: CO₂, CH₄, NO₂, HFCs, PFCs e SF₆. As orientações foram formuladas com os seguintes objetivos:

- ajudar as empresas a prepararem um inventário que represente uma contabilização verdadeira e justa de suas emissões, com o uso de abordagens e princípios padronizados;
- simplificar e reduzir os custos da execução de um inventário;
- fornecer informações que podem ser usadas pelas empresas para construir uma estratégia efetiva para gerenciar e reduzir as emissões de GEE;

- fornecer informações para facilitar a participação em programas voluntários e obrigatórios de GEE e
- aumentar a consistência e transparência na contabilização e relato de emissões de GEE entre diversas empresas e programas de GEE.

Tanto as empresas quanto outras partes interessadas se beneficiam ao utilizar um padrão comum. Para as empresas, reduz os custos se o inventário for capaz de atender exigências internas e externas. Para os demais, aumenta a consistência, a transparência e o entendimento das informações relatadas, tornando mais fácil acompanhar e comparar o progresso ao longo do tempo.

4.4.1 Delimitação de Fronteiras

Esse método foi desenvolvido para a utilização em empresas. No entanto, também se aplica a outros tipos de organizações, como ONGs, agências governamentais e universidades. Os tomadores de decisão também podem utilizar partes relevantes do documento como base para exigências de contabilização e relato em políticas públicas.

O *GHG Protocol* define as fronteiras, ou limites, de acordo com dois níveis: limites organizacionais e limites operacionais.

Limites Organizacionais

Os limites organizacionais definem a macro estrutura da empresa. Operações empresariais variam em suas estruturas legais e organizacionais; incluem operações próprias, *joint ventures* incorporadas e não incorporadas, subsidiárias e outras. Para a elaboração do inventário corporativo, duas abordagens distintas podem ser usadas para consolidar as emissões de GEE: participação societária e controle.

Dentro da abordagem de participação societária, a empresa contabiliza as emissões de suas operações de acordo com a porcentagem de ações que possui em determinada operação. Na abordagem de controle, a empresa contabiliza 100%

das emissões das operações sobre as quais possui controle. O controle pode ser definido sob a forma financeira ou operacional.

Limites Operacionais

O *GHG Protocol* apresenta também o conceito de limites operacionais. Para uma gestão de GEE inovadora e eficaz, estabelecer limites operacionais abrangentes, englobando emissões diretas e indiretas, ajuda a empresa a gerir melhor todo o espectro de riscos e oportunidades de GEE que existem ao longo de sua cadeia de valor.

Para ajudar a delimitar as fontes de emissão diretas e indiretas, foi criado o conceito de escopos:

Escopo 1: Emissões diretas de GEE

Emissões diretas são as provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa. Exemplos: emissões de combustão das caldeiras, fornos e veículos da empresa (terrestres, aéreos e marítimos), emissões da produção de químicos em equipamentos de processos dentro da fronteira da organização e emissões fugitivas de equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

Escopo 2: Emissões indiretas de GEE de energia

Contabiliza as emissões provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica que é consumida pela empresa. A energia adquirida é definida como sendo aquela que é comprada ou então trazida para dentro dos limites da empresa. No escopo 2, as emissões ocorrem fisicamente no local onde a energia é produzida, ou seja, fora dos limites da empresa.

Escopo 3: Outras emissões indiretas de GEE

O escopo 3 é uma categoria de relato opcional, que permite a consideração de todas as outras emissões indiretas. As emissões do escopo 3 são uma consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não

pertencem ou não são controladas pela empresa. Alguns exemplos de atividades de escopo 3 são: a extração e produção de matérias-primas e outros materiais realizados por outra empresa, mas utilizados nos processos da empresa que está elaborando o inventário; o transporte de colaboradores da empresa em meios não controlados pela mesma; e as emissões relativas ao uso final de bens de consumo vendidos pela empresa inventariada.

A Figura 5 ilustra alguns exemplos típicos de emissões dos escopos 1, 2 e 3. Nesta figura, os escopos são chamados de *âmbitos*, pois a imagem foi extraída do documento traduzido para o português de Portugal.

Figura 5: Visão geral dos escopos e emissões ao longo de uma cadeia de valor

Fonte: WRI (2004b)

4.4.2 Emissões Biogênicas

Segundo WRI (2004a), as emissões de CO₂ decorrentes da combustão de biomassa não devem ser incluídas nos escopos, mas relatadas separadamente. Essas emissões são oriundas de carbono sequestrado biologicamente, como por exemplo, os biocombustíveis.

4.4.3 Discussão

O *GHG Protocol* é, sem dúvida, o método mais conhecido e utilizado no mundo para a contabilização de emissões de GEE em empresas. Esta iniciativa foi tão bem sucedida que programas nacionais foram criados em diversos países para incentivar a cultura de realização de inventários corporativos. Até o momento, o *GHG Protocol* já estabeleceu parcerias para facilitar a implementação do programa no Brasil, China, Índia, México, Filipinas e Canadá. Além desses países, Austrália, Nova Zelândia, Japão e países europeus também possuem programas utilizando o *GHG Protocol*.

O termo escopo 1, 2 e 3 tornou-se tão utilizado por quem trabalha na área que, muitas vezes, acabam transcendendo o próprio método. É comum ouvir as pessoas citando o escopo 3 sem perceber que, indiretamente, estão citando o *GHG Protocol*.

O conceito dos escopos deixa bem claro que existe uma forte relação entre um inventário corporativo de emissões de GEE e a lógica do ciclo de vida. Apesar do inventário corporativo focar nas atividades intrínsecas da empresa (escopo 1), outras atividades essenciais ao funcionamento da empresa também são levadas em consideração por meio dos escopos 2 e 3. O aprofundamento no escopo 3 leva à contabilização das emissões de parte do ciclo de vida dos produtos fabricados pela empresa, a saber:

- emissões relacionadas ao processo de fabricação das matérias-primas;
- transporte das matérias-primas até a empresa;
- transporte do produto acabado aos centros de consumo;
- emissões relacionadas ao uso do produto pelo consumidor final e
- emissões relacionadas ao descarte do produto.

4.5 Bilan Carbone: Companies – Local Authorities – Regions

A primeira versão do método francês *Bilan Carbone*³ foi lançada em 2004 pela Agência Francesa para o Meio Ambiente e Energia (ADEME). Essa versão inicial era direcionada especificamente para a contabilização de emissões em empresas. A versão número 5 foi lançada em janeiro de 2007 e foi desenvolvida especificamente para a administração pública e territórios. A versão analisada no presente estudo é a mais recente, lançada em junho de 2010 (versão 6.1), e incorpora atualizações para os três módulos mencionados:

- empresas e indústrias;
- administração pública e
- territórios.

A atual versão, referenciada como ADEME (2010), também fornece diretrizes de como utilizar o *Bilan Carbone* para contabilizar o conteúdo de carbono de um produto.

O método de balanço de carbono permite aos usuários estimar as emissões de GEE resultantes de todos os processos físicos necessários para a existência de uma atividade humana ou de uma organização. Por processos físicos necessários, entende-se que a entidade não existiria da maneira como é no presente se os processos físicos em questão não fossem possíveis.

Um dos pontos fundamentais desse método consiste em colocar no mesmo nível de importância:

- emissões de GEE que ocorrem diretamente dentro da entidade e
- emissões que ocorrem fora da entidade, mas são na verdade um deslocamento dos processos necessários para a existência da atividade ou da organização da maneira como é no presente.

As emissões que são incluídas num estudo utilizando esse método não são apenas aquelas as quais a entidade é ou se sente responsável, mas sim todas

³ Balanço de Carbono, em português.

aquelas das quais a entidade é dependente. Alguns exemplos são apontados para demonstrar este conceito:

- emissões da geração de energia elétrica para o fabricante de semicondutores, porque a fábrica pararia sem eletricidade;
- emissões relacionadas ao transporte dos clientes de um supermercado localizado afastado do centro da cidade;
- emissões de um caminhão fretado pela prefeitura para transportar as refeições servidas numa escola, porque embora o caminhão não pertença à administração pública, é indispensável para transportar os alimentos e
- emissões da gasolina que será utilizada por um carro vendido por um fabricante, pois essas emissões devem existir para que o fabricante possa vender o carro.

Uma das consequências de contabilizar as emissões diretas e indiretas é não diferenciar a localização das emissões analisadas. Essa escolha, que é ditada pelos benefícios de uma avaliação global das emissões das quais uma atividade é dependente, também é consistente com considerações físicas. De fato, os GEE permanecem na atmosfera por um longo tempo depois de emitidos. Tendo em mente que aproximadamente um ano é necessário para o ar dos hemisférios ser misturado uniformemente, torna-se fácil entender porque o local onde os gases são emitidos não possui nenhuma influência no efeito estufa futuro.

Esse é o motivo pelo qual um inventário deve colocar todas as emissões da entidade analisada em pé de igualdade, sem distinção de local, sempre que essa emissão seja um deslocamento de um processo que beneficia a entidade em questão. Isso também permite colocar recursos físicos idênticos no mesmo nível, sejam eles próprios ou terceirizados.

Entretanto, esse tipo de abordagem leva ao aparecimento da inevitável questão sobre responsabilidade: a empresa que está realizando um estudo deve ser responsabilizada direta ou indiretamente por todas as emissões que foram levadas em consideração? Os graus de responsabilidade devem ser avaliados caso a caso, de acordo com as emissões consideradas, o contexto geral e, até mesmo, critérios pessoais.

O *Bilan Carbone* propõe uma abordagem compatível com a *ISO 14064* e o *GHG Protocol* para a contabilização de emissões de uma organização. O método em questão possui planilhas de cálculo divididas em três módulos: empresas e indústrias, administração pública e territórios. Ao final de um estudo, é possível chegar à pegada de carbono de um produto ou serviço, tomando o cuidado com a alocação das emissões para os diversos produtos ou serviços fornecidos pela entidade. Esta etapa deve estar alinhada com a *ISO 14040*, pois trata-se do conceito de análise de ciclo de vida de um produto.

4.5.1 Delimitação de Fronteiras

A organização do método *Bilan Carbone* é feita de tal modo que ele pode ser utilizado para contabilizar emissões de GEE de:

- qualquer atividade industrial, privada ou pública;
- qualquer atividade terciária (administração pública, empresas, associações, fundações);
- qualquer tipo de órgão público (prefeituras, departamentos) e
- qualquer organização regional (parques, países).

O método também fornece diretrizes básicas para a contabilização de emissões de GEE de um produto ou serviço.

4.5.2 Emissões Biogênicas

O método descreve dois possíveis cenários para o CO₂ de origem orgânica emitido por atividades antrópicas:

- parte de uma mudança global no ecossistema que não contribui para o aumento da concentração atmosférica de CO₂, pois o aumento das

emissões é compensado por um sorvedouro de emissões (por exemplo, manejo de florestas) e

- parte de um sistema de emissões não compensado por sorvedouros (por exemplo, desmatamento).

Por outro lado, não existe diferença na maneira como a atmosfera trata o CO₂ de origem orgânica emitido no primeiro ou no segundo caso. Como o *Bilan Carbone* foi inicialmente desenvolvido para países desenvolvidos, onde o desmatamento é baixo, ele não considera as emissões orgânicas de CO₂ provenientes da queima de biomassa. Geralmente, essas emissões são mais do que compensadas pelo acréscimo anual na cobertura florestal. Esse é, particularmente, o caso da França, onde o acréscimo nas florestas corresponde a um fluxo descendente que é muito maior que o fluxo ascendente de emissões.

Se o método *Bilan Carbone* for usado em países onde o desmatamento é uma questão importante, esse ponto metodológico deve ser analisado de acordo com os elementos propostos pelo IPCC.

4.5.3 Discussão

Este método é bastante diferente de todos os outros analisados neste estudo, pois apesar de ignorar fronteiras regionais e corporativas, não se trata de um método específico para a contabilização de emissões de um produto.

O conceito de colocar em pé de igualdade as emissões diretas e indiretas é bastante interessante; este conceito está totalmente ligado à lógica do ciclo de vida, que coloca o foco no produto, e não sobre as empresas que fabricam os produtos. Como apresentado anteriormente, sendo mais específico, o foco está na função exercida pelo produto.

A decisão de não relatar as emissões biogênicas é extremamente simplista e poderia ser mais bem elaborada. Outros métodos encontraram maneiras alternativas para relatar essas emissões que não aumentam a concentração de gases na atmosfera.

O *Bilan Carbone* se propõe a fornecer diretrizes para contabilizar as emissões de empresas, regiões e produtos. Um método único que aborda todas essas questões é ótimo na teoria. Porém, na prática, as 116 páginas do documento não são suficientes para colocar os detalhes que cada tipo de estudo necessita.

O conceito de que todos os processos físicos necessários para a existência de uma atividade humana ou de uma organização devem ser incluídos é perfeito do ponto de vista teórico. Na prática, é preciso que haja uma fronteira bem delimitada para a realização dos estudos, pois considerar “todos os processos físicos necessários para a existência de uma atividade” pode levar à consideração de todos os processos físicos existentes no planeta.

Este método é pouquíssimo utilizado no Brasil para a contabilização de emissões de empresas ou regiões. No entanto, o supermercado Pão de Açúcar possui diversos produtos alimentícios da marca Casino com a pegada de carbono no rótulo (Figura 6). Os produtos são importados da França e o cálculo de emissão foi realizado no país de origem. Desta forma, o método *Bilan Carbone* ficou conhecido no Brasil como um método para contabilização de emissões de produtos.

Figura 6: Azeite de oliva à venda no supermercado Pão de Açúcar, com a pegada de carbono no rótulo

É interessante observar que o cálculo só é válido quando o produto é vendido na França metropolitana. Isto quer dizer que o produto encontrado nas prateleiras dos supermercados do Brasil possui uma pegada de carbono maior do que a existente no rótulo, pois o transporte do produto entre os países não foi contabilizado. Este é um dos problemas que podem surgir com a rotulagem de carbono dos produtos; o valor apresentado no rótulo está incompleto para a venda do produto no Brasil e o consumidor não possui conhecimento suficiente para absorver a informação de maneira adequada.

4.6 ABNT NBR ISO 14064-1:2007

A norma técnica *ABNT NBR ISO 14064-1:2007* é a tradução da *ISO 14064-1:2006*, sendo idêntica em conteúdo técnico, estrutura e redação. O título da norma

brasileira é “Gases de Efeito Estufa. Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa” e está referenciada como ABNT (2007).

Esta parte da norma detalha princípios e requisitos para planejar, desenvolver, gerenciar e relatar inventários de GEE em organizações ou empresas. Inclui exigências para determinar os limites de fontes de emissão de GEE, quantificando emissões e remoções de GEE de uma organização e identificando ações específicas ou atividades que tenham como objetivo aperfeiçoar o gerenciamento de GEE. Também abrange requisitos e orientação sobre a qualidade do gerenciamento do inventário, a elaboração de relatórios, a auditoria interna e as responsabilidades da organização na verificação de atividades.

Espera-se que a *ISO 14064* beneficie organizações, governos, proponentes de projetos e partes interessadas em todo o mundo ao dar clareza e consistência para a quantificação, o monitoramento, a elaboração de relatórios e a verificação de inventários de GEE. O uso dessa norma pode:

- melhorar a integridade da quantificação de GEE em relação ao meio ambiente;
- aumentar a credibilidade, a consistência e a transparência da quantificação, do monitoramento e da elaboração de relatórios de GEE, que incluem reduções de emissões;
- facilitar o desenvolvimento e a implementação do gerenciamento de estratégias e planos de GEE de uma organização e
- facilitar a capacidade de acompanhar o desempenho e o progresso na redução de emissões de GEE e/ou aumento nas remoções de GEE.

Os usuários da *ISO 14064* podem se beneficiar em algumas das seguintes aplicações:

- gestão de risco corporativo (identificação e gerenciamento de riscos e oportunidades);
- iniciativas voluntárias (participação em iniciativas voluntárias de elaboração de relatórios ou registros de GEE) e

- elaboração de relatórios de organismos reguladores/governos (créditos por ações antecipadas, acordos negociados ou programas de elaboração de relatórios nacionais).

Alinhado com o objetivo de ampliar as Normas Internacionais e protocolos existentes sobre inventários corporativos de GEE, essa norma incorpora muitos conceitos-chave e determinações do *GHG Protocol*. Sugere-se aos usuários da *ISO 14064* que consultem o *GHG Protocol* para orientações adicionais sobre a aplicação de conceitos e requisitos pertinentes.

Esta norma é neutra em relação a diferentes programas de GEE. Se determinado programa de GEE for aplicável, os requisitos desse programa são adicionais aos requisitos da *ISO 14064*.

4.6.1 Delimitação de Fronteiras

Para uma correta delimitação de fronteiras, a *ISO 14064* também define os conceitos de limites organizacionais e operacionais.

Os limites organizacionais abordam as macro fronteiras da empresa. A organização pode ter uma ou mais instalações; as emissões e remoções de GEE de cada instalação podem ser produzidas por uma ou mais fontes ou sumidouros de GEE. A organização deve consolidar as emissões e remoções de GEE de suas instalações através de uma das seguintes abordagens:

- a) Controle: a organização responde por todas as emissões e/ou remoções de GEE quantificadas das instalações sobre as quais tenha controle operacional ou financeiro e
- b) Participação acionária: a organização responde pela porção de emissões/remoções de GEE proporcional à sua participação acionária nas respectivas instalações.

Uma vez definidos os limites organizacionais, os limites operacionais devem ser estabelecidos e documentados. Estabelecer limites operacionais inclui identificar emissões e remoções de GEE associadas às operações da organização,

categorizando as emissões e remoções de GEE em emissões diretas, emissões indiretas por uso de energia e outras emissões indiretas. Isso inclui escolher quais emissões indiretas serão quantificadas e relatadas.

Emissões e remoções diretas de GEE

Emissão direta é a emissão de fontes de GEE pertencentes ou controladas pela organização. A organização deve quantificar as emissões diretas de GEE de instalações existentes dentro de seus limites. Recomenda-se que a organização quantifique as remoções de GEE de instalações existentes dentro de seus limites.

Emissões indiretas de GEE por uso de energia

A organização deve quantificar as emissões indiretas de GEE originadas da geração de eletricidade, calor ou vapor importado, consumidos pela organização. O termo “importado” refere-se à eletricidade, calor ou vapor que é originado fora dos limites organizacionais.

Outras emissões indiretas de GEE

A organização pode quantificar outras emissões indiretas de GEE sempre que determinado pelo programa de GEE aplicável ou pelas necessidades de relatórios internos ou, ainda, pelo uso previsto para o inventário de GEE. Exemplos de atividades de uma organização que podem resultar em emissões indiretas de GEE podem incluir, mas não se limitam ao seguinte:

- trajeto diário ao trabalho e viagens de negócios dos empregados;
- transporte de produtos, materiais, pessoas ou resíduos de uma organização por outra organização;
- atividades terceirizadas, manufatura por contrato e franquias;
- emissões de GEE de resíduos gerados pela organização, mas administrados por outra organização;
- emissões de GEE das fases de utilização e de final de vida dos produtos e serviços da organização e

- emissões de GEE originadas da produção de matérias-primas ou materiais primários adquiridos.

4.6.2 Emissões Biogênicas

As emissões de CO₂ originadas da combustão de biomassa devem ser quantificadas separadamente.

4.6.3 Discussão

Esta norma possui apenas 20 páginas e não fornece muitos detalhes sobre as melhores práticas para a realização do inventário de emissões. A versão original foi lançada em 2006, ou seja, cinco anos após o lançamento do *GHG Protocol*. As bases desta norma são idênticas ao *GHG Protocol*, não acrescentando nada de novo para a padronização dos inventários.

As definições de limites organizacionais e limites operacionais são idênticas às do *GHG Protocol*. O termo escopo 1, 2 e 3 não aparece na *ISO 14064*, mas são descritos igualmente. Na tentativa de padronizar a elaboração de inventários de emissões de GEE, a ISO publicou essa norma para tentar alinhar o mercado; no entanto, a *ISO 14064* acabou tornando-se apenas mais uma no meio de tantas outras.

Ao contrário do que acontece em outras áreas, a ISO não conseguiu tornar-se “líder de mercado” no ramo das mudanças climáticas e a *ISO 14064* não é o método mais utilizado pelas empresas no Brasil e no mundo. Outra questão que pesa contra as normas ISO é que o acesso às mesmas é pago, ao contrário de todos os outros métodos apresentados no presente estudo, que são abertos e estão disponíveis gratuitamente na internet.

Em relação às emissões biogênicas, fica faltando uma definição do que é considerado biomassa. A indicação de quantificar separadamente as emissões de CO₂ originárias da queima de biomassa é muito simplista. Isto poderia levar ao

entendimento de que, por exemplo, a queima de madeira oriunda de florestas nativas também deve ser quantificada separadamente.

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

O método *PAS 2050:2011* foi lançado pela *British Standards Institution* (BSI) e trata-se de uma especificação aberta, conforme diz o próprio significado de PAS, *Publicly Available Specification*. A primeira versão desse método foi publicada em 2008 e a versão atual é de 2011, referenciada como BSI (2011).

A liberação de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa por meio de ações antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis e emissões de processos químicos, terão efeito no futuro do clima global.

Enquanto as emissões de GEE são geralmente observadas em nível global, nacional, corporativo ou organizacional, emissões dentro desse arranjo podem cruzar fronteiras entre empresas e países por meio da cadeia de suprimentos. As emissões de GEE associadas a bens e serviços refletem o impacto de processos, materiais e decisões tomadas por todo o ciclo de vida desses bens e serviços.

A *PAS 2050* foi desenvolvida em resposta ao desejo de grande parte da comunidade e indústria por um método consistente para avaliação das emissões de GEE ao longo do ciclo de vida de bens e produtos. Estas emissões ocorrem como parte dos processos de criação, transformação, transporte, armazenagem, uso, reciclagem ou disposição final de tais bens e serviços. A *PAS 2050* oferece às organizações um método para proporcionar uma melhor compreensão das emissões de GEE decorrentes de suas cadeias de suprimentos, mas seu principal objetivo é fornecer uma base comum de quantificação de emissões que irá informar e permitir a elaboração de programas de redução de emissões.

Durante os dois primeiros anos de uso, esse método demonstrou ser aplicável de forma geral para uma vasta gama de produtos e serviços, mesmo sem dar tratamento especial a setores em particular. Entretanto, reconhece-se que a

disponibilidade de requisitos suplementares poderia auxiliar na aplicação consistente da *PAS 2050* para produtos de setores específicos.

Este método foca em apenas uma simples categoria de impacto ambiental, as emissões de GEE e a consequente contribuição para as mudanças climáticas, mas esta é apenas uma dentre diversas outras categorias de impacto ambiental existentes. A importância relativa de cada categoria pode variar significativamente de produto para produto, e é importante estar atento que decisões tomadas com base no estudo de apenas uma categoria podem ser prejudiciais para outros impactos ambientais.

A *PAS 2050* é baseada nas normas *ISO 14040* e *ISO 14044*, acrescentando requisitos para a avaliação das emissões de GEE no ciclo de vida de bens e produtos. Tais requisitos esclarecem a implementação das normas ISO em relação à avaliação das emissões de GEE de bens e serviços, e estabelecem princípios e técnicas particulares, incluindo:

- avaliação de dados de emissões de GEE para estudos do tipo “berço ao portão” e “berço ao túmulo”;
- escopo de GEE que devem ser incluídos;
- critérios para os dados do Potencial de Aquecimento Global (PAG) de cada gás;
- tratamento de emissões e remoções pela mudança no uso do solo e fontes de emissão fósseis e biogênicas;
- tratamento do impacto do armazenamento de carbono em produtos e compensação de emissões;
- requisitos para tratamento de emissões de GEE provenientes de processos específicos e
- requisitos de dados e contabilização de emissões de geração renovável de energia.

Um estudo do tipo “berço ao túmulo” inclui as emissões e remoções de GEE de todo o ciclo de vida de um produto. No caso do “berço ao portão”, as emissões e remoções de GEE vão até o ponto onde o produto deixa a organização que está elaborando o estudo e é transferido para uma outra parte.

O método aponta requisitos para a determinação das fronteiras do sistema, as fontes de emissão de GEE associadas com os produtos, os dados necessários para desenvolver a análise e o cálculo dos resultados.

4.7.1 Delimitação de Fronteiras

A *PAS 2050* deve ser aplicada para a contabilização de emissões de GEE de produtos. Dentro desse método, produto é qualquer bem ou serviço, podendo os serviços terem elementos tangíveis e intangíveis. A prestação de serviço pode envolver, por exemplo:

- uma atividade realizada em um produto tangível fornecido pelo cliente (o reparo de um automóvel, por exemplo) e
- uma atividade desenvolvida em um produto intangível fornecido pelo cliente (uma declaração de rendimentos necessária à elaboração de um pedido de restituição de imposto, por exemplo).

A avaliação de emissões e remoções de GEE durante o ciclo de vida de um produto deve incluir os seguintes processos:

- uso de energia (eletricidade, inclusive);
- processos de combustão;
- reações químicas;
- perda para a atmosfera de gases refrigerantes ou outras emissões fugitivas de GEE;
- operações de processos;
- prestação e entrega de serviços;
- uso da terra e mudança no uso da terra;
- produção pecuária e outros processos agrícolas e
- tratamento de resíduos.

A fronteira do sistema do ciclo de vida do produto pode excluir as emissões associadas a:

- energia humana utilizada (no caso de uma fruta ser manualmente colhida, ao invés de ser colhida por máquinas, por exemplo);
- transporte dos consumidores até o local de consumo;
- transporte dos funcionários até o local de trabalho e
- animais prestando o serviço de transporte.

4.7.2 Emissões Biogênicas

O glossário da *PAS 2050* traz algumas definições importantes:

Biogênico: derivado de biomassa, mas não de fontes fósseis ou fossilizadas.

Carbono biogênico: carbono contido na biomassa (para cálculos em acordo com a *PAS 2050*, o CO₂ do ar convertido em “carbonatos não-biomassa” é calculado como carbono biogênico).

Biomassa: material de origem biológica, excluindo-se o material incorporado em formações geológicas ou transformado em fóssil.

Energia renovável: energia proveniente de fontes não fósseis: eólica, solar, geotérmica, ondas, marés, hídrica, biomassa, gás de aterro sanitário, gás de tratamento de esgoto e biogás.

A avaliação de emissões e remoções de um produto deve incluir os GEE provenientes de fontes fósseis e biogênicas para todos os produtos, com exceção de alimentos humanos e ração animal. Para alimentos e ração, as emissões e remoções provenientes de fontes biogênicas que se tornam parte do produto podem ser excluídas. Essa exclusão não se aplica a:

- emissões e remoções de carbono biogênico usado na produção de alimentos e ração (queima de biomassa como combustível, por exemplo), pois esse carbono biogênico não se torna parte do produto;

- emissões de GEE não-CO₂ decorrentes da degradação de resíduos de alimentos e ração, e fermentação entérica e
- qualquer componente biogênico no material que faz parte do produto final, mas não se destina à ingestão (embalagem, por exemplo).

As emissões e remoções provenientes do uso da biomassa (queima de biomassa, biodiesel e bioetanol, por exemplo) devem incluir as etapas de produção do combustível e também da queima do combustível.

4.7.3 Discussão

A *PAS 2050* é o primeiro método publicado destinado especificamente para a contabilização de emissões de GEE de produtos. Ao invés de começar um método a partir do zero, a *PAS 2050* baseia-se na norma *ISO 14040/14044*, amplamente aceita no mundo todo como o padrão básico para estudos de ACV. A grande contribuição da *PAS 2050* é definir algumas diretrizes específicas para a categoria de impacto “mudanças climáticas” dentre diversas categorias analisadas em uma ACV.

O documento traz diversas considerações importantes para a execução de um estudo de ACV focado nessa categoria. Vale destacar as informações específicas sobre: carbono estocado em produtos, mudança no uso do solo, mudança no carbono do solo e compensação de emissões.

O contexto geral da *PAS 2050* é extremamente semelhante à *ISO 14040/14044*; os termos e definições utilizados são praticamente idênticos, o que pode ser considerado um ponto positivo. Aqueles pesquisadores acostumados com a ISO podem utilizar a PAS como um complemento ao conhecimento prévio em ACV.

Em relação às emissões biogênicas, o método determina que sejam consideradas as fontes de emissão e remoção fósseis e biogênicas nos estudos. Como trata-se de um balanço de carbono, as emissões de CO₂ da queima de um biocombustíveis são “anuladas” pelo CO₂ que foi absorvido na etapa de crescimento da planta, o que é bastante razoável.

Levando-se em consideração apenas as informações do glossário, o carbono contido em florestas nativas também é considerado como biomassa; dessa forma, a definição de energia renovável apontaria a queima de madeira proveniente de desmatamento como uma energia renovável, o que não é coerente com os conceitos mais amplamente aceitos.

No entanto, ao deixar claro que a mudança no uso do solo também deve ser considerada, a questão do desmatamento é resolvida e todos os conceitos relacionados a emissões biogênicas acabam de encaixando.

4.8 Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Em maio de 2008, o *GHG Protocol* começou a ser adaptado ao contexto nacional pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (EAESP-FGV) e pelo WRI em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), com o WBCSD e 27 Empresas Fundadoras. Em agosto de 2010, foi publicado o método *Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol*, referenciado como FGV (2010).

A aplicação deste método no Brasil acontece de forma adaptada ao contexto nacional. O Programa Brasileiro organiza grupos de trabalho, junto às empresas participantes, para o aperfeiçoamento da metodologia e desenvolvimento de novas ferramentas para a contabilização de emissões de GEE de acordo com a realidade brasileira.

Esse método é compatível com as normas da ISO e com os métodos de quantificação do IPCC. As informações geradas podem ser aplicadas aos relatórios e questionários de iniciativas como *Carbon Disclosure Project* (CDP), Índice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial (ISE) e *Global Reporting Initiative* (GRI).

A elaboração de inventários corporativos é o primeiro passo para que uma instituição ou empresa possa contribuir para o combate às mudanças climáticas.

Conhecendo o perfil das emissões, a partir do diagnóstico garantido pelo inventário, qualquer organização pode dar o passo seguinte: o de estabelecer estratégias, planos e metas para redução e gestão das emissões de gases de efeito estufa, engajando-se na solução desse enorme desafio para a sustentabilidade global.

A realização de inventários GEE também permite às organizações visualizar oportunidades de novos negócios no mercado de carbono, atrair novos investimentos, ou ainda planejar processos que garantam eficiência econômica, energética ou operacional. Trata-se, portanto, de um primeiro passo para a organização beneficiar-se dessas oportunidades e colaborar para a resolução de problemas na direção de uma nova economia de baixo carbono, em respeito às futuras gerações. Tal ação também demonstra a responsabilidade da empresa com a resolução de problemas que afligem a sociedade como um todo e torna transparente e público seu compromisso.

4.8.1 Delimitação de Fronteiras

O *GHG Protocol Brasil* tem como um dos objetivos oferecer uma clara e adequada distinção entre a contabilização de emissões de GEE de projetos e a de organizações. Entende-se que a contabilização de projetos trata da determinação dos impactos das emissões de GEE dos projetos de mitigação e tem por base uma estrutura diferente daquela do desenvolvimento de um inventário corporativo.

Este método estabelece limites geográficos para os participantes do Programa Brasileiro GHG Protocol. Devem ser incluídas no inventário apenas as fontes de emissões localizadas em território brasileiro. As emissões internacionais podem ser relatadas adicionalmente às emissões nacionais de maneira opcional e separada.

Assim como o *GHG Protocol*, o *GHG Protocol Brasil* traz as mesmas definições para limites organizacionais e limites operacionais. A diferença fica por conta de um detalhe nos limites organizacionais. Ambos fornecem duas abordagens distintas para a consolidação das emissões de GEE: participação societária e controle. No entanto, o controle pode ser definido sob a forma financeira ou

operacional no *GHG Protocol*. No *GHG Protocol Brasil*, o controle só pode ser definido sob a forma operacional.

4.8.2 Emissões Biogênicas

Emissões resultantes da combustão de biomassa devem ser tratadas de forma diferente daquelas provenientes de combustíveis fósseis. O CO₂ liberado na combustão de biomassa é igual ao CO₂ retirado da atmosfera durante o processo de fotossíntese e, dessa forma, é possível considerá-la “carbono neutro”. As emissões de CO₂ advindas da combustão da biomassa devem ser excluídas dos Escopos 1, 2 e 3 e ser reportadas separadamente, requerimento este para prover consistência com o inventário nacional. Por outro lado, as emissões de CH₄ e N₂O não podem ser consideradas neutras, em virtude desses gases não terem sido removidos da atmosfera durante o crescimento da biomassa. Portanto, as emissões de CH₄ e N₂O devem ser incluídas nos escopos.

4.8.3 Discussão

As Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol são uma adaptação do *GHG Protocol* para a realidade brasileira. A maior parte do método coincide com as diretrizes apresentadas pelo *GHG Protocol*. A decisão de apresentar esse método separado do original deve-se ao fato de ser o mais utilizado no Brasil. Algumas pequenas diferenças na interpretação de ambos os métodos pode levar a resultados incompatíveis.

O *GHG Protocol Brasil* é mais específico que o original e fornece uma série de orientações não só para a elaboração do inventário, mas também sobre a participação da empresa no Programa Brasileiro GHG Protocol. É importante deixar claro a diferença entre o Programa Brasileiro GHG Protocol e as Especificações para o Programa Brasileiro GHG Protocol. Enquanto o primeiro trata-se de um programa

de incentivo para a elaboração de inventários corporativos no país, o segundo fornece as diretrizes para a participação nesse programa.

A definição sobre as emissões resultantes da combustão de biomassa esclarece alguns pontos importantes, mas ainda deixa uma grande dúvida em aberto. A falta de uma definição clara sobre o que é biomassa não traz uma resposta sobre como deve ser classificada, por exemplo, a queima de madeira de florestas nativas.

O glossário traz uma definição interessante sobre energia renovável: energia proveniente de fontes inexauríveis (energia eólica, hidrelétrica, solar, geotérmica e biocombustíveis). A definição de biomassa poderia classificá-la como uma energia renovável, ou seja, inexaurível. Dessa forma, o desmatamento claramente não seria classificado juntamente com biomassa, e as emissões provenientes da queima de madeira de florestas nativas deveriam ser contabilizadas junto aos escopos.

4.9 Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions

Este método foi desenvolvido pelo *Department for Environment, Food and Rural Affairs* (DEFRA), em parceria com o *Department of Energy and Climate Change* (DECC), dois departamentos do governo do Reino Unido. A primeira versão foi publicada em setembro de 2009 e nenhuma revisão foi disponibilizada até o momento; a referência desse método é DEFRA (2009).

O método visa dar suporte às organizações do Reino Unido para reduzir suas contribuições às mudanças climáticas. Explica como contabilizar as emissões de GEE e estabelecer metas de redução. O *Guidance do DEFRA* pode ser utilizado por empresas de qualquer porte, pelo setor público e por organizações do terceiro setor.

Contabilizar e relatar as emissões traz benefícios diretos às organizações, por exemplo, a redução no consumo de energia e recursos, um melhor entendimento da exposição aos riscos das mudanças climáticas e uma demonstração de liderança que irá ajudar a fortalecer suas “credenciais verdes” em um mercado cuja consciência ambiental aumenta gradativamente. Um grande número de

organizações está buscando informação sobre emissões de GEE em sua cadeia de fornecedores e, portanto, muitas pequenas empresas estão sendo levadas a contabilizar e relatar as próprias emissões.

As organizações que utilizam este método não são obrigadas a divulgar os resultados para o público em geral, nem para o governo. Essas informações não serão utilizadas para calcular o inventário nacional do Reino Unido. Esse método serve apenas para ajudar as organizações a tomarem medidas para gerenciar e reduzir suas próprias emissões. Como o objetivo principal é que as empresas compreendam quais emissões estão sob sua responsabilidade, elas não precisam se preocupar com a dupla contagem de suas próprias emissões com aquelas relatadas por outras organizações.

O governo do Reino Unido, em 2008, traçou um quadro de como o país irá gerenciar e reagir às ameaças das mudanças climáticas. O governo reconhece que as organizações precisam ter um guia e ferramentas adequadas para contabilizar, gerenciar e reduzir as emissões. A publicação do *Guidance do DEFRA* foi o primeiro passo para o país alcançar suas metas.

Esse método aponta princípios genéricos para mensurar e relatar as emissões de GEE. É baseado no *GHG Protocol*, o que significa que está alinhado com os métodos mais amplamente utilizados no mundo para mensuração e relato voluntário de emissões, como a *ISO 14064*.

4.9.1 Delimitação de Fronteiras

Este método foi projetado para ser utilizado por todo tipo de organização, não apenas grandes empresas, mas também pequenas empresas, por órgãos do governo e por instituições do terceiro setor. O resultado final de um estudo utilizando esse método é a “Pegada de Carbono Corporativa”.

Para calcular as emissões totais de uma empresa, é preciso identificar de quais partes da organização é necessário coletar informações. Quanto mais complexa a estrutura da organização, mais difícil torna-se identificar quem tem a responsabilidade pelas emissões provenientes de diferentes operações. Há três abordagens para identificar quais operações devem ser contabilizadas: participação

societária, controle financeiro e controle operacional. Essa etapa da elaboração do inventário é conhecida como a determinação dos “limites organizacionais”.

Uma vez conhecida as fronteiras da organização, deve-se identificar quais atividades são responsáveis por emissões de GEE. A abordagem mais aceita propõe identificar e categorizar as atividades emissoras em três grupos, conhecidos como escopos. O escopo 1 trata das emissões diretas; o escopo 2 trata das emissões indiretas associadas à compra de eletricidade, calor, vapor e resfriamento; e o escopo 3 trata das outras emissões diretas. Essa etapa é conhecida como a definição dos “limites operacionais”. As emissões do escopo 1 e 2 devem ser, obrigatoriamente, contabilizadas; as emissões do escopo 3 são opcionais.

O período para o qual as informações precisam ser levantadas deve ser adequado às necessidades de reporte interno e externo. Recomenda-se que o período reportado seja de 12 meses e que o ano das emissões coincida com o ano fiscal da empresa.

4.9.2 Emissões Biogênicas

O dióxido de carbono produzido pela combustão de biomassa e biocombustíveis deve ser relatado separadamente dos escopos 1, 2 e 3. O dióxido de carbono produzido pela biomassa e biocombustíveis, não resultante da combustão da biomassa e biocombustíveis (por exemplo, a fermentação industrial), deve ser relatado junto aos escopos.

Isso ocorre porque o dióxido de carbono seria emitido de qualquer maneira quando as plantas, de onde se origina a biomassa, fossem decompostas ao final de suas vidas. Entretanto, outros dois GEE, o metano e o óxido nitroso, geralmente também são emitidos quando a biomassa entra em combustão. Esses gases não seriam emitidos durante a decomposição natural e, portanto, essas emissões devem ser contabilizadas junto aos três escopos.

O glossário do *Guidance do DEFRA* traz as seguintes definições:

Biocombustíveis: combustíveis líquidos ou gasosos, utilizados em meios de transporte, produzidos a partir de biomassa; biomassa é a matéria orgânica com origem em plantas recentes ou animais.

Biomassa: Matéria orgânica não fossilizada e biodegradável com origem em plantas, animais e micro-organismos, incluindo produtos, coprodutos e resíduos da agricultura, silvicultura e indústrias relacionadas, assim como as frações orgânicas não fossilizadas e biodegradáveis de resíduos industriais e municipais, incluindo gases e líquidos recuperados da decomposição de matéria orgânica não fossilizada e biodegradável.

4.9.3 Discussão

O *Guidance do DEFRA* é um método encomendado pelo governo do Reino Unido para auxiliar as empresas a participar de um programa nacional de redução de emissões. O método é totalmente baseado no *GHG Protocol*, utilizando inclusive algumas nomenclaturas idênticas, como: limites organizacionais, limites operacionais, escopo 1, 2 e 3.

O governo desse país, ao invés de adaptar o *GHG Protocol* às suas necessidades, criando uma espécie de *GHG Protocol Britânico*, decidiu usar as mesmas bases e criar um método independente. Dessa forma, o *Guidance do DEFRA* não traz grandes novidades técnicas à ciência de contabilização de emissões de GEE. Na verdade, apenas fornece alguns exemplos de como o *GHG Protocol* deve ser aplicado no Reino Unido.

O glossário traz definições interessantes para biocombustíveis e biomassa, mas deixa algumas lacunas em aberto. A definição de biocombustíveis aponta a sua utilização apenas em meios de transporte. No entanto, o biodiesel, por exemplo, também pode ser utilizado em geradores de energia elétrica, o que não se encaixaria na definição do glossário. Um detalhe da definição de biomassa acrescenta um item importante: “matéria orgânica com origem em plantas recentes ou animais”. Apesar de carecer de um maior detalhamento sobre “plantas recentes”,

pode-se entender que florestas nativas não se encaixam nessa definição e, portanto, o desmatamento deve ser contabilizado junto aos escopos.

Outro item que fica a desejar é a explicação do motivo pelo qual as emissões de biomassa e biocombustíveis devem ser relatadas fora dos escopos. Se a decomposição das plantas de onde se origina a biomassa ocorrer na ausência de oxigênio, ocorrerá a emissão de metano ao invés de dióxido de carbono. Dessa forma, a explicação fornecida acaba não possuindo um forte embasamento científico.

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

O *GHG Protocol para Produtos* foi publicado em outubro de 2011 pelo WRI, em conjunto com o WBCSD. Esse método foi desenvolvido pelas mesmas instituições que publicaram o já mencionado GHG Protocol, mas apresenta o foco da contabilização de emissões nos produtos, ao invés de focar nas empresas. Trata-se da primeira e, por enquanto, única versão do método, referenciada como WRI (2011).

O inventário corporativo de emissões é a ferramenta utilizada para compreender o impacto de emissões de GEE de uma empresa. Permite às empresas conhecer os riscos e oportunidades relacionados às emissões e focar os esforços da empresa nas principais fontes de emissão. Até pouco tempo atrás, as empresas estavam focadas apenas em suas próprias emissões. No entanto, estas mesmas empresas começaram a perceber a necessidade de contabilizar também as emissões ao longo de sua cadeia de valor e de seus produtos a fim de gerenciar riscos e oportunidades.

Com o desenvolvimento do *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*, o *Greenhouse Gas Protocol Initiative* respondeu à demanda por um método internacionalmente aceito para mensurar as emissões de produtos e serviços.

O *GHG Protocol para Produtos* fornece requisitos e orientação para as empresas e outras organizações possam quantificar e publicar um inventário de emissões e remoções de GEE associados a um determinado produto. O objetivo principal desse método é fornecer um quadro geral às empresas para que elas possam fazer escolhas conscientes para reduzir a emissão de GEE de seus produtos.

Esse método foi desenvolvido para empresas e organizações de todos os tamanhos, de todos os setores, em todos os países. Os responsáveis pela políticas públicas e programas voluntários também podem ter interesse em incorporar o método em suas políticas.

O *GHG Protocol*, principalmente no que se refere ao escopo 3, permite às empresas identificarem as maiores oportunidades de redução de emissões de GEE ao longo de toda sua cadeia de valor. O *GHG Protocol para Produtos* possibilita a empresa atingir produtos específicos na identificação do potencial de redução de emissões. A soma das emissões do ciclo de vida de todos os produtos de uma empresa deveria ser aproximadamente igual às emissões corporativas totais da empresa (escopo 1 + escopo 2 + escopo 3). Na prática, não se espera que as empresas façam o cálculo do inventário de ciclo de vida de todos os seus produtos ao finalizar um inventário corporativo.

Uma avaliação dos impactos ambientais de um produto limitada apenas aos GEE possui os benefícios de simplificar a análise e produzir resultados que podem ser claramente comunicados às partes interessadas. A limitação de um inventário apenas com os GEE é que potenciais *trade-offs* ou cobenefícios entre as diversas categorias de impacto ambiental podem ser deixados de lado. Portanto, o resultado desse inventário não pode ser usado para comunicar o desempenho ambiental total de um produto. Outros impactos ambientais que ocorrem durante o ciclo de vida de um produto também devem ser levados em consideração ao tomar decisões para reduzir as emissões de GEE. Exemplos de outras categorias de impacto ambiental significativas são: degradação do ecossistema, depleção de recursos, depleção da camada de ozônio e impactos na saúde humana.

A contabilização de emissões de GEE no ciclo de vida de produtos é um subconjunto da ACV, que visa quantificar e indicar aspectos ambientais e potenciais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto desde a extração da matéria-prima até o descarte dos resíduos. O *GHG Protocol para Produtos* baseia-se

na norma *ISO 14040/14044* e na *PAS 2050* e segue a abordagem atribucional. A abordagem atribucional é definida como o método no qual as emissões e remoções de GEE são atribuídas à unidade de análise do produto estudado, fazendo a ligação de diversos processos atribuíveis ao longo do ciclo de vida.

4.10.1 Delimitação de Fronteiras

Uma das principais etapas na realização do inventário é definir as fronteiras, que identificam quais emissões e remoções deverão ser incluídas no estudo. As empresas devem identificar os processos que estão diretamente ligados ao ciclo de vida do produto em questão e agrupar esses processos em etapas. Esse método identifica cinco etapas genéricas no ciclo de vida de um produto, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7: As cinco etapas do ciclo de vida de um produto

Fonte: Adaptado de WRI (2011)

Alguns serviços, materiais e fluxos de energia não estão diretamente conectados ao produto em estudo durante seu ciclo de vida, pois eles não se tornam parte do produto, não constroem o produto nem carregam o produto durante seu ciclo de vida. Esses são definidos como processos não atribuíveis. As empresas não são obrigadas a incluir esse tipo de processo no estudo. Alguns exemplos são:

- bens de capital (maquinaria, caminhões, infraestrutura);
- atividades e serviços corporativos (pesquisa e desenvolvimento, funções administrativas, departamentos de vendas e marketing);
- transporte do usuário do produto ao local de venda e
- transporte dos funcionários até o local de trabalho.

4.10.2 Emissões Biogênicas

O glossário do *GHG Protocol para Produtos* define:

Biogênico: produzido por organismos vivos ou processos biológicos, mas não fossilizado ou de origem fóssil.

O resultado do inventário deve incluir todas as emissões e remoções incluídas nas fronteiras do estudo: fontes biogênicas, fontes não biogênicas e impactos de mudança no uso do solo.

Emissões biogênicas incluem o CO₂, CH₄ e N₂O que são produzidos como resultado da combustão ou degradação de materiais biogênicos, tratamento de águas residuais e uma variedade de fontes biológicas no solo e na água. Por exemplo, se o papel se degrada num aterro sanitário, o CO₂ e o CH₄ emitidos seriam classificados como emissões biogênicas. Remoções biogênicas são devidas à captação de CO₂ por materiais biogênicos durante a fotossíntese.

Emissões não biogênicas incluem todas as emissões de GEE de materiais não biogênicos (fósseis, por exemplo). Remoções não biogênicas ocorrem apenas quando o CO₂ é removido da atmosfera por produtos não biogênicos durante sua produção ou uso.

4.10.3 Discussão

A *Greenhouse Gas Protocol Initiative* é uma iniciativa extremamente bem sucedida na criação de métodos de contabilização de emissões de GEE. Após 10 anos do lançamento do método para contabilização corporativa, o método para contabilização de produtos foi publicado. Dessa vez, ao invés de ser uma iniciativa pioneira, o *GHG Protocol para Produtos* baseou-se em normas já existentes, como a *PAS 2050*. Esses dois métodos são bastante semelhantes e está ocorrendo uma espécie de “disputa de mercado” entre ambos.

Devido ao seu recente lançamento, este método ainda é pouco utilizado no Brasil. No entanto, muitas empresas já utilizam o *GHG Protocol* corporativo e a tendência é que essas empresas, ao entrarem no ramo da contabilização de emissões de produtos, mantenham-se dentro da mesma iniciativa e comecem a utilizar o *GHG Protocol para Produtos*.

A principal contribuição desse método em relação à *PAS 2050* é o nível de detalhamento fornecido. O *GHG Protocol para Produtos* possui mais do que o triplo de páginas da PAS, conseguindo assim fornecer diretrizes e orientações claras para o usuário que não possui contato prévio com ACV.

Em relação às emissões e remoções biogênicas, não são dadas explicações de por que se deve incluí-las no estudo. No entanto, analogamente à *PAS 2050*, ao incluir as emissões e remoções biogênicas, o balanço de carbono fica corretamente contemplado com essa abordagem.

5 Resultados

A revisão bibliográfica demonstrou a existência de uma grande quantidade de métodos de contabilização de gases de efeito estufa. O presente estudo apontou e analisou os dez métodos encontrados, apresentando similaridades e diferenças entre os mesmos.

Analisando o histórico dos métodos apresentados, é possível traçar uma linha de “evolução” entre eles, conforme proposto pela Figura 8. O *Guidelines do IPCC* marca a criação da linha de métodos que contabilizam emissões de GEE. Por outro lado, a *ISO 14040/14044* marca a criação da linha baseada em ciclo de vida.

Figura 8: Relação entre os dez métodos analisados no estudo

O *Guidelines do IPCC* é um método para a contabilização de emissões de um país, enquanto os métodos que vem abaixo dele (*GHG Indicator*, *GHG Protocol*, *ISO 14064*, *Guidance do DEFRA* e *GHG Protocol Brasil*) são métodos para a contabilização de emissões de uma empresa ou organização. A principal diferença entre o primeiro e os demais é a fronteira utilizada: uma região ou uma corporação.

Na linha baseada em ciclo de vida, os métodos que vem abaixo da *ISO 14040/14044* (*PAS 2050* e *GHG Protocol para Produtos*) diferem do primeiro porque focam em apenas uma categoria de impacto ambiental: mudanças climáticas. No entanto, seguem a lógica do ciclo de vida, contabilizando as emissões de GEE dos produtos do berço ao túmulo.

O método Bilan Carbone fica no meio das duas linhas evolutivas, pois traz princípios baseado no *Guidelines do IPCC* e também na *ISO 14040/14044*. O Bilan Carbone se propõe a quantificar as emissões de regiões, empresas e produtos. Esse método é pouco conhecido no Brasil e, quando utilizado, geralmente fornece informações sobre a contabilização de emissões de produtos.

Com base na análise da delimitação de fronteiras de cada método, o presente estudo propõe a divisão dos métodos existentes para a contabilização de GEE em três grupos: contabilização regional, contabilização corporativa e contabilização de produto.

5.1 Métodos de Contabilização Regional

Os métodos de contabilização regional são indicados para mensurar as emissões de um país, de um estado, de um município ou de qualquer outro tipo de região determinada. A abordagem utilizada é conhecida como *top-down*, na qual os dados são obtidos a partir de valores totais da região, sem o detalhamento setorial.

Para exemplificar, podemos pegar o caso do Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE, elaborado com base no método *IPCC Guidelines*. Para calcular as emissões do setor de transporte aéreo, não é necessário determinar quantos litros de combustível foram queimados em cada viagem realizada pelas companhias aéreas brasileiras. Basta levantar quantos litros

de gasolina de aviação e de querosene de aviação foram consumidos no Brasil em determinado ano, o que pode ser obtido do Balanço Energético Nacional (BEN).

A pesquisa bibliográfica realizada encontrou dois métodos de contabilização regional utilizados no mundo. O primeiro é o *Guidelines do IPCC*, utilizado pela UNFCCC nas negociações climáticas. Embora forneça princípios para a execução de inventários nacionais, também é utilizado para inventários estaduais e municipais. O segundo é o francês *Bilan Carbone*, que apesar de não ser específico para essa finalidade, também se propõe a inventariar emissões de GEE em regiões.

5.2 Métodos de Contabilização Corporativa

A contabilização corporativa é comumente chamada de inventário corporativo de emissões de GEE. Foram encontrados e analisados seis métodos com essa característica no presente estudo.

Historicamente, o GHG Indicator foi o primeiro a colocar essa abordagem na contabilização de emissões de GEE. Posteriormente, foi publicado o GHG Protocol, que acabou tornando-se o mais famoso e mais utilizado método de contabilização corporativa no mundo todo. Três outros métodos foram baseados no GHG Protocol e também possuem como objetivo a contabilização de emissões de empresas: *ISO 14064*, *Guidance do DEFRA* e *GHG Protocol Brasil*. Por último, há o *Bilan Carbone*, que também possibilita a contabilização de emissões de empresas.

Os métodos de contabilização corporativa focam, principalmente, nas emissões ocorridas dentro das fronteiras da empresa. As emissões da cadeia de valor também podem ser levadas em consideração, mas possuem uma menor importância, visto que o relato de tais emissões é considerado opcional na maioria desses métodos.

5.3 Métodos de Contabilização de Produto

A contabilização de emissões de GEE de produtos é comumente chamada de *Pegada de Carbono*. Esse grupo de métodos utiliza o conceito de ciclo de vida, no qual as emissões do produto são contabilizadas do berço ao túmulo do mesmo, ou seja, desde a extração das matérias-primas até a disposição final do produto.

Foram encontrados quatro métodos com essas características. O método original, que dá origem aos demais, é a *ISO 14044/14044*. Esse método aponta princípios e fornece diretrizes para a realização de um estudo completo de ACV, não focando apenas na categoria de impacto ambiental das mudanças climáticas. No entanto, é possível obter a pegada de carbono de um produto utilizando-se apenas esse método.

Baseados na ISO, a *PAS 2050* e o *GHG Protocol para Produtos* foram publicados, restringindo a ACV a apenas uma categoria de impacto ambiental: mudanças climáticas. As bases conceituais são as mesmas da ISO, mas ocorre um aprofundamento nas diretrizes para contabilização de emissões de GEE em produtos. O *Bilan Carbone* também se propõe a contabilizar as emissões de GEE ao longo do ciclo de vida de um produto.

5.4 Resumo da sistematização dos métodos

A classificação dos métodos nos três grupos apresentados teve como base a definição de fronteiras adotada pelos métodos analisados. A Figura 9 apresenta visualmente como foi feita essa classificação, com base na linha evolutiva apresentada anteriormente na Figura 8. O método *Bilan Carbone* foi classificado nos três grupos, pois apresenta as três possibilidades de contabilização.

Figura 9: Sistematização visual dos métodos nos três grupos propostos

A Tabela 2 resume a sistematização proposta no presente estudo, de acordo com as fronteiras adotadas por cada método.

Tabela 2: Sistematização dos métodos nos três grupos propostos

Grupo	Método
Métodos de Contabilização Regional	Guidelines do IPCC
	Bilan Carbone
Métodos de Contabilização Corporativa	GHG Indicator
	GHG Protocol
	ISO 14064
	Guidance do DEFRA
	GHG Protocol Brasil
	Bilan Carbone
Métodos de Contabilização de Produto	ISO 14040/14044
	PAS 2050
	GHG Protocol para Produtos
	Bilan Carbone

5.5 Nível de “popularidade” dos métodos

Em setembro de 2012, os resultados preliminares do presente estudo foram apresentados no III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços, em Maringá (PR). Para avaliar o nível de conhecimento do público presente em relação aos métodos, a seguinte pergunta foi feita aos espectadores durante a apresentação de cada método: “Você conhece ou já ouviu falar deste método?”. É importante ressaltar que o público presente na apresentação (cerca de 50 pessoas) era formado por profissionais relacionados ao tema da ACV, e não necessariamente profissionais relacionados ao tema das mudanças climáticas. O resultado é apresentado na Figura 10:

Figura 10: Nível de “popularidade” dos métodos frente a um público relacionado ao tema da ACV

Era esperado que praticamente todos os presentes conhecessem a *ISO 14040/14044*, a norma que serve como base para a ACV, como realmente aconteceu. O *Guidelines do IPCC* também teve um índice de popularidade de praticamente 100%, o que pode ter ocorrido por dois motivos: as pessoas que trabalham com ACV também trabalham na área de mudanças climáticas ou os espectadores apenas indicaram possuir conhecimento sobre o IPCC, e não necessariamente pelo método em questão.

O que realmente chama a atenção nessa pesquisa é o fato do método *GHG Protocol*, que aparentemente não possui nenhuma relação com ACV, ser conhecido por cerca de 95% dos presentes. Isso indica que as pessoas que trabalham com

ACV possuem um conhecimento razoável sobre um método de contabilização corporativa de emissões de GEE, ou seja, um método que não utiliza a abordagem conhecida como do berço ao túmulo. Esta questão será discutida no seguinte capítulo.

6 Discussão

No capítulo anterior, os dez métodos de contabilização de emissões de GEE foram sistematizados em três grupos, de acordo com as fronteiras adotadas em cada um. No entanto, os métodos de diferentes grupos ainda possuem características em comum.

A diferença mais marcante entre os métodos de contabilização de emissões de GEE de produtos e um estudo de ACV refere-se às categorias de impacto ambiental analisadas. Enquanto os primeiros tratam apenas das Mudanças Climáticas, a ACV considera diversas categorias de impacto. O resultado da ACV é o conjunto dos resultados dos indicadores de cada categoria de impacto ambiental.

Não existe uma definição única de quais categorias devem ser consideradas em um estudo de ACV. Segundo UNEP (2011), as seguintes categorias de impacto ambiental devem ser analisadas em um estudo de ACV:

- mudanças climáticas;
- depleção de recursos naturais;
- uso da terra;
- uso de água;
- toxicidade humana;
- depleção da camada de ozônio;
- criação fotoquímica de ozônio;
- ecotoxicidade;
- eutrofização;
- acidificação e
- perda de biodiversidade.

Desta maneira, alguns especialistas classificam a pegada de carbono como um estudo reduzido de ACV. No entanto, outros especialistas acreditam que, dado o caráter sistêmico da ACV, tal caso não poderia ser chamado de estudo de ACV. Em suma, a pegada de carbono utiliza o conceito de ciclo de vida para contabilizar as emissões de GEE de um produto, podendo ser considerada um recorte da ACV.

Existe também uma forte relação entre os métodos de contabilização corporativa e os de produtos. Segundo WRI (2011), a soma das emissões de GEE do ciclo de vida de todos os produtos de uma empresa deve ser igual à emissão corporativa total da empresa (emissões diretas + indiretas). Essa premissa é bastante razoável, visto que todos os esforços e atividades de uma empresa estão relacionados à disponibilização de um produto para o consumidor final ou à prestação de um serviço.

Seguindo essa linha de raciocínio, podemos concluir que a pegada de carbono dos produtos de uma empresa poderia ser obtida por meio da repartição das emissões de GEE totais da empresa entre cada um dos seus produtos. Este procedimento, no contexto de estudos de ACV, é conhecido como alocação. Essa repartição não deve ser feita apenas dividindo-se as emissões totais da empresa pelo número de produtos fabricados em um determinado período. A partição deve ser feita de maneira a refletir relações físicas entre os produtos (por exemplo, massa ou volume) ou proporcionalmente ao valor econômico dos produtos.

Para que os conceitos apresentados nos dois parágrafos anteriores sejam verdadeiros, é imprescindível que TODAS as emissões de GEE de uma empresa sejam contabilizadas. Utilizando-se a nomenclatura do *GHG Protocol*, todas as emissões de escopo 1, 2 e 3 devem ser quantificadas, incluindo todas as categorias de escopo 3 existentes. Tanto o escopo 3 do *GHG Protocol* quanto o *GHG Protocol para Produtos* utilizam a abordagem de ciclo de vida para contabilizar as emissões de GEE. A principal diferença é que o escopo 3 quantifica as emissões da cadeia de valor no nível corporativo, enquanto o *GHG Protocol para Produtos* quantifica as emissões ao longo do ciclo de vida de produtos individualmente.

A Figura 11 evidencia essa relação existente entre os métodos de contabilização corporativa e os métodos de contabilização de produtos.

Figura 11: Relação existente entre os métodos de contabilização corporativa e os métodos de contabilização de produtos

Fonte: Adaptado de WRI (2011)

É importante deixar claro que contabilizar as emissões totais de GEE de uma empresa e depois alocar essas emissões entre os produtos não é uma forma eficiente para calcular a pegada de carbono de cada produto da empresa. Esse cenário é condizente na teoria, mas não funcionaria bem na prática, pois a alocação poderia se tornar impraticável.

Os métodos de contabilização regional, aparentemente, ficam bastante distantes do conceito de ciclo de vida, pois quantificam as emissões de GEE provenientes de um país, de um estado ou de um município. No entanto, é possível tentar entender o motivo das atividades emissoras de um país.

Uma visão simplificada poderia supor que a somatória das emissões diretas de todas as empresas do Brasil poderia levar ao mesmo resultado do inventário nacional (**hipótese 1**). Para corroborar ou refutar essa hipótese, devemos analisar a Figura 2 (página 21), apresentada na análise do método *Guidelines do IPCC*.

O item “Transporte rodoviário” contempla as emissões dos combustíveis queimados em carros, motos, caminhões, ônibus e outros veículos terrestres. Parte da frota de carros e motos não pertence a nenhuma empresa, mas sim a pessoas físicas. Dessa forma, essas emissões não estariam contabilizadas nas emissões diretas de nenhuma empresa. Analogamente, as emissões das aeronaves de pessoas físicas são classificadas como “Transporte aéreo” em inventários nacionais e as emissões das embarcações pertencentes às pessoas físicas devem ser classificadas como “Transporte hidroviário”.

Outro exemplo são as emissões decorrentes do setor “Mudança do Uso da Terra e Florestas”. Grande parte das emissões desse setor no Brasil é proveniente do desmatamento ilegal da Amazônia. Essa atividade, pelo fato de ser ilegal, provavelmente não seria contabilizada nas emissões diretas de nenhuma empresa. É possível citar outros exemplos que refutam a hipótese 1: as emissões provenientes da queima de gás natural ou GLP para o preparo de refeições em uma residência e as emissões relacionadas à agricultura de subsistência também não seriam encontradas nas emissões diretas de nenhuma empresa, mas devem fazer parte de um inventário nacional.

Tendo refutado a hipótese 1, é possível criar um cenário alternativo no qual a somatória de atividades descentralizadas coincide com o total de emissões de uma determinada região. Com base nas premissas que refutaram a hipótese 1, pode-se concluir que: a soma das emissões diretas de todas as empresas, incluindo as atividades ilegais, com as emissões diretas de todos os domicílios, incluindo suas atividades ilegais, totaliza as emissões de GEE de uma determinada região (**hipótese 2**).

Por domicílio, entende-se a casa de residência, habitação, morada, lugar em que se reside com permanência. Nenhum método apresentado fornece diretrizes para contabilizar as emissões de GEE de um domicílio. Essa quantificação seria feita adaptando-se os métodos de contabilização corporativa. As emissões diretas de um domicílio seriam, entre outras:

- queima de combustíveis fósseis para o preparo de alimentos em fornos e fogões convencionais, como o gás natural e o GLP;
- queima de carvão vegetal para o preparo de alimentos em uma churrasqueira;
- queima de lenha para o preparo de alimentos em um fogão a lenha;

- utilização de combustíveis fósseis e renováveis em veículos de propriedade de um dos moradores do domicílio, como carros, motos, aeronaves e embarcações;
- utilização de fertilizantes nitrogenados na agricultura de subsistência;
- fermentação entérica de gado utilizado para subsistência;
- mudança do uso do solo, ocorrida de modo legal ou ilegal, dentro de um domicílio com finalidade não comercial e
- emissão de CO₂ e CH₄ proveniente de composteira doméstica.

O presente estudo não possui nenhuma pretensão de indicar as bases para a elaboração de um método de contabilização residencial; os conceitos apresentados servem apenas para tentar corroborar a hipótese 2. Esta, obviamente, não é a maneira ideal para contabilizar as emissões de um país, pois se trata de uma abordagem conhecida como *bottom-up*, na qual as emissões de pequenas atividades descentralizadas são agregadas para se obter as emissões de uma grande atividade ou região. Os métodos indicados para a contabilização de emissões regionais utilizam a abordagem *top-down*, reunindo informações já agregadas em relatórios dos mais diversos setores da economia.

Não sendo encontradas razões para refutar a hipótese 2, adota-se como verdadeira a premissa de que as emissões totais de uma determinada região podem ser obtidas por meio da soma das emissões diretas de todas as empresas, organizações e domicílios da região, incluindo as atividades ilegais. A Figura 12 apresenta visualmente a hipótese 2, apontando a relação existente entre os métodos de contabilização corporativa e os métodos de contabilização regional.

Figura 12: Relação entre os métodos de contabilização corporativa e os métodos de contabilização regional

Baseado nas premissas e conceitos utilizados neste capítulo, é possível evidenciar que existe uma relação entre os três grupos de métodos apresentados. Utilizando a ótica do ciclo de vida, podemos perceber que as atividades de uma empresa só existem para a criação de um produto ou para a prestação de um serviço. Ainda, as atividades emissoras de um país são realizadas por empresas ou por domicílios. Lembrando que a ACV é baseada na função exercida por um produto, pode-se extrapolar esse conceito e inferir que as emissões corporativas e regionais estão, em seu nível mais inferior, ligadas à funções exercidas por produtos.

Finalmente, estando os três grupos relacionados intimamente entre si, torna-se bastante claro o fato dos profissionais ligados ao tema do ciclo de vida possuírem um nível de conhecimento razoável também sobre os métodos de contabilização regional e corporativo.

7 Conclusões

O presente estudo identificou e analisou dez métodos utilizados para a contabilização ou quantificação de emissões de gases de efeito estufa. Foi feita uma classificação desses métodos, etapa designada como sistematização dos métodos. Tal sistematização foi feita de acordo com a definição de fronteiras adotada pelos métodos, criando-se três grupos: Métodos de Contabilização Regional, Métodos de Contabilização Corporativa e Métodos de Contabilização de Produto. Apesar dessa divisão não ter sido encontrada na literatura, os especialistas da área costumam discutir estes conceitos entre si, ainda que de uma forma pouco sistêmica.

Os três grupos de métodos possuem forte relação entre si. Conforme apresentado nas discussões, a somatória das emissões do ciclo de vida de todos os produtos de uma organização representa o total das emissões diretas e indiretas da organização. Por outro lado, a soma das emissões diretas de todas as organizações e domicílios de uma região, incluindo as atividades ilegais, representam as emissões totais da região.

O resultado de estudos utilizando métodos diferentes não pode ser comparado. No caso de contabilização de produtos, por exemplo, o consumidor final pode encontrar dois produtos concorrentes nas gôndolas de um supermercado, cada um com a respectiva pegada de carbono calculada por diferentes métodos. Apesar de não serem comparáveis, o consumidor desconhece este fato e poderá basear-se apenas em um número escrito no rótulo para julgar qual produto possui o menor impacto ambiental. Com a crescente consciência ambiental da população, é importante que a informação chegue de forma clara e consistente ao cidadão comum, para que ele possa fazer escolhas de acordo com estudos elaborados sob os mesmos critérios. O consumidor tem papel fundamental nessa cadeia de desenvolvimento sustentável, e ele precisa ser abastecido com informação útil e de qualidade.

Dessa forma, o presente estudo sugere a adoção, em nível nacional, de apenas um método dentro de cada grupo para ser utilizado para a contabilização de emissões de GEE. Essa unificação seria benéfica para todos os envolvidos no processo, desde os profissionais que elaboram tais estudos até os tomadores de

decisão, que podem ser governantes, diretores de empresas ou até mesmo o consumidor final.

A análise e sistematização dos métodos apresentados nessa dissertação pode servir como base para tomadores de decisão na criação de políticas públicas nacionais e subnacionais. O Brasil lançou em 2008 o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, propondo fortes reduções nas emissões de GEE para os próximos anos. Em São Paulo, foi criada a Política Estadual de Mudanças Climáticas em 2009, também prevendo reduções. No entanto, nenhuma das duas aponta quem será responsável pelas reduções e nem qual método será utilizado para mensurar as emissões de GEE ano após ano. Espera-se que o presente estudo forneça um conjunto de informações básicas para dar início a essas definições.

8 Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14064-1:2007**. Gases de efeito estufa. Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. 2007.

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14044:2009**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. 2009b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 08 fev. 2013.

ADEME – AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ENERGIE. **Bilan Carbone: Companies – Local Authorities – Regions**. Methodology guide: objectives and accounting principles. Versão 6.1. França: 2010.

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

BSI - THE BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Sobre Normas. Disponível em: <<http://www.bsibrasil.com.br>>. Acesso em: 08 fev. 2013.

BUNGE, M. **Epistemologia**: curso de atualização. São Paulo: EDUSP, 1980.

DEFRA - DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions.** Londres: 2009.

FGV - FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol.** Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Segunda edição. São Paulo: 2010.

GAZZONI, D. L. **Balanço de emissões de CO₂ por biocombustíveis no Brasil:** histórico e perspectivas. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 101 p.

IBICT - INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Brasília. Comunidade ACV. Disponível em: <<http://acv.ibict.br>>. Acesso em: 11 jan. 2012.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Definições de Regulamento Técnico, Norma e Procedimento de Avaliação da Conformidade. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 08 fev. 2013.

IPAM - INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. Brasília. ABC do Clima. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/abc/mudancas>>. Acesso em: 26 set. 2011.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Japão: IGES, 1996.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Japão: IGES, 2006.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra, Suíça: 2007. 104p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

MARZULLO, R. C. M. **Análise de ecoeficiência dos óleos vegetais oriundos da soja e palma, visando a produção de biodiesel**. 2007. 302 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: 2010. 520p.

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Brasília. Programa Nacional de Mudanças Climáticas. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/77650.html>>. Acesso em 22 dez. 2011.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Washington, DC. 2009: Second Warmest Year on Record; End of Warmest Decade. 2010. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/temp-analysis-2009.html>>. Acesso em: 26 set. 2011.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. Parcerias Estratégicas, Brasília, n. 12, p. 239-258, setembro 2001.
STERN, N. **The Stern Review**. The Economics of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra: Janeiro 2007. 712p.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **The GHG Indicator**. UNEP Guidelines for Calculating Greenhouse Gas Emissions for Businesses and Non-Commercial Organisations. Genebra, Suíça: 2000.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Guidance Principles for Life Cycle Assessment Databases**. A Basis for Greener Processes and Products. Paris, França: 2011.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **The Greenhouse Gas Protocol**. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. Washington, DC: 2004a.

WRI – WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Protocolo de Gases com Efeito de Estufa**. Normas Corporativas de Transparência e Contabilização. Edição Revista. Portugal: 2004b.

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