

ELIANA BOAVENTURA BERNARDES MOURA ALVES

**INVENTÁRIO E NEUTRALIZAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE
EFEITO ESTUFA: AVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE
DE CÁLCULO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A474i
2018
Alves, Eliana Boaventura Bernardes Moura, 1989-
Inventário e neutralização de emissões de gases de efeito estufa :
avaliação e desenvolvimento de software de cálculo / Eliana
Boaventura Bernardes Moura Alves. - Viçosa, MG, 2018.
xiv, 153 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Mudanças climáticas. 2. Gases estufa - Medição. 3. Mercado
de emissão de carbono. 4. Software - Desenvolvimento. 5. Efeito estufa
(Atmosfera). I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Florestal. Doutorado em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 22. ed. 634.911183

ELIANA BOAVENTURA BERNARDES MOURA ALVES

**INVENTÁRIO E NEUTRALIZAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE
EFEITO ESTUFA: AVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE
DE CÁLCULO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2018.



Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres
(Coorientador)



Daniel Brianezi



Gumercindo Souza Lima



Ricardo Ribeiro Alves



Laércio Antônio Gonçalves Jacovine
(Orientador)

Em especial aos meus pais, irmã e esposo, por me ajudarem a acreditar que tudo converge para o bem e sem os quais a concretização deste trabalho faria menos sentido.

Dedico com todo meu amor!

AGRADECIMENTOS

“O meu maior respeito e minha máxima admiração vai para todos os engenheiros, especialmente o maior de todos: Deus”. Por expressar-se tão claramente em minha vida, por zelar por mim, mesmo quando eu não fiz as melhores escolhas, e por Seu amor misericordioso e libertador.

Aos meus pais, Eliton e Ana Maria, meus primeiros e constante educadores, por serem a base da minha história e por me amarem incondicionalmente. Um amor que nunca hesitou em me apoiar na concretização dos meus sonhos, mesmo quando os deles precisavam ser adiados, mas fundamental para que eu conseguisse “voar” no caminho do bem.

À Mariana, minha irmã, que veio e permanece com a missão de transformar e alegrar minha vida. Pelo seu companheirismo e cuidado constantes, por sua amizade e admiração, que me fortalecem no seguimento de minha caminhada.

Ao meu amado Robson, pelas tantas vezes que acreditou em mim, muito mais do que eu mesma era capaz. Pela escolha de compartilhar comigo não somente nossos sonhos, mas também os momentos de luta. Por me encorajar todos os dias e ser presença de Deus em minha vida.

Aos meus avós, pelo exemplo de humildade e fé. Especialmente, ao vovô Zezé (*in memoriam*), pelo intenso carinho em nossos poucos anos de convivência, cuja lembrança de seu amor me faz crer que cada conquista minha seria fonte de alegria e gratidão. À vovó Selma, por possibilitar uma infância cheia de boas lembranças e pelas orações constantes. Ao vovô Xandico e a vovó Neném, pelas palavras recheadas de experiência que sempre permeiam nossos encontros e pela vida simples na roça, fatos que fizeram total diferença na escolha e no seguimento de minha graduação. Aos demais familiares, que, mesmo distantes, se fazem tão presentes e se orgulham de minhas conquistas.

À “família Alves”, em especial à Dona Neide, ao Padilha, aos meus cunhados Ricardo, Ronaldo, Andréa e respectivos familiares, pelo acolhimento, carinho e respeito.

Ao orientador e amigo, Prof. Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, pela confiança e pelas oportunidades. Acima de tudo, por ser um profissional inspirador, que acolhe as particularidades de seus alunos e potencializa suas capacidades.

Ao amigo, Prof. Carlos M. M. E. Torres, que coorientou este trabalho com dedicação e zelo, pelo auxílio no aprimoramento e colaboração ao longo do desenvolvimento desta tese.

À solicitude dos professores em participarem da banca: Daniel Brianezi, pela condução inicial das atividades do Programa Carbono Zero e pelo apoio no início de minha atuação; Gumercindo Souza Lima, pela concepção do Programa e pela constante disponibilidade; e Ricardo Ribeiro Alves, pelos valiosos conselhos e por suscitar o desejo de realização de muitas pesquisas.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pelo suporte técnico-científico. A todos os professores e demais funcionários do DEF, pelo aprendizado não somente técnico, mas também pelo senso de cuidado e responsabilidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo aporte financeiro e fomento à pesquisa científica.

A absolutamente todos os membros do Grupo de Estudos em Economia Ambiental e Manejo Florestal (GEEA) por tornarem tão prazerosos nossos momentos de trabalho. Em especial, àqueles que auxiliaram ainda mais diretamente no desenvolvimento deste estudo, Gustavo e Lauana. Aos demais amigos da Pós-graduação, Bruno, Indira, Paulo, Samuel e Valéria, por dividirmos tantas experiências. Ao Vicente, pela condução conjunta do Programa Carbono Zero, aos bolsistas, em especial, Camila, Karina, Klisman, Mirza, Paula e Tamara, e demais estagiários e colaboradores, por atuarem brilhantemente neste valioso meio de aprendizagem.

À “família Pequena Via”, especialmente pela espiritualidade de Santa Teresinha, que me faz a cada enxergar as circunstâncias por meio de novos olhares. Aos amigos dessa Fraternidade, pela convivência, pelas orações e por serem “âncora” em minha vida.

A todos aqueles que, mesmo das formas mais simples, contribuíram para a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

Minha gratidão!

Quem se arrisca a andar por ares nunca antes respirados ou pensar fora da curva tem grandes chances de encontrar pedras no caminho. No entanto, ninguém é digno de contribuir para a ciência se não usar suas dores e insônias nesse processo. Não há céu sem tempestade. Risos e lágrimas, sucessos e fracassos, aplausos e vaias fazem parte do currículo de cada ser humano, em especial daqueles que são apaixonados por produzir novas ideias.

Augusto Cury

*Se você não puder ser um pinheiro no topo da colina,
Seja um arbusto no vale, mas seja o melhor arbusto à margem de um regato.
Seja um ramo, se não puder ser uma árvore.
Se não puder ser um ramo, seja um pouco de relva e dê alegria a algum caminho.
Se não puder ser almíscar, seja então apenas uma tília,
Porém a tília mais viva do lago!
Não podemos ser todos capitães, temos de ser tripulação.
Há alguma coisa para todos nós aqui.
Há grandes obras e outras menores a realizar e é a próxima a tarefa que temos que empreender.
Se você não puder ser uma estrada, seja apenas uma trilha.
Se não puder ser o Sol, seja uma estrela.
Não é pelo tamanho que terá êxito ou fracasso,
Mas seja o melhor do que quer que você seja!*

Douglas Malloch

BIOGRAFIA

ELIANA BOAVENTURA BERNARDES MOURA ALVES, filha de Eliton Bernardes Moura e Ana Maria Boaventura Bernardes, nasceu em 30 de janeiro de 1989, na cidade de Patos de Minas, Minas Gerais.

Em 2006, concluiu o Ensino Médio no Colégio Equipe, em Patos de Minas, Minas Gerais.

Em março de 2007, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o em novembro de 2012.

Nesse mesmo mês e ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da UFV, em nível de Mestrado, defendendo sua dissertação, intitulada “Mudanças climáticas: percepção do produtor, balanço de carbono em propriedades rurais e neutralização de evento da Universidade Federal de Viçosa”, em julho de 2014.

Em agosto desse mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Ciência Florestal da UFV, submetendo-se à defesa da tese em fevereiro de 2018.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO 1	5
REGISTRO PÚBLICO DE EMISSÕES DO PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL: ANÁLISE DOS INVENTÁRIOS PUBLICADOS ENTRE 2012 E 2016.....	5
RESUMO	5
CHAPTER 1.....	7
PUBLIC REGISTRY OF EMISSIONS FROM BRAZILIAN GHG PROTOCOL PROGRAM: ANALYSIS OF INVENTORIES PUBLISHED BETWEEN 2012 AND 2016	7
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
3. RESULTADOS.....	15
4. DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2	33
CALCULADORAS BRASILEIRAS DE CARBONO: ABORDAGENS COMPARATIVAS E IMPLICAÇÕES DO USO DA FERRAMENTA.....	33
RESUMO	33
CHAPTER 2.....	35
BRAZILIAN CARBON CALCULATORS: COMPARATIVE APPROACHES AND IMPLICATIONS OF USING THE TOOL	35
ABSTRACT	35
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAL E MÉTODOS	39

3. RESULTADOS	43
3.1. Análise qualitativa dos dados de entrada e saída das calculadoras	43
3.2. Análise quantitativa dos fatores de emissão adotados.....	47
3.3. Análise quantitativa dos fatores de remoção e valores associados às alternativas de neutralização	49
4. DISCUSSÃO	52
5. CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS	60
CAPÍTULO 3	64
SOFTWARE PARA INVENTÁRIO E NEUTRALIZAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: DESENVOLVIMENTO E POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO.....	64
RESUMO	64
CHAPTER 3.....	65
INTEGRATED SOFTWARE FOR INVENTORY AND OFFSETTING OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS: DEVELOPMENT AND APPLICATION POSSIBILITIES.....	65
ABSTRACT	65
1. INTRODUÇÃO	66
2. MATERIAL E MÉTODOS	69
2.1. Bases e contextualização para construção do software	69
2.2. Aspectos gerais teóricos e operacionais do software	70
2.3. Síntese das informações técnicas de desenvolvimento do software.....	72
3. RESULTADOS	73
4. DISCUSSÃO	83
5. CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS	91
CONCLUSÕES GERAIS	96
APÊNDICES	97
APÊNDICE A – Indicadores de intensidade carbônica (emissão relativa).....	98

APÊNDICE B – Análise quantitativa das fontes emissoras e estatísticas descritivas associadas aos Fatores de Emissão (FE)	111
APÊNDICE C – Telas do sistema individual do software <i>CZ 1.0</i>	119
APÊNDICE D – Telas do sistema eventos do software <i>CZ 1.0</i>	128
APÊNDICE E – Telas do sistema rural do software <i>CZ 1.0</i>	138

RESUMO

ALVES, Eliana Boaventura Bernardes Moura, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Inventário e neutralização de emissões de gases de efeito estufa: avaliação e desenvolvimento de software de cálculo.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Coorientador: Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres.

Em virtude da observância de impactos ambientais, econômicos e sociais gerados ou previstos para ocorrer em função das mudanças climáticas, o Brasil possui papel de destaque em relação às ações, voluntárias ou não, nos âmbitos individual e coletivo, privado e governamental. No entanto, juntamente com a ascensão de iniciativas que possibilitem a quantificação das fontes emissoras e de remoção de Gases de Efeito Estufa (GEE), cresce também a preocupação com a confiabilidade dos dados e metodologias disponibilizadas. Dentre as intercorrências presentes nos mecanismos e ferramentas de cálculo já existentes, enfatiza-se inadequações metodológicas em geral, como a falta de atualização frequente dos fatores de conversão e a não adaptabilidade das variáveis e dos parâmetros à realidade do Brasil, o que justifica a relevância do presente trabalho. Assim, objetivou-se com o estudo avaliar iniciativas de realização de inventário e neutralização de emissões de GEE e desenvolver um software integrado de cálculo. Independente da iniciativa, uma ação básica no processo decisório de gestão das emissões é a realização do inventário de GEE. A nível organizacional, um exemplo são os inventários corporativos de GEE disponibilizados pelo Programa Brasileiro GHG Protocol e, em âmbito individual, as calculadoras online de carbono. No intuito de avaliar as inconsistências que podem ser apresentadas em iniciativas de cálculo de emissões e compensação, além da crescente demanda por ferramentas que forneçam estimativas de maneira prática e consistente, a tese foi composta por três capítulos específicos. No primeiro capítulo objetivou-se avaliar os inventários publicados no registro público de emissões do Programa Brasileiro GHG Protocol entre 2012 e 2016. Diante das análises, observou-se que organizações de diferentes portes publicam seus inventários no Programa e uma maior contribuição dos setores de Indústrias extrativas e de transformação tanto no montante das emissões absolutas quantificadas, como também no valor total removido. Constatou-se também que os setores associados à prestação de serviços, apesar de possuírem a maior participação no PIB brasileiro, apresentam a menor

contribuição em termos de emissões absolutas. Em geral, foi observado que as organizações estão mais comprometidas com a credibilidade de seus inventários, porém, ainda sim faz-se necessária uma reavaliação do Programa no sentido da não obrigatoriedade de relato de alguns itens do inventário e suscitar uma maior padronização dos indicadores das emissões relativas. O foco do segundo capítulo foi avaliar as calculadoras individuais de carbono disponibilizadas em *websites* do Brasil. A partir de uma análise qualitativa e quantitativa dessas ferramentas, verificou-se uma ampla variabilidade nos dados de entrada, nos fatores de conversão e, conseqüentemente, nos resultados gerados. Observou-se também que os plantios de neutralização são a alternativa de compensação mais adotada, mesmo custando mais ao usuário. Por fim, a complexidade da interface gráfica de ferramentas deste tipo, associado ao déficit de parâmetros relevantes para cálculo das estimativas e à crescente demanda por ferramentas que podem ser aplicadas a distintas atividades, justificam o desenvolvimento de um novo sistema. Diante disso, a proposta com o último capítulo foi desenvolver um software integrado para inventário de emissões de GEE e neutralização de carbono em três níveis de cálculo: individual, eventos e propriedade rural. Assim, foi desenvolvido o software *CZ 1.0* que apresenta distintos diferenciais e amplas possibilidades de aplicações frente a outras ferramentas já existentes. A oportunidade de utilização dos sistemas por usuários com diferentes níveis de conhecimento sobre os dados a serem fornecidos e a interface que facilita a comunicação entre o usuário e o software, podem contribuir para o aprimoramento de ações já realizadas e o balizamento de novas iniciativas. Em geral, concluiu-se que a confiabilidade dos dados e das metodologias disponibilizadas reforçam o empenho que deve ser tomado diante de iniciativas em relação às ações que promovam o inventário e a neutralização de emissões de GEE e quanto ao desenvolvimento de novas ferramentas. As inconsistências verificadas nos inventários e nas ferramentas de cálculo podem afetar a credibilidade dessas iniciativas. Em virtude da contribuição de medidas com potencial de mitigação das mudanças climáticas, como o GHG Protocol e as calculadoras de carbono, o aprimoramento dos métodos oportuniza a adoção de ações mais focadas e uma melhor gestão das emissões de GEE. A manutenção de práticas como essas, assim como a difusão de novos mecanismos, devem ser fundamentados em métodos e diretrizes que favoreçam a minimização de erros e incertezas. Melhorias na consistência e clareza dessas iniciativas propiciam benefícios ainda maiores e

possibilitam análises ainda mais aprofundadas, o que favorece o empenho de indivíduos e organizações diante dos esforços para minimização dos problemas associados às alterações no clima.

ABSTRACT

ALVES, Eliana Boaventura Bernardes Moura, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Inventory and offsetting of greenhouse gas emissions: evaluation and development of calculation software.** Advisor: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Co-advisor: Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres.

Due to the observance of environmental, economic and social impacts generated or expected to occur because of climate change, Brazil has a prominent role in relation to actions, whether voluntary or not, at the individual, collective, private and governmental levels. However, with the rise of initiatives that enable the quantification of emission sources and removal of Greenhouse Gases (GHG), there is also growing a concern about the reliability of the data and methodologies available. Among the interferences present in the existing mechanisms and calculation tools, methodological inadequacies are emphasized in general, such as the lack of frequent updating of the conversion factors and the non-adaptability of variables and parameters to the Brazilian reality, which justifies the relevance of the present study. Thus, the objective of this study was to evaluate initiatives for inventory and offsetting of GHG emissions and to develop an integrated calculation software. Regardless of the initiative, a basic action in the decision making process of emissions management is the realization of the GHG inventory. At the organizational level, an example is the corporate GHG inventories made available by the Brazilian GHG Protocol Program and, at an individual level, the online carbon calculators. In order to evaluate the inconsistencies that can be presented in initiatives to calculate emissions and offsetting, in addition to the growing demand for tools that provide estimates in a practical and consistent manner, the thesis was composed of three specific chapters. In the first chapter the objective was to evaluate the inventories published in the public registry of emissions of the Brazilian GHG Protocol Program between 2012 and 2016. In view of the analysis, it was observed that organizations of different sizes publish their inventories in the Program and a greater contribution is from the Extractive industries and of transformation sectors, both in the amount of absolute quantified emissions and in the total value removed. It was also observed that the sectors associated with the provision of services, despite having the largest share of Brazilian GDP (Gross Domestic Product), show the lowest contribution in terms of absolute emissions. In general, it was observed that the organizations are

more committed to the credibility of their inventories, however, a reassessment of the Program is still necessary in order not to oblige the reporting of some items of the inventory and to raise the standardization of the relative emission indicators. The focus of the second chapter was to evaluate individual carbon calculators made available on Brazilian websites. From a qualitative and quantitative analysis of these tools, there was a wide variability in the input data, the conversion factors and, consequently, the generated results. It was also observed that offsetting plantations are the most widely used offsetting alternative, even though it costs more to the user. Finally, the complexity of the graphical interface of tools of this type, coupled with the lack of relevant parameters to calculate the estimates and the increasing demand for tools that can be applied to different activities, justify the development of a new system. Therefore, the proposal with the last chapter was to develop an integrated software for the inventory of GHG emissions and carbon offsetting in three levels of calculation: individual, events and rural property. Thus, *CZ 1.0* software was developed which presents distinct differentials and wide possibilities of applications compared to other existing tools. The opportunity to use the systems by users with different levels of knowledge about the data to be provided and the interface that facilitates communication between the user and the software can contribute to the improvement of actions already taken and the marking of new initiatives. In general, it was concluded that the reliability of the data and methodologies made available reinforces the commitment that must be made to initiatives in relation to actions that promote the inventory and GHG emissions offsetting and the development of new tools. The inconsistencies found in inventories and calculation tools can affect the credibility of these initiatives. Due to the contribution of measures with climate change mitigation potential, such as the GHG Protocol and carbon calculators, the improvement of methods facilitates the adoption of more focused actions and better management of GHG emissions. The maintenance of practices such as these, as well as the diffusion of new mechanisms, must be based on methods and guidelines that favor the minimization of errors and uncertainties. Improvements in the consistency and clarity of these initiatives provide even greater benefits and enable even more in-depth analysis, which favors the commitment of individuals and organizations to efforts to minimize the problems associated with climate change.

INTRODUÇÃO GERAL

As emissões antropogênicas de Gases de Efeito Estufa (GEE), conduzidas majoritariamente pelo crescimento econômico e populacional, aumentaram desde a era pré-industrial e, muito provavelmente, são responsáveis pelas mudanças climáticas (IPCC, 2013). Diante da iminência de consequências irreparáveis associadas às alterações no clima, muitas ações, voluntárias ou não, nos âmbitos individual e coletivo, privado e governamental, estão sendo tomadas.

Uma iniciativa básica adotada por diversas pessoas e organizações para auxiliar no enfrentamento das mudanças climáticas é a elaboração do inventário de emissões de GEE. O inventário é um relatório que consta todas as fontes e sumidouros desses gases, ou seja, as unidades físicas ou processos que, respectivamente, liberam ou removem GEE na, ou da, atmosfera (ABNT, 2007). O inventário é uma relevante ferramenta no processo de gestão das emissões de GEE. Uma vez que se tem conhecimento do perfil emissor de determinada atividade vinculado à sua contribuição para as mudanças climáticas, torna-se possível um posicionamento mais consistente da própria organização, bem como de outras entidades, frente às atividades com maior potencial de emissão e remoção.

Outra estratégia complementar para reduzir e gerenciar os riscos das mudanças climáticas se baseia na adoção de medidas de mitigação. Esta iniciativa consiste em uma intervenção humana capaz de reduzir as emissões por fontes de GEE e aumentar as remoções por sumidouros de carbono (IPCC, 2014). Além da redução das emissões, as ações de neutralização de carbono são uma ferramenta que vem sendo adotada por indivíduos e organizações que visam a compensação das emissões de GEE de suas atividades e, portanto, auxiliam na atenuação das mudanças climáticas.

Além da consciência ambiental diante das causas e consequências associadas às alterações no clima, outras podem ser as motivações que levam os indivíduos e organizações a adotarem iniciativas de inventário e neutralização de emissões de GEE. A busca por vantagem competitiva, por fontes de financiamentos e por certificações; a aproximação ou manutenção de acionistas, investidores e de um mercado consumidor ambientalmente mais consciente; a orientação de políticas internas e a adoção de estratégias de marketing ambiental pelas organizações; o cumprimento de regulamentações já existentes e a antecipação de futuras normativas;

e, em geral, a participação no mercado de carbono, são fatores que, individualmente ou em conjunto, fazem com que essas iniciativas associadas à gestão das emissões dos GEE estejam presentes em distintos segmentos.

O Brasil destaca-se positivamente por distintas iniciativas que estão sendo tomadas no âmbito das mudanças climáticas. Em relação ao fornecimento de estimativas sobre emissão de GEE e compensação de carbono, um exemplo na esfera organizacional são os inventários corporativos de GEE disponibilizados pelo Programa Brasileiro GHG Protocol e, a nível individual, são as calculadoras online de carbono. Apesar dos benefícios ocasionados pelo emprego e aplicação das informações geradas, ambas ferramentas possuem lacunas cujo diagnóstico pode gerar o aprimoramento dos métodos e, conseqüentemente, melhorias substanciais nos resultados e nos propósitos desejados a partir deles. Associado a esses fatores, em geral, a obtenção das estimativas de cálculo das emissões e remoções constitui um processo moroso. Ademais, a ausência de ferramentas que podem ser aplicadas a distintas atividades também evidencia a necessidade do desenvolvimento de um novo software que possibilite analisar a contribuição dos indivíduos, dos eventos e das propriedades rurais diante das mudanças climáticas.

A necessidade de informações sobre emissões de GEE, assim como sobre alternativas de mitigação das mudanças climáticas, estão se tornando cada vez mais comuns no cotidiano das pessoas e no gerenciamento das organizações. À medida que ocorre a evolução dessas iniciativas, cresce também a preocupação com a confiabilidade dos dados e metodologias disponibilizadas. Neste âmbito, dada a relevância dos resultados gerados por ferramentas de cálculo de emissões e compensação, além da crescente demanda por calculadoras que forneçam essas estimativas de maneira prática, porém consistente, justifica-se a realização de um estudo com o objetivo geral de avaliar iniciativas de realização de inventário e neutralização de emissões de GEE e desenvolver um software integrado de cálculo. O trabalho foi composto por três capítulos específicos, cujos títulos e objetivos foram expostos a seguir.

Capítulo 1: Registro público de emissões do Programa Brasileiro GHG Protocol: análise dos inventários publicados entre 2012 e 2016

Objetivo: Avaliar os inventários publicados no registro público de emissões do Programa Brasileiro GHG Protocol entre 2012 e 2016.

Capítulo 2: Calculadoras brasileiras de carbono: abordagens comparativas e implicações do uso da ferramenta

Objetivo: Avaliar as calculadoras individuais de carbono disponibilizadas em *websites* do Brasil.

Capítulo 3: Software para inventário e neutralização de emissões de gases de efeito estufa: desenvolvimento e possibilidades de aplicação

Objetivo: Desenvolver um software integrado para inventário de emissões de GEE e neutralização de carbono em três níveis de cálculo: individual, eventos e propriedade rural.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 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. 20p. 2007.

IPCC. International Panel on Climate Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p. 2013.

IPCC. International Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1435p. 2014.

CAPÍTULO 1

REGISTRO PÚBLICO DE EMISSÕES DO PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL: ANÁLISE DOS INVENTÁRIOS PUBLICADOS ENTRE 2012 E 2016

RESUMO

No intuito de evidenciar a responsabilidade ambiental frente aos problemas das mudanças climáticas, várias empresas aderiram ao Programa Brasileiro GHG Protocol, que foi originalmente desenvolvido nos Estados Unidos e, posteriormente, adaptado ao contexto nacional, que estimula a cultura corporativa para a elaboração e publicação de inventários de Gases de Efeito Estufa (GEE). Apesar da relevância da divulgação do inventário, essa ação isolada não é suficiente para demonstrar o cuidado das organizações frente as alterações do clima. É necessário também possuir maior compreensão sobre a evolução das emissões e remoções por setor da economia e analisar se os dados estão padronizados e divulgados corretamente. Diante disso, é possível que tenha uma noção mais real da contribuição das instituições para a mitigação das mudanças climáticas e balizar a adoção de ações mais focadas. Assim, objetivou-se com o estudo avaliar os inventários publicados no registro público de emissões do Programa Brasileiro GHG Protocol entre 2012 e 2016. A amostragem foi baseada nas instituições que realizaram, ininterruptamente, o inventário de emissões no horizonte dos últimos cinco anos, abrangendo 77 organizações e 385 relatórios. A análise consistiu na verificação da qualificação dos inventários e na observância das emissões absolutas, relativas e na adoção de medidas de mitigação pelas organizações. A avaliação dos inventários possibilitou atestar que desde Organizações não Governamentais (ONGs) e microempresas até instituições de grande porte publicam seus inventários no Programa. Diante da amostragem, verificou-se também uma maior contribuição dos setores de Indústrias extrativas e de transformação tanto no montante das emissões absolutas quantificadas, como também no valor total removido. Além disso, constatou-se que os setores associados à prestação de serviços possuem papel de destaque em termos do número de organizações que relatam seus inventários e, apesar de possuírem a maior participação no PIB brasileiro, apresentam a menor contribuição quanto as emissões

absolutas. Também foi possível inferir que as instituições estão mais comprometidas com a credibilidade de seus inventários. Por outro lado, o Programa pode contribuir ainda mais repensando a não obrigatoriedade de relato de alguns itens relevantes do inventário, como as fontes emissoras associados ao Escopo 3 que representaram 86,9% das emissões quantificadas. Os indicadores de intensidade carbônica, apesar de representarem melhor o empenho das organizações diante das mudanças climáticas, também são de relato opcional. Assim, o incentivo ao preenchimento desse dado, assim como suscitar uma maior padronização desses indicadores, também pode favorecer a contribuição do Programa para a atenuação das emissões. Apesar da relevância da adoção de medidas de mitigação, somente 25 organizações relataram possuir projetos de compensação, 12 apresentam iniciativas de redução e apenas seis relataram possuir ambas iniciativas. Neste âmbito, o Programa poderia promover um incentivo à adoção de projetos que apresentassem essas medidas. Diante da relevância do Programa Brasileiro GHG Protocol, o aprimoramento de algumas diretrizes, pode possibilitar a adoção de ações de mitigação mais focadas, principalmente nos setores que mais contribuem com a emissão dos gases causadores das mudanças climáticas, e incentivar uma melhoria no gerenciamento das emissões de GEE pelas organizações.

Palavras-chave: iniciativas voluntárias; mercado de carbono; sustentabilidade empresarial.

CHAPTER 1

PUBLIC REGISTRY OF EMISSIONS FROM BRAZILIAN GHG PROTOCOL PROGRAM: ANALYSIS OF INVENTORIES PUBLISHED BETWEEN 2012 AND 2016

ABSTRACT

In order to highlight environmental responsibility in the face of climate change problems, several companies adhered to the Brazilian GHG Protocol Program, which was originally developed in the United States and later adapted to the national context, which stimulates the corporate culture for the elaboration and publication of Greenhouse Gas (GHG) inventories. Despite the relevance of the inventory disclosure, this isolated action is not enough to demonstrate the care of the organizations against the changes of the climate. It is also necessary to have a better understanding of the emissions and removals evolution by sector of the economy and to analyze if the data is standardized and disclosed correctly. Given this, it is possible that it has a more real idea of the organizations contribution to the mitigation of climate change and the adoption of more focused actions. The objective of this study was to evaluate the inventories published in the public registry of emissions of the Brazilian GHG Protocol Program between 2012 and 2016. The sampling was based on the organizations that conducted the emission inventory over the last five years, covering 77 organizations and 385 reports. The analysis consisted in verifying the qualification of the inventories and in observing the absolute and relative emissions and in the adoption of mitigation measures by the organizations. The evaluation of the inventories made it possible to certify that from Non-Governmental Organizations and micro-enterprises to large institutions publish their inventories in the Program. In the face of the sample, there was also a greater contribution from the extractive and transformation industries both in the amount of absolute quantified emissions and in the total value removed. In addition, it was found that the sectors associated with service delivery play a prominent role in terms of the number of organizations that report their inventories and, despite having the largest share of Brazilian GDP (Gross Domestic Product), have the lowest contribution as regards absolute emissions. It was also possible to infer that organizations are more

committed to the credibility of their inventories. On the other hand, the Program can contribute even more by rethinking the non-mandatory reporting of some relevant items of the inventory, such as the emission sources associated with Scope 3 which represented 86.9% of the quantified emissions. Carbon intensity indicators, although they better represent organizations' commitment to climate change, are also optional. Encouraging the completion of this data, as well as raising the standardization of these indicators, can also favor the contribution of the Program to the mitigation of emissions. Despite the relevance of adopting mitigation measures, only 25 organizations reported having offsetting projects, 12 presented reduction initiatives and only 6 reported having both. In this context, the Program could promote an incentive to adopt projects that would present such measures. Given the relevance of the Brazilian GHG Protocol Program, the improvement of some guidelines may allow the adoption of more focused mitigation actions, mainly in the sectors that contribute most to the emission of gases that cause climate change, and encourage an improvement in emissions management organizations.

Keywords: voluntary initiatives; carbon market; corporate sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Organizações de todos os tipos contribuem significativamente para as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e, na era do desenvolvimento sustentável, as empresas desempenham um papel fundamental na redução e gestão de emissões de GEE (CUCCHIELLA et al., 2017; ROBINSON et al., 2018). A busca por esta sustentabilidade corporativa é motivada por vários fatores, sejam eles externos, como o risco de mandatos regulatórios, o medo da perda de clientes e o potencial declínio da reputação, como também os internos, como a melhoria da produtividade por meio da inovação tecnológica em proteção ambiental (WANG, 2017).

Ações destinadas a reduzir e prevenir a poluição ainda são percebidas somente como um custo gerado pelas atividades da empresa, porém muitos estudos têm mostrado uma outra visão, tanto em relação à adoção de ações ambientais gerais (LIANG e LIU, 2017; NGUYENA e HENS, 2015; ZENG et al., 2010), como também especificamente em relação à gestão de emissões de GEE (CAPECE et al., 2017; MISANI e POGUTZ, 2015; NISHITANI e KOKUBU, 2012). Além de gerar uma série de benefícios diretos ao meio ambiente, a consideração do impacto ambiental associado ao controle das emissões das atividades de uma organização, pode inclusive possibilitar a melhora da performance econômica das instituições a partir do aumento na demanda e de uma melhora na produtividade (CUCCHIELLA et al., 2017; NISHITANI et al., 2014). Empresas que conduzem melhor gerenciamento de GEE são mais propensas a aumentar seu valor agregado por meio de um aumento na demanda, uma vez que os clientes estão exigindo produtos e processos ecológicos, que evitam riscos decorrentes de fornecedores que não possuem uma consciência ambiental (ARIMURA et al., 2008). Inclusive, esforços corporativos para cumprir com os acordos climáticos, como o Protocolo de Quioto, não são uma restrição ao desempenho da empresa (LEE et al., 2015).

Como resultado de esforços de políticas climáticas internacionais e da emergente consciência do consumidor, há um interesse crescente pela quantificação das emissões em nível corporativo (HARANGOZO e SZIGETI, 2017). Juntamente com as exigências regulatórias impostas, tem ocorrido um aumento dos casos de negócios quem apoiam práticas com baixo teor de carbono (ROBINSON et al., 2018). Assim, à medida que as alterações climáticas continuam a atrair crescente atenção, várias partes interessadas colocaram as mudanças do clima nas agendas

corporativas e esperam que as empresas divulguem informações relevantes sobre os GEE (DEPOERS et al., 2016).

Diante da busca das organizações por evidências de sua responsabilidade ambiental, ocorre o encorajamento de empresas em investirem voluntariamente na gestão das emissões de GEE. Assim, várias iniciativas, diretrizes e métodos de cálculo surgiram para quantificar as emissões diretas e indiretas de GEE das organizações (HARANGOZO e SZIGETI, 2017). Um exemplo é o GHG Protocol, que consiste em na metodologia internacional mais utilizada pelas empresas e governos de diversos países para entender, quantificar e gerenciar suas emissões. A ferramenta está presente na China, Índia, México, Filipinas, América do Norte, além do Brasil, por meio do Programa Brasileiro GHG Protocol. Esse Programa proporciona às empresas participantes acesso a instrumentos e padrões de qualidade internacional e estimula a cultura corporativa para a elaboração e publicação de inventários de emissões de GEE (GHG PROTOCOL, 2017).

Uma das iniciativas de destaque do programa brasileiro, considerada pioneira em todo o mundo, foi a criação do registro público de emissões, que consiste em uma plataforma online que auxilia as organizações na produção e divulgação de seus inventários (GHG PROTOCOL, 2017). Nesta plataforma, é possível verificar os relatórios anuais das instituições referentes ao inventário das emissões de GEE oriundas de atividades do ano inventariado, bem como a adoção de projetos de compensação e redução de emissões. A partir desses dados, é possível inferir a respeito dos setores amostrados que mais emitem GEE, da contribuição de cada escopo que compõe a quantificação, da qualificação dos inventários realizados, do envolvimento das organizações em ações de mitigação das emissões, dos indicadores de emissão de GEE para as atividades da instituição, entre outras informações.

O conhecimento sobre GEE está se tornando cada vez mais importante na tomada de decisões das partes interessadas, no entanto, a confiabilidade da divulgação corporativa e a falta de estudos abordando a correspondência entre a realidade e o nível de informação divulgado pelas organizações são fontes de crescente preocupação (LUO e TANG, 2014). Nos inventários disponibilizados no registro público de emissões, existem campos que são de preenchimento opcional e, ou, que não possuem uma padronização no fornecimento da informação. O conhecimento sobre as implicações geradas pela falta de padronização ou pelo não provimento de determinados dados dos inventários de GEE, associado ao diagnóstico

da evolução das emissões e remoções ao longo dos anos, possibilita inferir sobre a contribuição dos setores da economia brasileira para as mudanças climáticas e despertar para possíveis ações que devem ser tomadas e para melhorias na aplicação de metodologias amplamente difundidas.

Dado os questionamentos citados anteriormente, associado à relevância desse Programa no panorama brasileiro no que se refere ao entendimento, quantificação, gerenciamento e registro de ações das empresas quanto às mudanças climáticas, justifica-se a realização do presente estudo. Neste âmbito, objetivou-se avaliar os inventários publicados no registro público de emissões do Programa Brasileiro GHG Protocol entre 2012 e 2016.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O GHG Protocol foi originalmente desenvolvido nos Estados Unidos em 1998 e, em 2008, foi adaptado ao contexto nacional pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces) e pelo *World Resources Institute* (WRI), dando origem ao Programa Brasileiro GHG Protocol. Desde então, ocorreu a publicação de 890 inventários, equivalente à participação de 216 diferentes organizações até o ano de 2017. O presente estudo foi baseado nas instituições que realizaram, ininterruptamente, o inventário de emissões em um horizonte de cinco anos.

A amostra restringiu-se à série histórica de 2012 a 2016, abrangendo 77 organizações (36% do total de participantes) e 385 relatórios. Esses valores equivalem a 43% do total de inventários publicados e representam 13 setores da economia brasileira (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de organizações por setor compreendidas na análise

Setores	Número de organizações
Administração pública, defesa e seguridade social	1
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	10
Atividades profissionais, científicas e técnicas	2
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	5
Construção	3
Educação	3
Eletricidade e gás	8
Indústrias de transformação	30
Indústrias extrativas	3
Informação e comunicação	4
Outras atividades de serviços	2
Saúde humana e serviços sociais	4
Transporte, armazenagem e correio	2

Os relatórios estão disponibilizados na plataforma do registro público de emissões de gases de efeito estufa, no *website* www.registropublicodeemissoes.com.br.

O presente estudo contemplou a análise das emissões totais e por escopo de cada setor. Com o intuito de delinear as fontes de emissão direta e indireta, são definidos três escopos, conforme descrito pelo GHG Protocol (2010):

- Escopo 1: emissões diretas de GEE e são provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização;
- Escopo 2: emissões indiretas de GEE advindas do consumo de energia elétrica e térmica;
- Escopo 3: outras emissões indiretas de GEE, mais especificamente, aquelas que ocorrem em consequência de atividades da organização, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa.

Para indicar os diferentes graus de aprofundamento e promover a melhoria contínua no processo de desenvolvimento dos inventários corporativos, o Programa Brasileiro GHG Protocol desenvolveu uma Política de Qualificação de Inventários (GHG PROTOCOL, 2015). Esses podem ser classificados como Bronze, Prata ou Ouro e a distribuição dos inventários em cada categoria ao longo dos anos também foi uma das análises contidas nesse estudo. O inventário Bronze ou inventário parcial não contempla todas as emissões dos Escopos 1 e 2. Os inventários Prata e Ouro são caracterizados por inventários de GEE publicados de forma completa, ou seja, devem incluir todas as fontes emissoras referentes a esses escopos. O diferencial é que o inventário Ouro é verificado por Organismo de Verificação (OV) acreditado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). Essa verificação é opcional para todos os participantes e, caso o inventário seja verificado por OV não acreditado, o mesmo será reconhecido na categoria Prata ou Bronze. Independente da categoria do inventário, o Escopo 3 é de relato opcional.

Com o intuito de analisar a adoção de medidas de mitigação, foi realizada a análise dos tópicos que discorrem sobre a ocorrência de projetos de compensação e redução das emissões associados às organizações (itens 6.1 e 6.2 dos relatórios).

A fim de avaliar a diferença entre o valor quantificado em virtude da implementação de projetos de compensação e, ou, redução e a estimativa de cálculo das emissões, foi estimado o balanço total de carbono de cada setor a partir de dois cenários. O primeiro, leva em consideração as emissões dos Escopos 1 e 2 e o segundo cenário abrange os três escopos. Em ambos os casos, os projetos de redução, cujas reduções quantificadas foram vendidas, não foram contabilizados no cálculo do balanço.

Os indicadores de intensidade carbônica fazem parte do processo de gestão das emissões corporativas de GEE. Esses indicadores possibilitam a avaliação de performance das organizações a partir de suas emissões relativas de GEE,

melhoraram o processo e aumentam a transparência dos dados relatados nos inventários. Além disso, auxiliam no estabelecimento de *benchmarks* para evitar comparações dos resultados absolutos das emissões, auxiliar na análise de desempenho por parte dos gestores, induzir o público a análises coerentes dos dados publicados e auxiliar clientes, investidores e consumidores nas suas escolhas (GHG PROTOCOL, 2012). A evolução desse indicador ao longo do período de análise baseou-se na razão entre a emissão quantificada e um aspecto econômico associado à atividade organização (item 5.2 dos inventários). Considerou-se que ocorreu uma tendência de diminuição das emissões nas instituições que apresentaram uma redução do valor do indicador, no mínimo, nos dois últimos anos consecutivos, ou seja, naquelas cujos valores apresentados em 2015 e 2016 foram inferiores, pelo menos, em relação ao ano de 2014.

3. RESULTADOS

O total das emissões contabilizadas entre os anos de 2012 e 2016 considerando os Escopos 1, 2 e 3 foi de 1.779,369 MtCO_{2e} (megatonelada de dióxido de carbono equivalente), o que corresponde a uma emissão total média de 355,874 MtCO_{2e}.ano⁻¹. O valor médio da emissão anual por organização é de 4,622 MtCO_{2e}, sendo a emissão mínima de 2,276x10⁻⁷ MtCO_{2e} e máxima de 62,366 MtCO_{2e}.

Ao analisar as emissões absolutas quantificadas nos três escopos para o período de cinco anos, o setor de Indústrias extrativas foi aquele com maior participação no valor total (1.294,707 MtCO_{2e}) e também por organização (431,569 MtCO_{2e}). Em contrapartida, os setores associados à prestação de serviços possuem a menor contribuição. Especificamente o setor de Educação apresentou uma emissão de 0,009 MtCO_{2e} por organização, que corresponde a 0,002% da quantidade emitida pelas Indústrias extrativas, considerando o espaço amostral. Verificou-se também que em nove dos 13 setores amostrados, o Escopo 3 contribuiu com mais de 50% das emissões por setor. Em relação ao volume total quantificado, o mesmo representa 86,9% das emissões (Tabela 2).

Tabela 2 – Emissão de dióxido de carbono por escopo, total e média por organização (em MtCO₂e) e contribuição (em %) do Escopo 3 para as emissões relativas a cada setor, dos anos de 2012 a 2016

Setor	Emissão (MtCO ₂ e)					Contribuição do Escopo 3 (%)
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total	Média por organização	
Indústrias extrativas	54,202	5,578	1.234,926	1.294,707	431,569	95,4
Indústrias de transformação	109,720	8,675	258,096	376,491	12,550	68,6
Eletricidade e gás	17,512	11,662	42,338	71,512	8,939	59,2
Transporte, armazenagem e correio	17,995	0,009	0,433	18,437	9,218	2,3
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	0,607	0,972	3,312	4,890	0,978	67,7
Construção	0,982	0,080	3,681	4,743	1,581	77,6
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	0,246	1,188	2,428	3,863	0,386	62,9
Informação e comunicação	0,317	1,887	0,790	2,994	0,749	26,4
Outras atividades de serviços	0,298	0,080	0,990	1,368	0,684	72,4
Saúde humana e serviços sociais	0,091	0,068	0,032	0,190	0,048	16,9
Administração pública, defesa e seguridade social	0,078	0,022	0,007	0,107	0,107	6,7
Atividades profissionais, científicas e técnicas	0,004	0,002	0,035	0,040	0,020	85,8
Educação	0,002	0,008	0,015	0,026	0,009	59,1
Total (MtCO ₂ e)	202,053	30,231	1.547,085	1.779,369	-	-
Contribuição total (%)	11,4	1,7	86,9	100,0	-	-

Dentre os 385 relatórios analisados, 366 são qualificados nas categorias Ouro ou Prata, ou seja, 95% dos inventários possuem todas as informações sobre emissões diretas e por compra de energia. Desses, 57% foram verificados por terceira parte, recebendo o selo mais completo do Programa. Ademais, observou-se uma tendência de aumento do número de inventários qualificados na categoria Ouro e um decréscimo dos inventários categorizados com os selos Prata e Bronze (Figura 1).

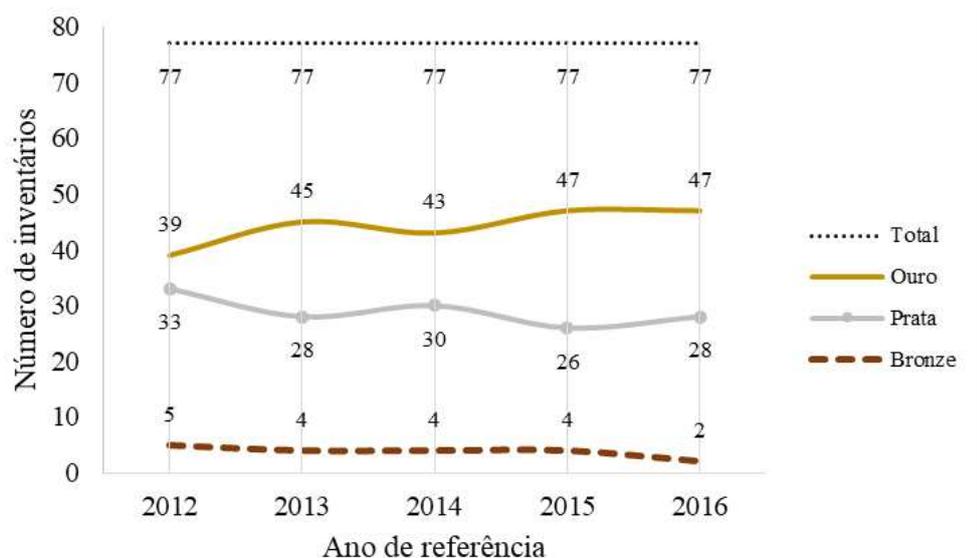


Figura 1 – Número de inventários de emissões atribuídos às categorias Ouro, Prata e Bronze ao longo dos anos 2012 a 2016 para as organizações analisadas

Apesar da importância da adoção de medidas de mitigação das mudanças climáticas, somente o setor de Administração pública, defesa e seguridade social apresentou balanço positivo diante das organizações amostradas. Mesmo considerando o Escopo 3, o somatório da quantidade compensada foi superior às emissões quantificadas e este setor possui um saldo total de 196,265 MtCO₂e. Posteriormente, o setor de Educação foi aquele que apresentou, na amostragem, o menor balanço negativo, no entanto, o setor não relata possuir projetos de compensação ou redução. As organizações analisadas que representam o setor de Indústrias extrativas e Indústrias de transformação possuem a maior contribuição em termos de remoção absoluta, no entanto, possuem baixa relação das remoções em relação às emissões e apresentam o balanço mais negativo. Ademais, o setor de Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados foi o que apresentou, considerado a amostra em questão, a maior relação entre a compensação ou redução e as emissões quantificadas (Tabela 3).

Do total de participantes amostrados, verificou-se que 25 diferentes organizações relataram possuir projetos de compensação das emissões em pelo menos um dos anos analisados, 12 apresentam iniciativas de redução e apenas seis relataram possuir ambas iniciativas.

Tabela 3 – Quantidade compensada, reduzida e balanço de carbono das organizações, considerando os Cenário 1 (Escopos 1 e 2) e 2 (Escopos 1, 2 e 3)

Setor	Compensação (MtCO _{2e})	Redução (MtCO _{2e})		Remoção total (MtCO _{2e})	Emissão Escopos 1 e 2 (MtCO _{2e})	Remoção/ Emissão (%)	Balanço Cenário 1 (MtCO _{2e})	Emissão Escopos 1, 2 e 3 (MtCO _{2e})	Remoção/ Emissão (%)	Balanço Cenário 2 (MtCO _{2e})
		Não vendida	Vendida*							
Administração pública, defesa e seguridade social	303,507			303,507	100,100	303,204	203,407	107,242	283,011	196,265
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	523,409	10,664	10,668	534,073	1.434,824	37,222	-900,751	3.863,098	13,825	-3.329,024
Atividades profissionais, científicas e técnicas	0,021			0,021	5,748	0,367	-5,727	40,345	0,052	-40,324
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	297,186			297,186	1.578,413	18,828	-1.281,227	4.890,387	6,077	-4.593,201
Construção	0,082			0,082	1.061,646	0,008	-1.061,564	4.742,823	0,002	-4.742,741
Educação					10,589		-10,589	25,883		-25,883
Eletricidade e gás	199,040		339,321	199,040	29.174,169	0,682	-28.975,129	71.512,337	0,278	-71.313,297
Indústrias de transformação	3.017,427	770,893	52,937	3.788,320	118.394,595	3,200	-114.606,275	376.491,056	1,006	-372.702,737
Indústrias extrativas		1.475,606	3.440,181	1.475,606	59.780,316	2,468	-58.304,710	1.294.706,668	0,114	-1.293.231,061
Informação e comunicação	9,378	0,201	0,064	9,580	2.203,824	0,435	-2.194,245	2.994,268	0,320	-2.984,688
Outras atividades de serviços					377,925		-377,925	1.368,261		-1.368,261
Saúde humana e serviços sociais					158,191		-158,191	190,399		-190,399
Transporte, armazenagem e correio	103,626			103,626	18.003,838	0,576	-17.900,212	18.436,717	0,562	-18.333,091

*Não foram consideradas no cálculo do balanço.

O Programa Brasileiro GHG Protocol reconhece a relevância associada ao indicador de intensidade carbônica. Apesar de ser um campo de preenchimento opcional, 40 organizações (57,1%) descrevem pelo menos um indicador de emissão ao longo do período de análise (Apêndice A). No entanto, somente 16 organizações (20,8%) forneceram um indicador que mantivesse uma unidade base padrão, possibilitando a inferência sobre a evolução da emissão relativa da instituição nos últimos cinco anos de realização do inventário. Entre os 22 valores analisados, ocorreu uma tendência de diminuição das emissões em somente seis indicadores (Tabela 4).

Tabela 4 – Indicador de emissão relativa das organizações que mantiveram a padronização da unidade ao longo do período analisado

Setor	Organização	Escopos do indicador	Valor do indicador						Unidade
			2012	2013	2014	2015	2016	Média	
Ativ. financ., de seguros e serviços relacionados	Banco do Brasil	1 e 2	0,00048	0,00054	0,00046	0,47509	0,37105	0,16952	kgCO ₂ e/R\$ (receita bruta)
	Organização Bradesco	1, 2 e 3	0,02018	0,01598	0,01308	0,01266	0,01329	0,01504	kgCO ₂ e/R\$ (lucro líquido contábil)
		1, 2 e 3	2,25000	1,90300	2,06700	2,88909	1,84200	2,19022	tCO ₂ e/funcionário
Eletricidade e gás	CESP	1	0,00013	0,00010	0,00011	0,00011	0,00019	0,00013	tCO ₂ e/MWh produzido
		1 e 2	0,00016	0,00013	0,00013	0,00013	0,00020	0,00015	tCO ₂ e/MWh produzido
	EDP Energias	1 e 2	0,00015	0,00009	0,00017	0,00019	0,00010	0,00014	tCO ₂ e/MWh gerado
		1 e 2	0,00595	0,01354	0,03035	0,02900	0,01140	0,01805	tCO ₂ e/MWh distribuído*
Indústrias de transformação	Danone	1 e 2	0,01665	0,02015	0,03679	0,02806	0,02801	0,02593	tCO ₂ e/t produto*
	Dudalina	-	0,62749	0,62734	0,83285	0,94089	0,87714	0,78114	tCO ₂ e/funcionário
		-	0,00047	0,00041	0,00065	0,00088	0,00087	0,00065	tCO ₂ e/produção total
	Igaratiba	-	0,22000	0,36000	0,40700	0,42300	0,30700	0,34340	tCO ₂ e/t resina transformada
	Natura Cosméticos	-	0,00299	0,00279	0,00300	0,00317	0,00317	0,00302	tCO ₂ e/kg produto faturado
Raízen Energia	1	0,02000	0,02380	0,00595	0,01994	0,02300	0,01854	t CO ₂ e/t cana moída	
Informação e comunicação	Finnet	-	0,56300	0,58400	0,42900	0,42000	0,18900	0,43700	tCO ₂ e/funcionário*
	Oi	1, 2 e 3	0,00366	0,00474	0,00542	0,00507	0,00448	0,00467	tCO ₂ e/unidades geradora de receita*
	TIM Participações	1	0,26000	0,20000	0,16000	0,74000	0,48000	0,36800	tCO ₂ e/funcionário
		1	0,00004	0,00004	0,00003	0,00015	0,00008	0,00007	tCO ₂ e/cliente
		1	0,17000	0,13000	0,11000	0,59000	0,24000	0,24800	tCO ₂ e/Mi R\$ (receita operacional líquida)
Educação	Fundação Planetário	1 e 2	0,38900	0,41940	0,92000	0,48500	0,90800	0,62428	tCO ₂ e/visitante
Saúde hum. e serv. soc.	Hospital Israelita A.E.	1 e 2	1,10600	1,24500	1,17255	0,68000	0,89000	1,01871	kgCO ₂ e/passagem equivalente
Comércio; reparação de veíc. aut. e motocicletas	Lojas Renner	-	0,06200	0,07400	0,09800	0,06900	0,06300	0,07320	kgCO ₂ e/m ² de área de venda*
	Nivea	1 e 2	4,82000	3,61000	3,53000	3,16000	2,57000	3,53800	KgCO ₂ e/1000 unidades vendidas*

* O valor do indicador apresentou tendência de diminuição, pelo menos, nos dois últimos anos.

4. DISCUSSÃO

A emissão total encontrada representa 41,5% do valor total emitido pelas 216 organizações participantes desde o início do Programa Brasileiro GHG Protocol. A partir da amplitude encontrada para a emissão por organização é possível verificar a heterogeneidade das instituições participantes e atestar que empresas de diferentes portes realizam seus inventários de GEE pelo referido Programa. Este fato pode ser corroborado em virtude do GHG Protocol oferecer valores diferenciados de acordo com o faturamento de seus clientes. Para capacitação sobre o método e para publicação do inventário de empresas de grande porte (faturamento maior ou igual a R\$90 mi) o valor adotado é de R\$24.400,00. Já para a publicação do inventário de Organizações não Governamentais (ONGs), micro e pequenas empresas (faturamento inferior a R\$16 mi) o total cobrado é de R\$2.200,00 (GHG PROTOCOL, 2018), conjuntura que pode favorecer e oportunizar a participação de instituições menores.

Apesar da preocupação das organizações em relação às alterações no clima, a Indústria extrativa contribuiu com a maior parte (73%) da emissão total quantificada neste estudo. Além da representatividade das emissões, as operações de mineração ainda trazem uma série de problemas ambientais, tais como a deterioração da paisagem, a geração de água ácida, a poluição do solo e a emissão de GEE (PERALTA et al., 2016). Este setor foi representado por apenas três das 77 organizações amostradas, o que confere uma elevada emissão por instituição, sendo que todas elas atuam com base, especificamente, na atividade extrativa mineral.

Ao analisar distintos tipos de atividades mineradoras, o carregamento e o transporte contribuem para as maiores emissões de GEE no processo de mineração de ferro e bauxita e, no caso do minério de cobre, as etapas de esmagamento e moagem são as que mais contribuem (NORGATE e HAQUE (2010). Em geral, o consumo de combustível relacionado ao transporte de material representa uma das principais fontes emissoras do processo de mineração e, portanto, um dos mais importantes pontos a serem otimizados (PERALTA et al., 2016). No entanto, a maior parte da literatura que correlaciona os impactos das operações de mineração sobre as mudanças climáticas emergiu a partir de 2011 e, portanto, ainda existe uma limitação de pesquisas acerca da temática. Ademais, em virtude da magnitude das consequências ambientais que podem ser acarretadas, esse é um setor que ainda

necessita de constante monitoramento e melhorias de seus processos (ODELL et al., 2017).

Em contrapartida, levando-se em consideração as organizações que foram contempladas na amostragem, os setores associados à prestação de serviços, como Administração pública, defesa e seguridade social, Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados, Atividades profissionais, científicas e técnicas, Educação, Informação e comunicação, Saúde humana e serviços sociais, e outras atividades de serviços, foram aqueles que apresentaram as menores emissões absolutas. Dentre esses, o setor de Educação foi o que apresentou a menor contribuição das emissões quantificadas na análise. No entanto, em virtude do caráter instrutivo desse setor, seria importante que mais organizações participassem do Programa Brasileiro GHG Protocol, difundindo ainda mais a relevância deste tipo de iniciativa, bem como promovendo a sensibilização ambiental sobre as mudanças climáticas.

No 3º trimestre de 2017, o setor de serviços representou 72,8% do PIB gerado no Brasil (IBGE, 2017). Desta forma, observa-se que, apesar do setor de serviços possuir a maior participação na economia brasileira, ele apresenta a menor contribuição em termos de emissões absolutas, uma vez que não envolve atividades específicas de processamento da matéria-prima. Ademais, o setor possui papel de destaque em termos do número de organizações que relatam seus inventários, demonstrando que o setor que gera mais renda ao país também está contribuindo para iniciativas que possibilitam a gestão das emissões, como o Programa Brasileiro GHG Protocol.

No que se refere à expressividade do Escopo 3, observou-se que o mesmo possui considerável contribuição, o que denota o peso das emissões indiretas sobre a emissão setorial e total. Esse fato gera preocupação, uma vez que o relato das emissões desse escopo não é obrigatório no processo de elaboração do inventário. Um estudo conduzido a partir de inventários de emissões de empresas francesas verificou que, em uma amostra de 101 observações, 94 e 82 empresas relataram, respectivamente, as emissões advindas do Escopo 1 e 2 e somente 59 empresas relataram as emissões a partir do Escopo 3 (DEPOERS et al., 2016). Em outro trabalho, levando-se em consideração empresas dos EUA, estimou-se que as organizações relatam, em média, somente 22% de suas emissões abrangidas pelo Escopo 3. Os autores desse estudo verificaram também que, apesar da ascensão de empresas que estão começando a relatar uma parcela maior das emissões de carbono

da cadeia de suprimentos (Escopo 3), ainda há uma margem para melhorar a mensuração e divulgação dessas emissões (BLANCO et al., 2016). A relevante expressividade desse escopo indica a necessidade de uma maior atenção ao fato do caráter opcional de fornecimento desta informação, de acordo com as atuais diretrizes. Deste modo, o relato do Escopo 3 pode representar o reflexo de uma maior preocupação da organização com as questões climáticas e pode ser adotado como uma estratégia de marketing ambiental, valorizando sua imagem institucional perante os fornecedores e consumidores.

A observância do aumento do número de inventários do tipo Ouro, em contrapartida com o decréscimo daqueles categorizados como Prata e Bronze, permite inferir que, em geral, as organizações estão mais comprometidas com a qualidade do material gerado. Ademais, essas instituições também podem estar motivadas por exigências externas, assim como pela avaliação de terceiros em relação à sua imagem corporativa associada à sustentabilidade ambiental. O intuito principal do processo de verificação, requisito para obtenção do selo Ouro, é assegurar credibilidade ao inventário de GEE de determinada organização. Esta análise da qualidade dos inventários pode possibilitar a identificação de oportunidades para melhorias, o atendimento a exigências de partes interessadas e a preparação da organização para o cumprimento de normas voluntárias ou obrigatórias (GHG PROTOCOL, 2011). A própria Política de Qualificação de Inventários (GHG PROTOCOL, 2015) pode ajudar explicar o fato do decréscimo dos inventários do tipo Bronze, uma vez que após a publicação do primeiro inventário completo, a empresa não mais poderá apresentar inventários parciais.

Apesar do maior engajamento das organizações na realização de inventários dos gases causadores das mudanças climáticas, o mesmo não foi observado em relação ao empenho quanto a adoção de medidas de mitigação. Neste âmbito, somente o setor de Administração pública, defesa e seguridade social apresentou um balanço positivo da remoção em relação às emissões, no entanto, é representado por uma única organização. O setor de Educação destaca-se pelo menor balanço negativo, porém, apesar de apresentar baixa emissão absoluta, não apresentou nenhum projeto associado à compensação ou redução de suas emissões dentre as organizações amostradas. A adoção desse tipo do projeto por esse setor, além de gerar impactos ambientais positivos, poderia promover a divulgação de ações neste âmbito e a sensibilização de outras pessoas.

O fato do setor de Indústrias extrativas, e também de Indústrias de transformação, se destacarem negativamente na amostragem realizada, por apresentarem os piores cenários em termos de balanço de carbono e da relação remoção/emissão, merece ser avaliado com devida atenção. Esses setores, apesar de também possuírem a maior contribuição nas emissões totais e por organização, por outro lado destacaram-se positivamente em virtude de possuírem a maior participação no valor total removido, contribuindo juntos com 78% da remoção total absoluta quantificada. Este fato demonstra que o impacto desses setores, mesmo correspondendo a 42% das organizações amostradas, podem representar importante contribuição na mitigação das mudanças climáticas caso as demais instituições do setor caminhem no mesmo sentido.

A criação dos mecanismos legais e institucionais, em meados dos anos 90, constituiu um marco para a minimização dos impactos ambientais, e também sociais, da mineração (VILLAS BÔAS, 2011a; VILLAS BÔAS, 2011b), o que pode ter contribuído para a adoção de ações compensatórias perante os desequilíbrios gerados pelas atividades.

Dentre os setores amostrados que apresentaram balanço negativo, o de Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados foi o que apresentou a relação remoção/emissão mais satisfatória. Das 10 organizações que representam esse setor, sete relataram pelo menos um projeto de compensação ou redução das emissões. Durante a 21ª Conferência das Partes (COP-21), a Federação Brasileira de Bancos assinou, em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, um Protocolo de Boas Práticas Socioambientais para o Setor Financeiro (FEBRABAN, 2015). A partir do tratado, a FEBRABAN se comprometeu a estimular e apoiar as iniciativas de elaboração de relatórios de emissões de GEE e de gerenciamento de riscos socioambientais por parte das instituições financeiras atuantes em SP. Esse tipo de iniciativa favorece a implementação e efetivação de ações coletivas para minimização das alterações no clima e demonstram a responsabilidade do setor frente à temática, possibilitando o emprego dessas informações como estratégia de marketing, além de agregar um diferencial de mercado à essas organizações na busca, por exemplo, de investidores e acionistas.

A gestão adequada das emissões pode representar uma vantagem competitiva para as empresas em virtude da melhoria no desempenho pelo aumento da demanda e da produtividade (CUCCHIELLA et al., 2017). Apesar disto, muitas empresas ainda

estão preocupadas com o fato de que as tecnologias de mitigação das mudanças climáticas podem estar associadas a custos excessivos e interrupções das operações comerciais e, deste modo, os encargos superarem os benefícios operacionais e climáticos (WANG, 2017). Por outro lado, à medida que houver aumento da resposta corporativa aos avanços em mitigação da mudança climática, o desenvolvimento de produtos com baixo teor de carbono tende a se intensificar (JABBOUR et al., 2015). Deste modo, existe uma propensão de que as organizações de distintos setores se envolvam cada vez mais, não só na realização dos inventários de GEE, mas também na adoção de práticas que possam reduzir ou compensar as emissões oriundas de suas atividades.

Os itens referentes à adoção de projetos de compensação e redução são campos de preenchimento opcional nos inventários de GEE do Programa Brasileiro GHG Protocol e, ao considerar individualmente as organizações amostradas, a minoria relatou a adoção destas iniciativas. É possível que algumas instituições desenvolvam projetos que não tenham sido relatados e, nestes casos, isto indica uma perda de oportunidade de divulgação desta informação e de realização de marketing ambiental. Existem casos de organizações que promovem e relatam no inventário a venda dos créditos gerados a partir de projetos de redução das emissões quantificadas. O aproveitamento dessas oportunidades pode ser um atrativo para investidores sensíveis às questões ambientais, além de uma fonte adicional de receita e de conquista de novos seguimentos de clientes. Por outro lado, também é preciso ficar atento à uma prática denominada *greenwashing*, no qual organizações se apropriam indevidamente de uma informação com apelo ambiental e a associam ao seu produto ou serviço, no intuito de obterem vantagens a partir de práticas ambientais que não correspondam com a realidade.

Diante da importância de ações que possam minimizar a emissão de GEE, o indicador de intensidade carbônica é um importante índice de verificação das emissões relativas. No entanto, observou-se que a transparência do inventário pode ser comprometida em virtude da difícil comparação entre os índices de diferentes organizações. Mesmo considerando somente as empresas dentro de um mesmo setor, a variabilidade dos escopos e das unidades adotados no cálculo possibilitam a comparação de apenas quatro organizações em dois setores distintos. No setor de Eletricidade e Gás, o indicador médio demonstra que as instituições CESP e EDP apresentam praticamente a mesma emissão por unidade de energia produzida ou

gerada (0,00015 e 0,00014 tCO₂/MWh, respectivamente). No setor de Informações e comunicação, o indicador por número de funcionários demonstra superioridade do valor apresentado pela Finnet (0,437 tCO₂/funcionário) em comparação ao da TIM Participações (0,368 tCO₂/funcionário), no entanto, esta análise não pode ser conclusiva, uma vez que a TIM utiliza apenas as emissões do Escopo 1 no cálculo do indicador, enquanto a outra organização não informou qual a base de cálculo desse parâmetro. Desta forma, os valores apresentados são comprometidos ou subutilizados em virtude da não obrigatoriedade de preenchimento desta informação e da não padronização dos escopos e das unidades utilizados para o cálculo do indicador.

Além disso, a variabilidade no comportamento das emissões relativas dentro de uma mesma organização, demonstra que somente as empresas EDP, Danone, Finnet, Oi, Nivea e Renner apresentaram a diminuição de pelo menos um dos seus indicadores. Ao verificar a série histórica de todo o período de análise, somente a Nivea apresentou redução do indicador ao longo dos cinco anos. No ano de 2012 a referida organização aderiu à plataforma EPC (Empresas pelo Clima) e desde então foi possível identificar as fontes de emissão mais significativas e iniciar projetos de redução. Além disso, a empresa verificou que o consumo de gasolina em veículos locados utilizados pelos colaboradores era uma das fontes de emissões mais significativas dentre aquelas que são controladas pela empresa. Assim, em 2013, foi lançada a política “Sustentabilidade na Frota”, que estabelece o etanol como combustível padrão para todos os veículos flex da frota da empresa. Segundo a organização, os resultados aconteceram tanto em ordem econômica, quanto ambiental, uma vez que após o estabelecimento da política houve economia de 7,7% em relação ao valor gasto e a redução das emissões de GEE chegou a 80% em 2015 em comparação aos valores de 2012 (NIVEA GHG PROTOCOL, 2016).

Apesar dos relatórios de sustentabilidade, em geral, trazerem informações ricas, que tendem a adotar um formato mais padronizado à medida que as empresas aderem à diretrizes internacionalmente reconhecidas, no campo de contabilidade de GEE isto não ocorre (DRAGOMIR, 2012). Segundo os mesmos autores, a inclusão de dados estimados incorretamente, séries temporais interrompidas ou descrições supérfluas de métodos de cálculo podem sugerir as empresas amostradas fracassaram parcialmente na entrega de informações de alta qualidade em relação aos seus esforços para mitigar as mudanças no clima. Este fato pode trazer implicações relevantes, uma vez que, segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento

Industrial (ABDI), o custo dos produtos é ainda hoje o maior diferencial de competitividade internacional, no entanto, a agenda climática vem ganhando cada vez mais importância, tanto no âmbito público, como privado. Desta forma, a intensidade carbônica dos produtos comercializados internacionalmente tem sido cada vez mais considerada na tomada de decisão de gestores privados e públicos, já havendo inclusive mercados com diversas restrições a produtos intensivos de emissões de GEE (ABDI, 2012).

Associado à essa questão, em 2010, a BM&FBOVESPA e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), criaram um índice de mercado, o ICO2 (Índice Carbono Eficiente). Em síntese, o intuito principal é incentivar as empresas emissoras das ações mais negociadas a atuarem em uma economia de baixo carbono, bem como regular um mercado cujo indicador de performance esteja associado as questões relacionadas às mudanças climáticas (BM&FBOVESPA, 2016). Desta forma, embora um ínfimo número de organizações tenha apresentado um decréscimo do valor de intensidade carbônica ao longo dos anos analisados, observa-se uma tendência de incorporação de indicadores deste tipo nas negociações de mercado.

Em geral, o que se verificou foi que, apesar dos altos níveis de GEE emitidos setorialmente, as organizações têm se empenhado cada vez mais em relatar suas emissões. Assim, os investimentos financeiros que as instituições têm dispendido demonstram que ações como estas devem fazer parte do planejamento estratégico das organizações e podem ser um diferencial que pode compor as estratégias de mercado vinculadas à implementação de ações de mitigação das mudanças climáticas.

5. CONCLUSÕES

Organizações de diferentes portes realizam e divulgam seus inventários de GEE no Programa Brasileiro GHG Protocol. A diferenciação do valor cobrado é um fator relevante que oportuniza que mesmo ONGs, micro e pequenas empresas também participem do programa.

Os setores de Indústrias extrativas e de transformação, apesar de serem aqueles com maior participação no montante das emissões absolutas quantificadas e com balanço de carbono mais negativo, são os que contribuem mais favoravelmente para o valor total removido, ao considerar as organizações amostradas. Por outro lado, o setor de Educação apresenta resultados mais satisfatórios frente às emissões absolutas e ao balanço de carbono, no entanto, dentre as empresas analisadas, não associa seus inventários a projetos de compensação e redução.

A razão da quantidade removida por meio de projetos de compensação e redução em relação à quantidade de GEE emitida é um indicativo que representa melhor a contribuição de um setor frente às mudanças climáticas. No presente estudo, essa razão é maior no setor de Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados.

As emissões indiretas associadas ao Escopo 3 contribuem com mais de 50% das emissões na maioria dos setores analisados. Isso indica que, apesar de serem constituídos por fontes indiretas e serem de relato opcional, ele deve ser amplamente considerado pelas organizações no gerenciamento de suas emissões.

A tendência de aumento do número de inventários qualificados na categoria Ouro do GHG Protocol demonstra que as organizações estão mais comprometidas com a credibilidade dos inventários realizados pelo programa brasileiro. Ainda assim, o selo Ouro não garante que a instituição tenha realizado o inventário completo das emissões do Escopo 3.

O empenho quanto a adoção de medidas de mitigação pelas organizações não segue o mesmo engajamento que a realização dos inventários, uma vez que a minoria das instituições relata adotar projetos de compensação e redução das emissões de GEE.

O relato do indicador de intensidade carbônica ainda é incipiente e, em virtude de sua relevância na gestão das emissões, deve haver um maior comprometimento das organizações em sua adoção. Além disso, a não redução do

valor desse indicador indica que a maioria das instituições, apesar de estarem sendo mais transparentes, não estão contribuindo efetivamente para a diminuição das emissões ao longo do tempo e, conseqüentemente, para minimização das mudanças climáticas.

A existência de informações de preenchimento opcional e não padronizada, faz com que alguns dados não sejam apresentados de maneira mais detalhada. Esse fato inviabiliza uma análise mais aprofundada da evolução desses parâmetros ao longo dos anos e a observância da real contribuição das organizações quanto às emissões de GEE.

REFERÊNCIAS

- ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Subsídios para a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para economia de baixo carbono. Caderno 1: Nota técnica mensuração, relato e verificação de inventários *bottom-up* de gases de efeito estufa no Brasil. 50p. 2012.
- ARIMURA, T. H.; HIBIKI, A.; KATAYAMA, H. Is a voluntary approach an effective environmental policy instrument?: A case for environmental management systems. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 55, n. 3, p. 281-295, 2008.
- BLANCO, C.; CARO, F.; CORBETT, C. J. The state of supply chain carbon footprinting: analysis of CDP disclosures by US firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 1189-1197, 2016.
- BM&FBOVESPA. Bolsa de Valores de São Paulo e Bolsa de Mercadorias & Futuros. Índice Carbono Eficiente (ICO2). 2016. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br>>. Acesso em: 02 fev. 2018.
- CAPECE, G.; DI PILLO, F.; GASTALDI, M.; LEVIALDI, N.; MILIACCA, M. Examining the effect of managing GHG emissions on business performance. **Business Strategy and the Environment**, v. 26, n. 8. p.1041–1060, 2017.
- CUCCHIELLA, F.; GASTALDI, M.; MILIACCA, M. The management of greenhouse gas emissions and its effects on firm performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1387-1400, 2017.
- DEPOERS, F.; JEANJEAN, T.; JÉRÔME, T. Voluntary Disclosure of Greenhouse Gas Emissions: Contrasting the Carbon Disclosure Project and Corporate Reports. **Journal of Business Ethics**, v.134, n. 3. p. 445–461, 2016.
- DRAGOMIR, V. D. The disclosure of industrial greenhouse gas emissions: a critical assessment of corporate sustainability reports. **Journal of Cleaner Production**, v. 29-30, p. 222-237, 2012.
- FEBRABAN. Federação Brasileira de Bancos. Relatório Anual 2015. 2015. Disponível em: <<https://relatorioanual2015.febraban.org.br/pt/index.htm>>. Acesso em: 02 fev. 2018.
- GHG PROTOCOL. Programa Brasileiro GHG Protocol. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2ª ed. 76p. 2010.
- GHG PROTOCOL. Programa Brasileiro GHG Protocol. Especificações de Verificação do Programa Brasileiro GHG Protocol. 44p. 2011.
- GHG PROTOCOL. Programa Brasileiro GHG Protocol. GT Indicadores de Intensidade Carbônica – Encontro 4. 41p. 2012.

GHG PROTOCOL. Programa Brasileiro GHG Protocol. Política de qualificação de inventários no Programa Brasileiro GHG Protocol. 3p. 2015.

GHG PROTOCOL. Programa Brasileiro GHG Protocol. Registro Público de Emissões. Disponível em: <<https://www.registropublicodeemissoes.com.br/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

GHG PROTOCOL. Programa Brasileiro GHG Protocol. Ciclo 2018: Informações sobre adesão. 26p. 2018.

HARANGOZO, G.; SZIGETI, C. Corporate carbon footprint analysis in practice – With a special focus on validity and reliability issues. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1177-1183, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas Nacionais Trimestrais. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

JABBOUR, C. J. C.; NETO, A. S.; GOBBO, J. A.; RIBEIRO, M. S.; JABBOUR, A. B. L. S. “Eco-innovations in more sustainable supply chains for a low-carbon economy: A multiple case study of human critical success factors in Brazilian leading companies”. **International Journal of Production Economics**, v. 164, p. 245-257, 2015.

LEE, K.; MIN, B.; YOOK, K. The impacts of carbon (CO₂) emissions and environmental research and development (R&D) investment on firm performance. **International Journal of Production Economics**, v. 167, p. 1-11, 2015.

LIANG, D.; LIU, T. Does environmental management capability of Chinese industrial firms improve the contribution of corporate environmental performance to economic performance? Evidence from 2010 to 2015. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. 4, p. 2985-2998, 2017.

LUO, L.; TANG, Q. Does voluntary carbon disclosure reflect underlying carbon performance?. **Journal of Contemporary Accounting & Economics**, v. 10, n. 3, p. 191-205, 2014.

MISANI, N.; POGUTZ, S. Unraveling the effects of environmental outcomes and processes on financial performance: A non-linear approach. **Ecological Economics**, v. 109, p. 150-160, 2015.

NGUYEN, Q. A.; HENS, L. Environmental performance of the cement industry in Vietnam: the influence of ISO 14001 certification. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 362-378, 2015.

NISHITANI, K.; KANEKO, S., KOMATSU, S.; FUJII, H. How does a firm’s management of greenhouse gas emissions influence its economic performance? Analyzing effects through demand and productivity in Japanese manufacturing firms. **Journal of Productivity Analysis**, v. 42, n. 3, p. 355–366, 2014.

NISHITANI, K.; KOKUBU, K. Why Does the Reduction of Greenhouse Gas Emissions Enhance Firm Value? The Case of Japanese Manufacturing Firms. **Business Strategy Environment**, v. 21, n. 8. p. 517–529, 2012.

NIVEA GHG PROTOCOL. BDF Nivea Ltda – Programa Brasileiro GHG Protocol. Inventário de emissões de gases de efeito estufa – Ano inventariado: 2015. 2016. Disponível em: <<https://www.registropublicodeemissoes.com.br/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

NORGATE, T.; HAQUE, N. Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 3. p. 266-274, 2010.

ODELL, S. S.; BEBBINGTON, A.; FREY, K. E. Mining and climate change: A review and framework for analysis. **The Extractive Industries and Society**, 2017.

PERALTA, S.; SASMITO, A. P.; KUMRAL, M. Reliability effect on energy consumption and greenhouse gas emissions of mining hauling fleet towards sustainable mining. **Journal of Sustainable Mining**, v. 15, n. 3. p. 85-94, 2016.

ROBINSON, O. J.; TEWKESBURY, A.; KEMP, S.; WILLIAMS, I. D. Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 4435-4455, 2018.

VILLAS BÔAS, H. C. A indústria extrativa mineral e a transição para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 105p. 2011a.

VILLAS BÔAS, R. C. Indicadores de sustentabilidade para a indústria extrativa mineral: estudos de casos. Rio de Janeiro: CETEM/MCT/CNPq. 53p. 2011b.

WANG, D. D. Do United States manufacturing companies benefit from climate change mitigation technologies?. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, p. 821-830, 2017.

ZENG, S. X.; MENG, X. H.; YIN, H. T.; TAM, C. M.; SUN, L. Impact of cleaner production on business performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10–11. p. 975-983, 2010.

CAPÍTULO 2

CALCULADORAS BRASILEIRAS DE CARBONO: ABORDAGENS COMPARATIVAS E IMPLICAÇÕES DO USO DA FERRAMENTA

RESUMO

O crescente surgimento das calculadoras de carbono, que possibilitam aos indivíduos estimarem sua contribuição diante das mudanças climáticas, e a ausência de padrões específicos para regulamentarem essas ferramentas, podem ocasionar inconsistências nos resultados gerados. Neste âmbito, objetivou-se avaliar as calculadoras individuais de carbono disponibilizadas em *websites* do Brasil. Foram realizadas análises qualitativas e quantitativas de 15 diferentes calculadoras. Foram avaliados os dados de entrada e saída, os fatores de emissão e remoção, assim como os valores associados às possibilidades de mitigação inerentes à cada calculadora. As análises permitiram verificar que, mesmo adotando dados similares, há uma grande discrepância entre os Fatores de Emissão (FE), fato evidenciado claramente pelo coeficiente de variação do FE adotado para a emissão de gás liquefeito de petróleo (146,5%). Grande amplitude também foi encontrada para os valores de estoque de carbono (139,45 a 359,84 kgCO₂/árvore) e este fato indica que as calculadoras deveriam levar em consideração mais especificidades em relação ao plantio, uma vez que diversos fatores podem promover a alteração do incremento de carbono das árvores. Além disso, observou-se que dicas sobre a possibilidade de redução das emissões, apesar de poderem exercer influência direta no comportamento dos indivíduos, são pouco fornecidas pelas calculadoras (27%). Por outro lado, a maioria das ferramentas (67%) possibilita a compensação das emissões quantificadas. Entre as alternativas possíveis, os plantios de neutralização, apesar dos custos mais elevados e das barreiras associadas à implementação e manutenção das árvores, são oferecidos em maior proporção. Este fato deve ocorrer em virtude das contribuições ambientais e sociais que esses plantios possibilitam promover em relação à compra de créditos de carbono. As discrepâncias encontradas podem afetar a credibilidade das calculadoras de carbono individual e o potencial que exercem na sensibilização ambiental e no processo de tomada de decisões. Assim, a difusão das calculadoras deve ser acompanhada de diretrizes mais específicas no intuito de minimizar as

incertezas associadas às estimativas. Em geral, as calculadoras não possuem informações sobre seus métodos e estimativas, o que dificulta a comparação e a inferência sobre as distinções entre os parâmetros.

Palavras-chave: emissão individual; pegada de carbono; sensibilização ambiental.

CHAPTER 2

BRAZILIAN CARBON CALCULATORS: COMPARATIVE APPROACHES AND IMPLICATIONS OF USING THE TOOL

ABSTRACT

The increasing emergence of carbon calculators, which enable individuals to estimate their contribution to climate change, and the absence of specific standards to regulate these tools, can lead to inconsistencies in the results generated. In this context, the objective was to evaluate individual carbon calculators made available on Brazilian websites. Qualitative and quantitative analyzes of 15 different calculators were performed. The input and output data, the emission and removal factors, as well as the values associated with the mitigation possibilities inherent to each calculator were evaluated. The analysis allowed to verify that, even adopting similar data, there is a large discrepancy between the Emission Factors (EF), a fact evidenced clearly by the coefficient of variation of the EF adopted for the emission of liquefied petroleum gas (146.5%). Large amplitude was also found for carbon stock values (139.45 to 359.84 kgCO₂/tree) and this fact indicates that the calculators should take into account more specificities in relation to the planting, since several factors can promote the change in the carbon increment of trees. In addition, it was observed that tips on the possibility of reducing emissions, although they may have a direct influence on the behavior of individuals, are not provided by calculators (27%). On the other hand, most tools (67%) make it possible to offset quantified emissions. Among possible alternatives, offsetting plantations, despite the higher costs and barriers associated with the implementation and maintenance of trees, are offered in greater proportion. This fact must occur due to the environmental and social contributions that these plantations make possible to promote in relation to the purchase of carbon credits. The discrepancies found may affect the credibility of individual carbon calculators and the potential they exert in environmental awareness and decision-making. Thus, the diffusion of the calculators must be accompanied by more specific guidelines in order to minimize the uncertainties associated with the estimates. In general, calculators do not have information about their methods and

estimates, which makes it difficult to compare and inference about the distinctions between parameters.

Keywords: individual emissions; carbon footprint; environmental awareness.

1. INTRODUÇÃO

Diante da crescente percepção sobre a elevação dos níveis de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera e, conseqüentemente, das mudanças climáticas em geral, o comportamento individual tem se tornado relevante no que diz respeito às emissões globais de carbono (PADGETT et al., 2008). O monitoramento da tendência das emissões urbanas ao longo do tempo possibilita analisar o progresso das cidades para reduzir suas emissões de GEE (FRY et al., 2018) e planejar estratégias de mitigação e adaptação às alterações do clima (LOMBARDI et al., 2017).

Em virtude do desejo dos indivíduos em conhecerem sua contribuição diante das mudanças climáticas, vários sites foram criados para ajudar a calcular a estimativa das emissões de GEE que um indivíduo é diretamente responsável durante um determinado período de tempo (PADGETT et al., 2008). Assim, principalmente ao longo da última década, tem ocorrido uma proliferação das calculadoras online de carbono, fornecendo aos indivíduos e famílias ferramentas para estimar sua contribuição diante das mudanças climáticas (BIRNIK, 2013).

As calculadoras individuais, em geral, possibilitam a inserção de informações sobre atividades cotidianas, principalmente, associadas ao consumo de energia, geração de resíduos e utilização de meios de transporte. Com base em diferentes dados de entrada que podem ser fornecidos à escolha do usuário, a ferramenta estima a quantidade de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) que é emitido anualmente pela pessoa ou família. Algumas calculadoras de carbono também oferecem métodos de mitigação, por meio da redução e, ou, compensação das emissões. Essas calculadoras tornaram-se uma ferramenta popular para sensibilizar o público sobre seu impacto climático.

Se por um lado as calculadoras de carbono se difundem e desempenham importante papel educacional e na tomada de decisões, por outro lado existe uma preocupação com possíveis inconsistências nos resultados gerados. Estudos realizados em outros países discutiram sobre a estrutura, bem como sobre resultados obtidos a partir da utilização de calculadoras de carbono (KENNY e GRAY, 2009; MURRAY e DEY, 2009; PADGETT et al., 2008; PANDEY et al., 2011). Possíveis incoerências podem influenciar as decisões dos indivíduos e, portanto, devem ser identificadas para que ações de aprimoramento das ferramentas sejam tomadas. Variações como estas podem ocorrer em virtude da não existência de

padrões no que diz respeito à forma como as emissões devem ser determinadas e, portanto, fica evidente que os usuários provavelmente obterão resultados muito diferentes dependendo da calculadora que escolherem (BIRNIK, 2013; PADGETT et al., 2008).

Diante da expansão do número de novas calculadoras, associado à ausência de normas específicas que regulamentam o desenvolvimento e a propagação dessas ferramentas, justifica-se um estudo que identifique possíveis discrepâncias e a consistência dos sistemas de cálculo existentes. Assim, objetivou-se avaliar as calculadoras individuais de carbono disponibilizadas em *websites* do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram analisadas calculadoras de emissões de GEE disponíveis, especificamente, em *websites* brasileiros. Duas organizações, apesar de apresentarem *layouts* diferentes, utilizam a mesma ferramenta e foram avaliadas conjuntamente. Assim, a amostra foi composta por 15 instrumentos de cálculo, que foram referidas por códigos (Quadro 1).

Quadro 1 – Calculadoras de carbono avaliadas

Organização	Site	Código da calculadora
Centro de Estudos da Cultura e do Meio Ambiente da Amazônia (RIOTERRA) e Iniciativa Verde	rioterra.org.br/calculadora iniciativaverde.org.br/calculadora ^e	A e B
Centro Educacional da Fundação Salvador Arena (CEFSA)	centroeducacionalfsa.org.br/cefsa/calculadora_carbono	C
Companhia Brasileira de Florestas Tropicais (CBFT) - Programa CarboNo	cbft.com.br/programacarbono/ref/calculadoras.aspx	D
Eccaplan Consultoria em Sustentabilidade	calculadora.eccaplan.com.br	E
Economize o Planeta	carbonfootprint.c2es.org/br	F
Fundação SOS Mata Atlântica	sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/como-participar/calculadora	G
Grupo GREEN CO2	greenco2.net/calculadora.html	H
iG - Último Segundo	ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/meioambiente/2012-06-18/calculadora-de-co2-descubra-a-sua-pegada-de-carbono.html	I
Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec)	idec.org.br/climaconsumo	J
Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (Idesam)	idesam.org.br/calculadora	K
Instituto Oksigeno	oksigeno.org.br/#carbom-free	L
Neutralize Carbono	neutralizecarbono.com.br/nc/calculadoradecarbono	M
Organização de Conservação da Terra (OCT)	oct.org.br/calculadora	N
Sustainable Carbon Climate Solutions	webco2.com.br/static/calculator.php	O
Waycarbon - Amigo do Clima	amigodoclima.com.br/calculator/personal	P

Essas calculadoras, além de possuírem coerência geográfica, por serem aplicadas à realidade do brasileiro, fornecem um conjunto de similaridades suficiente para possibilitar a comparação entre as mesmas. Cada calculadora é dividida em categorias que viabilizam a estimativa da emissão individual, que pode ser gerada a partir do preenchimento de distintos dados de entrada de acordo com as fontes emissoras estabelecidas por cada organização. Além do cálculo do perfil emissor do indivíduo, algumas ferramentas possibilitam ao usuário visualizar e, ou, até mesmo implementar ações de mitigação de suas emissões. A comparação das calculadoras embasou-se em três análises centrais.

Primeiramente, foram avaliados qualitativamente os dados de entrada e saída adotados pelas calculadoras. Os dados de entrada referem-se aos *inputs* oferecidos pelas calculadoras que precisam ser preenchidos pelos usuários para que a ferramenta forneça o resultado acerca da emissão. Podem também ser referidos como dados de atividades, ou seja, a medida em que uma atividade humana ocorre (IPCC, 2006a). Já os resultados associados às possibilidades de mitigar as emissões quantificadas, foram denominados como dados de saída.

Em seguida, foi realizada uma análise quantitativa dos Fatores de Emissão (FE) inerentes a cada calculadora. Em síntese, os FE são os coeficientes que, combinados com as informações dos dados de atividade, quantificam as emissões (IPCC, 2006a). Para essa avaliação foram inseridos valores referentes aos dados de entrada em questão. Esse valor foi obtido a partir dos valores recomendados por algumas organizações para o usuário que não saiba ou não tenha disponível determinada informação. Assim, foram adotados valores médios obtidos a partir desses dados recomendado pelas calculadoras que possuíam essa informação (Tabela 1).

Tabela 1 – Valor dos dados de entrada recomendados em calculadoras de carbono e valor médio adotado para os cálculos

Fonte emissora		Recomendado			Adotado	
		Valor	Unidade	Referência	Valor médio	Unidade
Energia	Consumo de energia elétrica	56,94*	R\$/mês. indivíduo ⁻¹	Adaptado Waycarbon (2017)	56,94	R\$/mês. indivíduo ⁻¹
		100,00	kWh/mês. indivíduo ⁻¹	Idesam (2017)		
		100,00	kWh/mês. indivíduo ⁻¹	Oxigênio (2017)	121,00	kWh/mês. indivíduo ⁻¹
		163,00	kWh/mês. indivíduo ⁻¹	Waycarbon (2017)		
	Consumo de gás natural	8,00	m ³ /mês. domicílio ⁻¹	Idesam (2017)	8,00	m ³ /mês. domicílio ⁻¹
		41,74**	R\$/mês. domicílio ⁻¹	Adaptado Idesam (2017) e Gasmig (2017)	41,74	R\$/mês. domicílio ⁻¹
Consumo de GLP	0,50	botijão/mês. indivíduo ⁻¹	Idesam (2017)	0,50	botijão/mês. indivíduo ⁻¹	
Resíduo sólido	Produção de resíduo	187,00	kg/ano	Idec (2017)		
		1,04	kg/dia	Neutralize (2017)	25,96	kg/mês
		31,11	kg/mês	Waycarbon (2017)		
Transporte	Distância percorrida	14000,00	km/ano. veículo ⁻¹	Sustainable Carbon (2017)	14000,00	km/ano. veículo ⁻¹

*Adaptado com base no valor do kWh recomendado pela calculadora (R\$0,34935/kWh).

**Adaptado com base na tarifa com impostos cobrada para medição individual recomendada por GASMIG (2017) para a faixa de consumo de 7,01 m³/mês e 16 m³/mês (R\$5,21769/m³).

A comparação dos resultados foi realizada com base nas estatísticas descritivas advindas dos fatores de emissão dos principais dados de entrada solicitados pelas calculadoras. Para isso, foi calculada a média, em quilogramas de dióxido de carbono por unidade do dado de entrada (kgCO₂/unidade) e, a fim de verificar o grau de concentração dos dados em torno da média, foram calculados o desvio padrão, na mesma unidade da média, e o coeficiente de variação (CV), em porcentagem.

Além disso, uma análise quantitativa dos dados de saída foi realizada. Mais especificamente foram verificados os fatores de remoção adotados para calcular o número de árvores necessário para compensar as emissões calculadas e também os

valores associados às alternativas de neutralização oferecidas pelas calculadoras, sejam elas o plantio de árvores ou a aquisição de créditos de carbono.

Como podem ocorrer atualizações constantes dessas ferramentas, as análises levaram em consideração as informações contidas até novembro de 2017. Os dados e métodos também foram avaliados com base nas informações fornecidas pelos sites que hospedam as calculadoras.

3. RESULTADOS

3.1. Análise qualitativa dos dados de entrada e saída das calculadoras

As calculadoras analisadas são divididas em etapas de cálculo associadas às fontes emissoras consideradas. O consumo de energia, a produção de resíduos e a utilização de meios de transportes são os parâmetros mais comuns. Os critérios energia e resíduo não são levados em consideração somente por uma das calculadoras (E), que é destinada especificamente ao cálculo das emissões associadas ao consumo de combustível dos transportes (Tabela 2).

Tabela 2 – Ocorrência de dados de entrada das fontes emissoras nas calculadoras de carbono analisadas

Fonte emissora/Dado de entrada	Calculadora																% de ocorrência
	A/B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
ENERGIA																	
Energia elétrica																	
Valor/período	•							•	•	•	•			•	•	•	53
Consumo/período	•		•			•	•		•	•	•			•		•	60
Tipos de eletrodomésticos			•											•			13
Gás natural																	
Valor/período	•							•	•		•			•	•		40
Consumo/período	•		•		•	•				•	•					•	47
Gás liquefeito de petróleo																	
Botijões/período	•		•		•		•	•		•	•			•			53
Peso/botijão								•	•								13
Peso/período							•									•	13
Valor/período										•				•	•		20
Tempo de duração										•							7
RESÍDUOS																	
Disposição do resíduo																	
Sem separação			•			•	•		•			•	•	•	•		53
Com separação			•											•			13
Outro			•														7
TRANSPORTE																	
Veículo particular																	
Tipo do veículo	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	93
Combustível	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	93
Quilometragem média/período	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	93
Valor/período										•							7
Tempo/atividade			•														7
Coletivo terrestre																	
Tipo de transporte	•		•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•		80
Quilometragem média/período	•		•		•	•	•	•		•			•	•			60
Quilometragem/viagem					•											•	13
Viagens/período													•			•	13
Tempo/atividade			•														7
Viagem aérea																	
Quilometragem média/viagem					•			•						•			20
Quilometragem real/viagem	•		•						•		•		•	•	•		47
Viagens/período	•		•		•	•			•	•	•		•	•	•	•	73
OUTROS																	
Ar condicionado														•	•		13
Consumo de água			•														7
Dieta	•																7
Efluente			•												•		13
Número de pessoas na residência	•		•		•				•			•		•			40
Região da residência					•				•	•				•			27
Tamanho da residência					•									•			13

O dado de entrada mais frequentemente solicitado para o cálculo da emissão de energia é o consumo em um determinado período de tempo (mês ou ano). As calculadoras brasileiras usualmente subdividem o parâmetro energia nos consumos de energia elétrica, Gás Natural (GN) e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e o “consumo/período” está presente como dado de entrada em 60%, 47% e 53% das calculadoras que estimam, respectivamente, cada uma das fontes emissoras. Esse consumo é geralmente requerido em kWh para o caso de energia elétrica, em m³ para GN e em quantidade de botijões para GLP. O segundo dado de entrada mais usual é o valor cobrado (R\$) em um determinado período de tempo, que pode ser convertido nos consumos de energia elétrica, GN e GLP em 53%, 40% e 20% das calculadoras, respectivamente. Em algumas calculadoras (A/B, L e P), o usuário tem a possibilidade de escolher o “consumo/período” ou o “valor/período” como o dado de entrada que deseja fornecer, tanto para energia elétrica, como GN. As calculadoras C, G, I, J, M, N, O e P também oferecem a alternativa de outros dados de entrada menos usuais, como o tipo de eletrodoméstico, peso e tempo de duração do botijão.

A produção de resíduos é considerada como fonte emissora em nove calculadoras. Para 53%, a separação dos tipos de resíduos não é um dado de entrada solicitado. Mesmo sendo um dado de entrada demandado em 13% das calculadoras, em alguns casos essa separação não é nem mesmo levada em consideração no cálculo das emissões.

Na emissão associada aos meios de transporte, usualmente são abrangidos os veículos particulares, coletivos terrestres e viagens aéreas. No caso de veículos particulares, para que se tenha o consumo de cada tipo de combustível utilizado pelo indivíduo, em 93% das calculadoras são solicitados o tipo do veículo e do combustível e a distância percorrida (km) em um determinado período de tempo (mês ou ano). O tipo de veículo é usualmente subdividido em motocicletas e carros pequenos, médios e grandes e os combustíveis mais utilizados são o etanol hidratado (álcool), diesel, gasolina e Gás Natural Veicular (GNV).

Para os transportes coletivos terrestres, o tipo do veículo (metrô, ônibus e, ou, trem) e a distância percorrida são os principais dados de entrada levados em consideração, sendo adotados, respectivamente, em 80% e 60% das calculadoras. Quando somente os tipos de veículos são solicitados pelas calculadoras, é provável que elas utilizem um banco de dados de para encontrar o consumo de combustível em cada caso.

A viagem aérea é outra fonte de emissão atribuível ao comportamento individual e está incluída na maioria das calculadoras, exceto em duas (C e L). Os indivíduos que utilizam esse tipo de transporte, em 73% das calculadoras necessitam somente saber o número de viagens de avião que realizam em um intervalo de tempo. É comum o usuário necessitar classificar suas viagens em curta, média e longa, de acordo com a distância percorrida entre a origem e o destino.

Além dos parâmetros supracitados, algumas calculadoras possibilitam a inserção de outros dados de entrada para o cálculo das emissões individuais. Dentre esses, duas ferramentas (M e N) permitem incluir informações acerca da utilização de ar condicionado e outras duas acerca da geração de efluentes (D e O). O consumo de água é demandado em apenas uma calculadora (D), assim como a dieta (tipo de alimentação) do indivíduo (A/B). O número de pessoas na residência é interrogado em 40% das calculadoras (A/B, D, F, J, M e O) e é um dado relevante quando o cálculo final se refere à emissão total da residência e deseja-se saber o cálculo individual. Dados específicos da residência, como região e tamanho, são diretamente solicitados em 27% e 13% das calculadoras, respectivamente. Além disso, as calculadoras podem adotar diferentes fatores de emissão e valores cobrados associados ao consumo de energia, de acordo com a região na qual se localiza a residência e, por esse motivo, é um *input* adotado por algumas ferramentas. Além disso, apesar do comportamento individual influenciar diretamente o perfil das emissões, o tamanho da residência é também um parâmetro adotado por duas calculadoras (F e M) como forma de estimar de maneira indireta a emissão do indivíduo.

Além dos dados de entrada necessários para o cálculo da estimativa da emissão associada ao comportamento individual, muitas das calculadoras analisadas oferecem dados de saída associados aos meios para mitigar as emissões de GEE de um indivíduo (Tabela 3).

Tabela 3 – Ocorrência de dados de saída existentes nas calculadoras de carbono analisadas

Dado de saída	Calculadora														% de ocorrência	
	A e B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		P
REDUÇÃO DAS EMISSÕES																
Dicas de redução								27
NEUTRALIZAÇÃO/COMPENSAÇÃO DAS EMISSÕES																
Possibilidade de neutralização	67
Número de árvores			53
Forma de neutralização																
Plantio de árvores			40
Compra de crédito					27

Dentre outras alternativas possíveis, as calculadoras oferecem dicas de redução e, ou, neutralização das emissões como possibilidades de atenuação das mudanças climáticas. Neste âmbito, somente quatro calculadoras (C, F, I e J) fornecem dicas sobre mudanças de comportamento que possibilitam reduzir as emissões individuais. Por outro lado, a maioria das calculadoras oferecem a possibilidade da neutralização das emissões do usuário (67%) e a estimativa do número de árvores necessárias para realizar a compensação (53%). Os métodos típicos de neutralização ou compensação das emissões incluem o plantio de árvores e a compra de crédito de carbono, sendo o primeiro método mais usualmente adotado pelas calculadoras (40%). Em 33% das calculadoras há somente o cálculo das emissões individuais, não sendo fornecidas nenhuma alternativa de compensação.

3.2. Análise quantitativa dos fatores de emissão adotados

O valor inserido para cada dado de entrada é convertido em uma quantidade de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}), utilizando fatores de conversão associados a cada fonte emissora. Cada calculadora adota fatores que julgam mais coerentes para estimar a emissão individual, denominados Fatores de Emissão (FE).

Do mesmo modo como foram observadas divergências qualitativas entre as calculadoras, verificou-se que os FE também se divergem. A análise quantitativa para cada fonte emissora, assim como as estatísticas descritivas associadas aos FE encontrados (Apêndice B), demonstraram grande variabilidade entre os resultados gerados pelas calculadoras. Para isso, foi calculada a média, o desvio padrão e o

coeficiente de variação dos FE de cada fonte emissora associados aos principais dados de entrada adotados (Tabela 4).

Tabela 4 – Comparação dos valores das estatísticas descritivas (média, desvio padrão e coeficiente de variação – CV) dos fatores de emissão adotados nas calculadoras de carbono

Fonte emissora/Dado de entrada	Estatística descritiva dos fatores de emissão		
	Média	Desvio padrão	CV (%)
ENERGIA			
Energia elétrica			
Valor/período (kgCO ₂ e/R\$)	0,24	±0,15	±60,57
Consumo/período (kgCO ₂ e/kWh)	0,10	±0,06	±66,33
Gás natural			
Valor/período (kgCO ₂ e/R\$)	0,59	±0,18	±31,08
Consumo/período (kgCO ₂ e/m ³)	2,07	±0,13	±6,37
Gás liquefeito de petróleo			
Botijão ou peso/período (MgCO ₂ e/botijão)	0,11	±0,16	±146,54
RESÍDUOS			
Disposição do resíduo			
Peso/período (kgCO ₂ e/kg resíduo)	1,493	±0,781	±52,28
TRANSPORTE			
Veículo particular			
Quilometragem média - álcool ou flex/período (kgCO ₂ e/km)	0,135	±0,098	±72,55
Quilometragem média - diesel/período (kgCO ₂ e/km)	0,270	±0,068	±25,11
Quilometragem média - gasolina/período (kgCO ₂ e/km)	0,224	±0,074	±33,26
Quilometragem média - veículo GNV (kgCO ₂ e/km)	0,183	±0,070	±38,06
Coletivo terrestre			
Quilometragem média - metrô/período (kgCO ₂ e/km)	0,047	±0,047	±100,91
Quilometragem média - ônibus/período (kgCO ₂ e/km)	0,062	±0,040	±63,60
Quilometragem média - trem/período (kgCO ₂ e/km)	0,078	±0,033	±42,02
Viagem aérea			
Quilometragem média - curta distância (kgCO ₂ e/km)	0,176	±0,067	±38,18
Quilometragem média - média distância (kgCO ₂ e/km)	0,110	±0,040	±36,90
Quilometragem média - longa distância (kgCO ₂ e/km)	0,109	±0,048	±44,15

Dentre as três categorias principais analisadas, aquela com maior coeficiente de variação médio foi a de energia (62,18%). Especificamente, o fator de emissão com maior dispersão em torno da média está relacionado ao consumo de GLP, com

desvio padrão de 0,160 megagrama de CO₂e por unidade de botijão consumida (MgCO₂e/botijão) e coeficiente de variação de 146,54%.

Para o caso do FE associado à produção de resíduos, a maioria dos dados obtidos (52,28%) também se encontram dispersos em torno do valor médio encontrado de 1,493 quilogramas de CO₂e por quilograma de resíduo gerado (kgCO₂e/kg).

Os resultados das emissões relacionadas ao transporte também demonstraram variação. Neste caso, foi obtido um valor médio de FE para os principais dados de entrada associados à cada categoria. Especificamente na categoria dos veículos particulares, verificou-se o maior FE médio para os veículos que utilizam diesel (0,270 kgCO₂e/km) e o maior coeficiente de variação (72,55%) no caso dos veículos flex ou que utilizam somente álcool como combustível. Verificou-se que o maior coeficiente de variação geral (100,91%) para transporte está associado ao transporte coletivo, especificamente à utilização de metrô, com média e desvio padrão iguais a 0,047 quilogramas de CO₂e por quilômetro percorrido (kgCO₂e/km). As viagens aéreas de curta distância são responsáveis pelo maior FE médio (0,176 kgCO₂e/km) e as de longa distância pelo maior coeficiente de variação (44,15%).

3.3. Análise quantitativa dos fatores de remoção e valores associados às alternativas de neutralização

Dentre as possibilidades de mitigação das emissões, realizou-se uma comparação entre os fatores de remoção utilizados pelas calculadoras que fornecem o número de árvores necessárias para a compensação e entre os valores cobrados pelas calculadoras para diferentes alternativas de neutralização (Tabela 5).

Tabela 5 – Comparação dos valores de estoque de carbono (kgCO₂/árvore) e dos valores adotados para a neutralização por meio de plantio (R\$/árvore ou kgCO₂) e compra de créditos de carbono (R\$/kgCO₂), em calculadoras de carbono disponíveis no Brasil

Calculadora	Estoque de carbono (kgCO ₂ /árvore)	Valor adotado		
		Plantio (R\$/árvore)	Plantio (R\$/kgCO ₂)	Crédito de carbono (R\$/kgCO ₂)
A e B	158,16	15,00	0,095	-
C	188,01	-	-	-
D	-	-	0,065	-
E	-	-	-	0,035
F	-	-	-	-
G	139,45	14,00	0,100	-
H ¹	-	-	-	-
I	157,39	-	-	-
J	-	-	-	-
K	359,84	28,50	0,079	-
L	158,80	-	-	-
M	-	-	-	0,035
N	164,98	15,00	0,091	-
O	-	-	-	0,015
P	-	-	-	0,030
Média	189,52	18,12	0,086	0,029
Desvio padrão	76,46	6,93	0,014	0,009
CV	40,35	38,25	16,40	31,91

¹A calculadora oferece a possibilidade de plantio de árvores, no entanto, a ferramenta não gerou o valor adotado e, portanto, foi desconsiderada das análises.

Ao considerar todas as calculadoras que possibilitam a estimativa das árvores que deveriam ser plantadas para compensar a quantidade emitida, o estoque de carbono adotado variou de 139,45 a 359,84 kgCO₂/árvore. O valor médio encontrado foi de 189,52 kgCO₂/árvore e apresentou um coeficiente de variação de 40,35%.

As calculadoras A/B, D, G, H, K e N utilizam o plantio de árvores como sua principal alternativa de neutralização das emissões. O valor médio encontrado para o plantio de uma árvore foi de R\$18,12, sendo o valor mínimo adotado foi de R\$14,00. No entanto, apesar do plantio de árvores ser o método mais usual, o valor cobrado por quantidade emitida é superior quando comparado ao encontrado para as calculadoras que fornecem a compra de créditos de carbono como alternativa. A

diferença média encontrada foi de R\$0,57/ kgCO₂, no entanto, o valor cobrado não deve ser o único fator a ser considerado na escolha da forma de compensação.

4. DISCUSSÃO

As calculadoras online de carbono são ferramentas importantes para estimar o perfil das emissões individuais e para fornecer subsídios que podem levar a mudanças comportamentais individuais e coletivas. Embora essas calculadoras possam promover a conscientização pública sobre as emissões de carbono do comportamento individual (PADGETT et al., 2008), verificou-se que muitas são as variações encontradas entre os dados de entrada e saída, bem como entre os fatores de emissão e remoção das ferramentas brasileiras.

A variabilidade verificada entre os dados de entrada solicitados pelas calculadoras não necessariamente apresenta-se como uma adversidade, uma vez que uma mesma informação pode ser obtida a partir de diferentes maneiras e o preenchimento do usuário pode ser facilitado. No caso dos consumos de energia elétrica e de GN, por exemplo, observou-se que as calculadoras fornecem a opção de preenchimento do dado de entrada a partir do consumo e, ou, do valor da conta. Para viagens aéreas, a estimativa pode ser obtida tanto pela distância real percorrida em cada viagem, como também pelo número de viagens realizadas, assim como observado para a maioria das calculadoras norte-americanas (PADGETT et al., 2008). De acordo com o entendimento e a disponibilidade dos dados pelo usuário, é possível encontrar o resultado esperado a partir das distintas possibilidades, no entanto, é importante ressaltar que a precisão do cálculo pode variar em função do nível de detalhamento adotado.

Além das fontes emissoras comumente consideradas, algumas calculadoras solicitam dados de entrada menos usuais. O consumo de alimentos, assim como as escolhas alimentares, são responsáveis por uma proporção considerável de emissões de GEE (HYLAND et al., 2017), no entanto, geralmente não compõem as calculadoras uma vez que estão fora do escopo das emissões diretas do indivíduo ou da residência. Além disso, aspectos como idade, localização e tamanho das residências também podem afetar direta e indiretamente as estimativas das emissões (MATTINEN et al., 2014). De acordo com os autores, aspectos econômicos também exercem influência sobre os resultados. Em um estudo com famílias gregas, os autores observaram uma ligeira tendência de crescimento da “pegada de carbono” no período de maior crescimento econômico e de melhorias no padrão de vida, bem como a inversão da situação na época de encolhimento dos rendimentos familiares

(MARKAKI et al., 2017). A idade e os aspectos econômicos podem influenciar, por exemplo, o consumo de combustível. Esses parâmetros afetam também a produção de resíduos, assim como os hábitos alimentares dos indivíduos. O consumo de energia pode ser influenciado pela localização e o tamanho da residência. Deste modo, esses parâmetros afetam as emissões diretas dos indivíduos e, em geral, são levados em consideração indiretamente pelas calculadoras.

Cada dado de entrada necessita de um fator de emissão específico para fornecer o resultado. Assim, a adoção de diferentes dados de entrada associada com distintos fatores de conversão, pode acarretar ainda mais a variabilidade dos resultados e dos dados de saída fornecidos. Isso pode ser demonstrado por meio de uma simulação a partir dos fatores médios de emissão e remoção encontrados para as calculadoras analisadas. Para o dado de entrada “consumo/período” o FE encontrado foi de 0,096 kgCO₂e/kWh, para “valor/período” foi 0,244 kgCO₂e/R\$ e 189,52 kgCO₂e/árvore para o fator médio de remoção. Ao se considerar uma conta de energia elétrica do município de Viçosa, Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, o consumo mensal de 158 kWh equivale a R\$147,89 no mês de dezembro de 2017. Ao considerar os referidos dados de entrada e fatores de conversão, a emissão estimada é de 182,016 kgCO₂e/ano e 433,022 kgCO₂e/ano, sendo necessárias o plantio de aproximadamente uma e três árvores para compensar essa emissão anual referente ao consumo em kWh e ao valor em R\$, respectivamente. Em parte, essa diferença pode ser explicada pelo fato de estarem embutidos outros encargos e tarifas no valor pago, que não equivalem somente ao consumo de energia elétrica. No entanto, mesmo considerando somente o custo associado ao consumo (R\$131,57), a emissão ainda é 203,221 kgCO₂e/ano superior à emissão utilizando o dado em kWh.

Além disso, muitas vezes as variações dos resultados não estão relacionadas diretamente ao emprego de distintos dados de entrada. A adoção de fatores de conversão e metodologias de cálculo também favorecem estimativas diferentes para uma mesma fonte emissora. Assim, embora algumas calculadoras empreguem entradas uniformes e abordagens semelhantes, ainda sim seus resultados podem variar. Ao considerar um mesmo dado de entrada de “consumo/período” de 158 kWh/mês, a emissão anual é de 47,400 kgCO₂e/ano para a calculadora G e de 352,656 kgCO₂e/ano para a calculadora N. Isso ocorre em virtude da diferença dos FE adotados, de 0,025 kgCO₂e/kWh e 0,186 kgCO₂e/kWh, respectivamente, mesmo considerando os mesmos insumos. Este tipo de divergência não está necessariamente

associado a um erro em relação à adoção de um valor, mas pode estar relacionada à escolha do valor julgado como mais conveniente no momento de desenvolvimento da ferramenta e à atualização dos fatores ao longo dos anos. Este tipo de variação foi encontrado para todos os dados de entrada analisados.

Assim como no presente trabalho, outros autores também analisaram e discorreram sobre a variabilidade encontrada em distintas calculadoras de carbono (KENNY e GRAY, 2009; MURRAY e DEY, 2009; PADGETT et al., 2008; PANDEY et al., 2011). Trabalhos realizados em outros países indicam que o aumento do número deste tipo de ferramenta foi acompanhado por inconsistências. Todos os estudos verificaram que as ferramentas variam amplamente em termos de sua estrutura, bem como os resultados que são produzidos.

A escolha da calculadora pode afetar as decisões dos indivíduos que estejam dispostos a adaptarem suas escolhas segundo suas emissões. Em um estudo realizado com estudantes de pós-graduação da Itália e do Reino Unido verificou-se que a utilização de uma calculadora de carbono, os permitiu debater sobre as consequências ambientais de seus comportamentos atuais de consumo e os efeitos associados às mudanças de suas condutas (COLLINS et al., 2018). Outro trabalho discutiu o impacto da calculadora “*Act on CO₂*”, introduzida no Reino Unido como meio de incentivar as famílias a reduzir suas emissões, sobre o estilo de vida doméstico e, particularmente, sobre as mulheres dentro das famílias (AGUIAR et al., 2016b). Diante do potencial de convencimento que os resultados dessas ferramentas exercem sobre as pessoas, variações podem influenciar a extensão e o foco das decisões individuais, assim como dos formuladores de políticas sobre estratégias de redução das emissões (PADGETT et al., 2008).

Deste modo, a análise e a escolha do instrumento a ser utilizado é de suma importância. No caso do presente estudo, a calculadora I, independentemente do tipo de combustível, possui o mesmo FE associado à utilização de veículo particular. Já as demais calculadoras adotam fatores diferenciados. Assim, um indivíduo que queira reduzir suas emissões e opte por realizar seus cálculos pela primeira calculadora citada, não observará diferença entre os resultados, mesmo que abasteça seu veículo com um biocombustível. Combustíveis alternativos, como o álcool, têm sido amplamente estudados como base para a mistura com combustíveis convencionais, como o diesel. Sua base de recursos renováveis e propriedades

oxigenadas pode reduzir significativamente as emissões dos motores a diesel (GENG et al., 2017).

Apesar de um estudo não ter demonstrado muita influência do conhecimento das emissões individuais, por exemplo, na escolha do transporte pessoal (CHATTERTON et al., 2009) e embora as discrepâncias demonstradas possam parecer pequenas em alguns casos, elas podem produzir uma variação considerável em resultados analisados coletivamente. Assim, se 1% da população dos EUA estimasse incorretamente suas emissões em aproximadamente 2 tCO₂ por pessoa por ano, isso resultaria em um valor de emissões de CO₂ de 5,6 milhões de t para mais ou para menos (PADGETT et al., 2008). No caso do Brasil, considerando uma população de aproximadamente 208 milhões de pessoas (IBGE, 2018) e o mesmo erro do estudo anterior, a variação seria de 4,16 milhões de t. Este tipo de discrepância pode afetar a conscientização pública sobre as emissões dos indivíduos e também o tipo e a magnitude dos esforços de redução e compensação dessas emissões, portanto, a variabilidade observada pode induzir diferentes tomadas de decisão e gerar efeitos inesperados, principalmente em larga escala.

Os resultados apresentados revelam uma falta de uniformidade entre as calculadoras e, conforme observado, essas variações podem ser resultado de distintos motivos, bem como da associação entre eles. Da mesma forma que verificado por Padgett et al. (2008) para as calculadoras norte-americanas, a ausência de informações específicas sobre as metodologias para estimar as emissões, assim como a falta de transparência dos sites, dificulta a compreensão mais precisa do motivo de ocorrerem tais variações também no caso das calculadoras brasileiras. Segundo os mesmos autores, a transparência das calculadoras possibilitaria aos usuários compreender melhor os cálculos e os resultados e escolher uma calculadora mais adaptada às suas necessidades. Isso também pode influenciar em que medida as pressões de mercado, sociais ou regulatórias aumentarão os incentivos para a consistência da calculadora.

Uma alternativa para que as calculadoras forneçam resultados mais confiáveis poderia ser o estabelecimento de normas regulamentadoras que versassem sobre a elaboração e a propagação de calculadoras desse tipo. Diversas são as diretrizes (ABNT, 2007; IPCC, 2006b; MCTIC, 2015) com especificações e orientações para a quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções. Inclusive, as metodologias empregadas nas calculadoras são baseadas, na maioria dos casos,

nessas normas, no entanto, elas não foram concebidas com a finalidade específica de regulamentarem o desenvolvimento e a disseminação de calculadoras de carbono. A padronização, principalmente dos fatores de emissão adotados para um mesmo dado de entrada, poderia elevar o nível de precisão dos cálculos e propiciar estimativas mais próximas da realidade.

Além da necessidade de estimativas passíveis de confiabilidade, são necessárias ações consistentes que auxiliem os indivíduos na diminuição de suas emissões, principalmente daquelas que possuem maior contribuição de acordo com a realidade de cada residência. Devido a sua contribuição para as mudanças climáticas, a redução das emissões associadas ao consumo de energia é fundamental para a melhoria do clima urbano local e para o desenvolvimento sustentável das cidades (LI et al., 2018). Em virtude do desenvolvimento econômico, do crescimento populacional e do aumento do consumo, uma grande quantidade de resíduos está sendo gerada (HWANG et al., 2017) e, a fim de reduzir as emissões desse setor, a identificação da causalidade da geração de resíduos e, conseqüentemente, das emissões, deve ser amplamente observada (LEE et al., 2016). Assim como nas demais categorias citadas anteriormente, o setor de transportes também representa uma grande proporção das emissões ambientais (FAN et al., 2017) e, portanto, a mobilidade urbana também se apresenta como um desafio diante da mitigação das mudanças climáticas.

Deste modo, a adoção de ações com potencial de redução das emissões é um relevante aspecto a ser abordado pelas calculadoras. Mesmo quando as calculadoras não são acopladas com alternativas de compensação, elas desempenham um papel fundamental na promoção de reduções de emissões de carbono por meio de mudanças de comportamento individuais (PADGETT et al., 2008). Em geral, o setor residencial é fundamental para reduzir as emissões de GEE devido à sua significativa contribuição para as mudanças climáticas (GENG et al., 2017) e, apesar do conhecimento de estratégias de redução dessas emissões ser fundamental na sensibilização comportamental dos indivíduos, as dicas de redução são ainda pouco adotadas pelas calculadoras.

Por outro lado, a maioria das calculadoras oferece uma estimativa do número de árvores necessárias para realizar a compensação das emissões quantificadas. Dentre as calculadoras que possuem este dado de saída, o valor do estoque de carbono adotado apresentou considerável variação em torno do valor médio

encontrado de 0,189 tCO₂/árvore. No caso das calculadoras *American Forests* e *The Conservation Fund*, ambas dos EUA, cada árvore representa 0,30 e 3,6 t de emissões de CO₂ mitigadas, respectivamente (PADGETT et al., 2008). Fatores intrínsecos às espécies e às condições edafoclimáticas do local de plantio afetam a estocagem de carbono nos indivíduos arbóreos e podem explicar as variações encontradas. Além disso, o horizonte de tempo adotado, também pode ser fonte de variação, no entanto, exceto a calculadora “N”, nenhuma delas apresentou claramente o horizonte de tempo de crescimento das árvores para chegarem ao estoque estimado. Esta é uma questão que deveria ser informada, para uma melhor compreensão dos seus usuários. No Brasil, é comumente adotado em projetos desta natureza um horizonte de estocagem de cerca de 30 anos (AGUIAR et al., 2016a; BRIANEZI et al., 2014) para a compensação das emissões.

Dentre as ferramentas que fornecem alternativas de neutralização voluntária das emissões quantificadas, a neutralização via plantio de árvores, apesar de ter apresentado um custo superior, é a alternativa mais oferecida pelas calculadoras brasileiras. Já dentre seis calculadoras norte-americanas que oferecem a possibilidade de compensação, somente duas adotam o reflorestamento e as demais oferecem a compra de créditos de energia renovável como seu principal método de mitigação de emissões (PADGETT et al., 2008). No entanto, ao contrário do presente estudo, os autores citados verificaram que o valor cobrado por projetos relacionados ao reflorestamento (média de \$4 por tonelada) é inferior ao preço associado aos projetos de eficiência energética (média de \$15,18 por tonelada).

Além do valor cobrado, a escolha da alternativa para compensação também deve levar em consideração as vantagens e desvantagens de cada método. A compra de crédito no mercado de carbono pode gerar mais segurança ao usuário em virtude de menos incertezas associadas ao método. O mesmo nem sempre ocorre nos projetos de compensação via plantio de árvores, que enfrentam alguns desafios como a falta de regulamentação, a manutenção das mudas plantadas, a falta de divulgação com transparência dos locais onde os plantios foram implementados, a ausência de um padrão dos fatores de remoção das árvores e o monitoramento para verificação da estocagem de carbono (HASSAN, 2009). Apesar do papel potencialmente importante na política climática, as compensações de carbono por meio das florestas enfrentam inúmeras barreiras que podem limitar sua implementação (ST-LAURENT et al., 2017).

A despeito dos desafios levantados, esses projetos de compensação possuem outras contribuições ambientais e sociais. Os plantios de neutralização, além da finalidade principal a qual se propõem, de promoverem a fixação de carbono na biomassa, podem promover o auxílio na conservação e restauração de biomas e áreas degradadas, além de poderem auxiliar no atendimento da legislação florestal vigente. Assim, o alto custo que envolve a implementação e o monitoramento dessas áreas, justificam o valor superior cobrado pelas calculadoras que empregam esse tipo de alternativa. Por outro lado, o estabelecimento de parcerias com proprietários rurais, pode auxiliar na regularização fundiária e reduzir custos de reposição florestal nessas propriedades. É importante reforçar que, apesar da neutralização de carbono possuir relevante contribuição, deve sempre estar atrelada à sensibilização das pessoas e organizações, para que estratégias de redução das emissões não sejam esquecidas.

As calculadoras não oferecem muitas informações sobre os métodos e estimativas empregados nos cálculos dos dados de saída, assim como ocorre no caso dos dados de entrada e dos fatores de emissão. Essa falta de transparência dos sites dificulta o entendimento e a tomada de decisão dos indivíduos e dos formuladores de políticas. Em virtude do potencial de crescimento da utilização de ferramentas desse tipo, a clareza e precisão dos dados podem propiciar benefícios ainda mais consistentes.

5. CONCLUSÕES

Existe discrepância entre os fatores de emissão utilizados pelas calculadoras, sendo que a maioria dos dados de entrada (87,5%) apresentou coeficiente de variação superior a 30%, chegando ao valor de 146,5% para o consumo de GLP.

Os valores de estoque de carbono adotados apresentam considerável amplitude (139,45 a 359,84 kgCO₂/árvore). Este fato indica que as calculadoras deveriam levar em consideração mais especificidades em relação ao plantio, uma vez que diversos fatores podem promover a alteração do incremento de carbono das árvores.

As variações encontradas entre as calculadoras demonstram a necessidade de maior padronização dos fatores de conversão, principalmente dos fatores de emissão. A garantia da adoção de diretrizes regulamentadoras e a implementação de normas específicas para as calculadoras de carbono podem auxiliar no fornecimento de calculadoras que ofereçam estimativas mais próximas do valor real.

Dicas de redução das emissões, apesar de grande relevância na sensibilização do comportamento dos indivíduos, são pouco adotadas pelas calculadoras (27%). Por outro lado, a maioria (67%) delas oferece a possibilidade de neutralização das emissões quantificadas.

Apesar da neutralização via plantio de árvores ter um custo superior, esta é a possibilidade de neutralização mais ofertada pelas calculadoras (60%). Além do custo mais elevado, os plantios de neutralização apresentam outros desafios, no entanto, esses são superados pelas contribuições ambientais e sociais que possibilitam promover.

Em geral, as calculadoras não possuem informações sobre seus métodos e estimativas, o que dificulta a comparação e a inferência sobre as distinções entre os parâmetros.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 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. 20p. 2007.
- AGUIAR, L. V.; FORTES, J. D. N.; MARTINS, E. Neutralização compensatória de carbono – estudo de caso: indústria do setor metal mecânico, Rio de Janeiro (RJ). **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 21, n. 1, p. 197-205, 2016a.
- AGUIAR, T. R. S.; FEARFULL, A.; FONS, M. V. S. Calculating the carbon footprint: Implications for governing emissions and gender relations. **Accounting Forum**, v. 40, n. 2, p. 63-77, 2016b.
- BIRNIK, A. An evidence-based assessment of online carbon calculators. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 17, p. 280-293, 2013.
- BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; GONÇALVES, W.; ROCHA, S. J. S. J. Balanço de emissões e remoções de Gases de Efeito Estufa no campus da Universidade Federal de Viçosa. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 182-191, 2014.
- CBFT. Companhia Brasileira de Florestas Tropicais. Programa CarboNO. Disponível em: <<http://cbft.com.br/programacarbono/ref/calculadoras.aspx>>. Acesso em: 03 nov. 2017.
- CEFSA. Centro Educacional da Fundação Salvador Arena. CEFSA Solidário – Pegada Ecológica. 2014. Disponível em: <<http://centroeducacionalfsa.org.br/cefsa/calculadora%5Fcarbono/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.
- CHATTERTON, T. J.; COULTER, A.; MUSSELWHITE, C.; LYONS, G.; CLEGG, S. Understanding how transport choices are affected by the environment and health: Views expressed in a study on the use of carbon calculators. **Public Health**, v. 123, n. 1, p. 45- 49, 2009.
- COLLINS, A.; GALLI, A.; PATRIZI, N.; PULSELLI, F. M. Learning and teaching sustainability: The contribution of Ecological Footprint calculators. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 1000-1010, 2018.
- ECCAPLAN. Eccaplan Consultoria em Sustentabilidade. Calcule e Neutralize suas emissões de CO₂. Disponível em: <<https://calculadora.eccaplan.com.br/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.
- ECONOMIZE O PLANETA. Economize o Planeta. Qual é minha pegada?. Disponível em: <<http://carbonfootprint.c2es.org/br>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

FAN, J.; WANG, J.; LI, F.; YU, H.; ZHANG, X. Energy demand and greenhouse gas emissions of urban passenger transport in the Internet era: A case study of Beijing. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 177-189, 2017.

FRY, J.; LENZEN, M.; JIN, Y.; WAKIYAMA, T.; BAYNES, T.; WIEDMANN, T.; MALIK, A.; CHEN, G.; WANG, Y.; GESCHKE, A.; SCHANDL, H. Assessing carbon footprints of cities under limited information. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 1254-1270, 2018.

GASMIG. Companhia de Gás de Minas Gerais. Tarifas Residencial. Disponível em: <<http://www.gasmig.com.br>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

GENG, P.; CAO, E.; TAN, Q.; WEI, L. Effects of alternative fuels on the combustion characteristics and emission products from diesel engines: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 523-534, 2017.

GREEN CO2. Grupo Green CO2. Calculadora de emissão de CO2. Disponível em: <<http://greenco2.net/calculadora.html>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

HASSAN, A. B. R. S. **Reservas legais e projetos de neutralização de emissões de carbono: uma estratégia para auxiliara implementação de áreas protegidas na Mata Atlântica**. 2009. 192 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

HWANG, K.; CHOI, S.; KIM, M.; HEO, J.; ZOH, K. Emission of greenhouse gases from waste incineration in Korea. **Journal of Environmental Management**, v. 196, p. 710-718, 2017.

HYLAND, J. J.; HENCHION, M.; MCCARTHY, M.; MCCARTHY, S. N. The role of meat in strategies to achieve a sustainable diet lower in greenhouse gas emissions: A review. **Meat Science**, v. 132, p. 189-195, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

IDEC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. Calculadora de emissões. Disponível em: <<http://idec.org.br/climaeconsumo/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

IDESAM. Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia. Calculadora de CO2. Disponível em: <<http://www.idesam.org.br/calculadora/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

IG. Último Segundo – Meio ambiente. Calculadora de CO2: Descubra a sua pegada de carbono. 2012. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/meioambiente/2012-06-18/calculadora-de-co2-descubra-a-sua-pegada-de-carbono.html>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

- INICIATIVA VERDE. Iniciativa Verde. Calcule sua Pegada de Carbono pessoal!. Disponível em: <<http://www.iniciativaverde.org.br/calculadora/index.php>>. Acesso em: 03 nov. 2017.
- INSTITUTO OKSIGENO. Instituto Oksigeno. Carbo-Neutro: Calculadora de CO₂ emitido. Disponível em: <<http://oksigeno.org.br/#carbom-free>>. Acesso em: 03 nov. 2017.
- IPCC. International Panel on Climate Change. Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006a. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- IPCC. International Panel on Climate Change. General Guidance and Reporting – Chapter 1: Introduction to the 2006 Guidelines. 12 p. 2006b.
- KENNY, T.; GRAY, N. F. Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 29, n. 1, p. 1-6, 2009.
- LEE, S.; KIM, J.; CHONG, W. K. O. The causes of the municipal solid waste and the greenhouse gas emissions from the waste sector in the United States. **Waste Management**, V. 56, P. 593-599, 2016.
- LI, Y.; HE, Q.; LUO, X.; ZHANG, Y.; DONG, L. Calculation of life-cycle greenhouse gas emissions of urban rail transit systems: A case study of Shanghai Metro. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 128, p. 451-457, 2018.
- LOMBARDI, M.; LAIOLA, E.; TRICASE, C.; RANA, R. Assessing the urban carbon footprint: An overview. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 66, p. 43-52, 2017.
- MARKAKI, M.; BELEGRI-ROBOLI, A.; SARAFIDIS, Y.; MIRASGEDIS, S. The carbon footprint of Greek households (1995–2012). **Energy Policy**, v. 100, p. 206-215, 2017.
- MATTINEN, M. K.; HELJO, J.; VIHOLA, J.; KURVINEN, A.; LEHTORANTA, S.; NISSINEN, A. Modeling and visualization of residential sector energy consumption and greenhouse gas emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 81, p. 70-80, 2014
- MCTIC. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Relatórios de Referência do III Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. 2015.
- MURRAY, J.; DEY, C. The carbon neutral free for all. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v.3, n. 2, p. 237-248, 2009.
- NEUTRALIZE CARBONO. Neutralize Carbono. Calculadora de carbono. Disponível em: <<http://neutralizecarbono.com.br/nc/calculadoradecarbono/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

OCT. Organização de Conservação da Terra. Calculadora Pessoa Física. 2017. Disponível em: <<http://oct.org.br/calculadora>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

PADGETT, J. P.; STEINEMANN, A. C.; CLARKE, J. H.; VANDENBERGH, M. P. A comparison of carbon calculators. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, n. 2-3, p. 106-115, 2008.

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; PANDEY, J. S. Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, n. 1-4, p. 135-160, 2011.

RIOTERRA. Centro de Estudos da Cultura e do Meio Ambiente da Amazônia. Compensação de Carbono. 2015. Disponível em: <<http://rioterra.org.br/calculadora/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

SOS MATA ATLÂNTICA. FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Calculadora de emissão de CO₂. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/como-participar/calculadora/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

ST-LAURENT, G. P.; HAGERMAN, S.; HOBERG, G. Barriers to the development of forest carbon offsetting: Insights from British Columbia, Canada. **Journal of Environmental Management**, v. 203, n. 1, p. 208-217, 2017.

SUSTAINABLE CARBON. Sustainable Carbon Climate Solutions. Calcule sua pegada de CO₂. Disponível em: <<https://www.webco2.com.br/static/calculator.php>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

WAYCARBON. WayCarbon. Calculadora Amigo do Clima. Disponível em: <<http://amigodoclima.com.br/calculator/personal>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

CAPÍTULO 3

SOFTWARE PARA INVENTÁRIO E NEUTRALIZAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: DESENVOLVIMENTO E POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO

RESUMO

A existência de um sistema que permita calcular as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e a compensação de carbono de distintas atividades é uma demanda presente em diversos segmentos da sociedade. Apesar da ocorrência de ferramentas que fornecem essas estimativas, elas apresentam aspectos que necessitam de revisão e atualização e, portanto, podem afetar a confiabilidade dos dados gerados. Diante do aumento do interesse por esse tipo de sistema, objetivou-se desenvolver um software integrado para inventário de emissões de GEE e neutralização de carbono em três níveis de cálculo: individual, eventos e propriedade rural. Os parâmetros necessários para os cálculos das emissões foram obtidos especialmente a partir das diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). O cálculo da remoção de carbono também foi fundamentado nas recomendações dessas organizações e baseou-se em coeficientes, incremento de carbono, encontrados por meio de pesquisa bibliográfica. A programação do software foi realizada por uma empresa especializada vinculada à Universidade Federal de Viçosa e foram adotados a linguagem de programação PHP, o *framework* Symfony e o conjunto de ferramentas Bootstrap. O software foi denominado *CZ 1.0* e apresenta distintos diferenciais em relação a outras ferramentas. A oportunidade de utilização dos sistemas por usuários com diferentes níveis de conhecimento sobre os dados, além da ampla possibilidade de aplicações nos diferentes níveis de cálculo, pode contribuir para o balizamento e tomada de decisões quanto a ampliação, formulação e implementação de políticas públicas e privadas, associadas à mitigação das mudanças climáticas em diferentes setores.

Palavras-chave: calculadora de carbono; mudanças climáticas; quantificação de emissões.

CHAPTER 3

INTEGRATED SOFTWARE FOR INVENTORY AND OFFSETTING OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS: DEVELOPMENT AND APPLICATION POSSIBILITIES

ABSTRACT

The existence of a system that allows the calculation of Greenhouse Gas (GHG) emissions and carbon offsetting of different activities is a demand present in different segments of society. Despite the occurrence of tools that provide these estimates, they present aspects that need to be revised and updated and, therefore, can affect the reliability of the generated data. Given the increased interest in this type of system, the objective was to develop an integrated software for the GHG emissions inventory and carbon offsetting in three levels of calculation: individual, events and rural property. The parameters required for emission calculations were obtained especially from the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). The calculation of the carbon removal was also based on the recommendations of these organizations and was based on coefficients, increment of carbon, found through bibliographical research. The programming of the software was carried out by a specialized company linked to the Universidade Federal de Viçosa and adopted the PHP programming language, the Symfony framework and the Bootstrap toolkit. The software was named *CZ 1.0* and presents many differentials in relation to other tools. The opportunity to use the systems by users with different levels of knowledge about the data, besides the wide possibility of applications in the different levels of calculation, can contribute to the marking and decision making regarding the amplification, formulation and implementation of public and private policies, associated with the mitigation of climate change in different sectors.

Keywords: carbon calculator; climate change; emissions quantification.

1. INTRODUÇÃO

Os desafios das alterações climáticas exigem uma resposta global forte e coordenada que envolve consumidores, empresas e governos. Esses setores, além de se adaptarem e conviverem com as consequências das mudanças climáticas, também precisam reduzir suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (CUCCHIELLA et al., 2017). Assim, a existência de uma ferramenta que permita calcular as emissões de GEE e a compensação de carbono de distintas atividades é, portanto, uma demanda presente nos vários segmentos da sociedade.

A facilidade de uso dessas ferramentas pode estimular a adoção de iniciativas neste âmbito, por exemplo em empresas comprometidas com a redução dos impactos ambientais de suas cadeias de fornecimento (KELLER et al., 2014). Para isto foram desenvolvidas as denominadas calculadoras de carbono, que se referem a abordagens contábeis que utilizam uma combinação de fatores de emissão e modelos empíricos para calcular as emissões de GEE com dados de entrada mínimos (RICHARDS et al., 2016). Além disso, algumas possibilitam a estimativa de cálculo da remoção de carbono pela vegetação, o número de árvores para compensar as emissões de determinada atividade e, inclusive, fornecem estratégias para gestão das emissões quantificadas.

A começar pelo nível individual, grande foi a multiplicação de ferramentas, especificamente calculadoras online, que fornecem às pessoas estimativas das emissões de GEE advindas de suas atividades, assim como outras informações referentes à sua contribuição diante das mudanças climáticas. No entanto, alguns estudos (BIRNIK, 2013; KENNY e GRAY, 2009; MURRAY e DEY, 2009; PADGETT et al., 2008; PANDEY et al., 2011) têm demonstrado a variabilidade dos resultados que são gerados por essas ferramentas, mesmo empregando os mesmos insumos pelos usuários. Diante disto, o desenvolvimento de um sistema de cálculo empregando diretrizes regulamentadoras confiáveis e que tenha seus fatores de conversão atualizados constantemente, podem minimizar os erros das estimativas.

Outra esfera que possui frequente apelo em relação à sustentabilidade ambiental, é o setor de eventos. A organização e promoção de um evento demanda uma série de atividades com potencial emissor de GEE e muitos organizadores estão interessados em realizar a compensação dessas emissões. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, a neutralização, via plantio de

árvores, se tornou uma das medidas de sustentabilidade mais utilizadas pelos gestores de eventos (SEBRAE, 2018). Em virtude do aumento da requisição por este tipo de trabalho, algumas organizações brasileiras já estão desenvolvendo calculadoras específicas para a quantificação de GEE em eventos (OCT, 2017; SUSTAINABLE CARBON CLIMATE SOLUTIONS, 2017), no entanto, de acordo com o escopo adotado pelo desenvolvedor, outras fontes emissoras, assim como diferentes dados de entrada, ainda devem ser considerados.

Além dos níveis individual e de eventos, as atividades agropecuárias pertencem a um setor que possui cada vez mais exigências associadas à quantificação de seus impactos sobre as mudanças climáticas. A necessidade de se avaliar esses impactos dos GEE catalisou o desenvolvimento das denominadas calculadoras de carbono (RICHARDS et al, 2016). Neste âmbito, foram desenvolvidas algumas ferramentas que se prestam à finalidade geral de estimar essas emissões (CARLSON et al., 2017; COMET-FARM, 2018; FAO, 2018; GHG PROTOCOL, 2014; HILLIER et al., 2011; PETER et al., 2017).

Para o setor agrícola, se tem conhecimento de apenas uma calculadora, a *GHGPAg*, com metodologia específica para o Brasil, no entanto, a desatualização dos fatores de conversão pode dificultar sua utilização. Além disso, alguns trabalhos realizaram a comparação de sistemas desenvolvidos com o intuito de colaborar com o conhecimento do produtor a respeito das emissões de GEE (COLOMB et al., 2013; DENEFF et al., 2012; WHITTAKER et al., 2013) e, assim como foi observado para as ferramentas de cálculo para moradores da zona urbana, os resultados das calculadoras de GEE para propriedades rurais também se diferem mesmo empregando os mesmos dados de entrada (KELLER et al., 2014).

Deste modo, observa-se uma série de aspectos que podem ser aprimorados ou implementados para que as calculadoras de carbono tenham uma aplicação para diferentes tipos de usuários. Em síntese, a complexidade da interface gráfica, o déficit de parâmetros relevantes, a falta de atualização frequente dos fatores de conversão, a não adaptabilidade das variáveis e dos parâmetros à realidade do Brasil, assim como inadequações metodológicas, podem resultar na variabilidade dos resultados e na falta de confiabilidade dos dados gerados. Esses fatores, associados ao aumento do interesse por esse tipo de ferramenta por distintos segmentos, justificam a realização do presente estudo, cujo objetivo foi desenvolver um software

integrado para inventário de emissões de GEE e neutralização de carbono em três níveis de cálculo: individual, eventos e propriedade rural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Bases e contextualização para construção do software

Em 2010, a Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PEC), em parceria com o Departamento de Engenharia Florestal (DEF), ambos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), criaram o Programa Carbono Zero (CARBONO ZERO, 2017). Além dos objetivos de quantificar e neutralizar as emissões da Semana do Fazendeiro, evento de extensão que ocorre na UFV, o programa também visa promover ações de educação e extensão junto às pessoas, em especial o público rural, durante o evento, trabalhando questões relacionadas às mudanças climáticas.

Como o enfoque da Semana do Fazendeiro é o produtor rural, ainda em 2010, foi desenvolvida, com base no software Microsoft Excel, a primeira versão de uma planilha de cálculo de balanço de carbono em propriedades rurais. Também com vistas a atender ao público residente na zona urbana e que não possui propriedade rural, nos anos de 2010 e 2011 empregava-se uma calculadora online disponibilizada pela organização Max Ambiental. Em 2012, com o intuito de contemplar as especificidades do público atendido e atualizar a metodologia de cálculo, principalmente relacionada aos fatores de emissão, foi desenvolvida, também com base no software Microsoft Excel, uma planilha de cálculo de emissões individuais.

A partir de 2013, em parceria com a Diretoria de Tecnologia da Informação (DTI) da UFV, foi desenvolvido um sistema online de cálculo do balanço de carbono para propriedades rurais (BRANEZI, 2015). A implementação do sistema online acarretou em uma maior credibilidade e suscitou a pretensão do desenvolvimento de um sistema online que fornecesse as ferramentas necessárias para atender às demais demandas internas e externas do Programa Carbono Zero. No entanto, diante da necessidade do aprimoramento das estimativas e da impraticabilidade de realizá-las no sistema online, a ferramenta de cálculo para propriedades rurais passou por outro substancial aprimoramento (SILVA, 2017), novamente empregando o Excel.

Em virtude da crescente procura de interessados na promoção de eventos neutros em carbono, desde 2014 ocorreu uma ampliação do Programa para os demais eventos da UFV que, voluntariamente, desejassem realizar o inventário e a compensação de suas emissões. Desde então, foram sendo desenvolvida planilhas que atendessem à essa demanda.

Face à essas demandas e à constante precaução diante da atualização dos parâmetros adotados pelos sistemas de cálculo, as planilhas em Excel foram anualmente atualizadas e o mesmo será realizado para software online, proposto do presente trabalho.

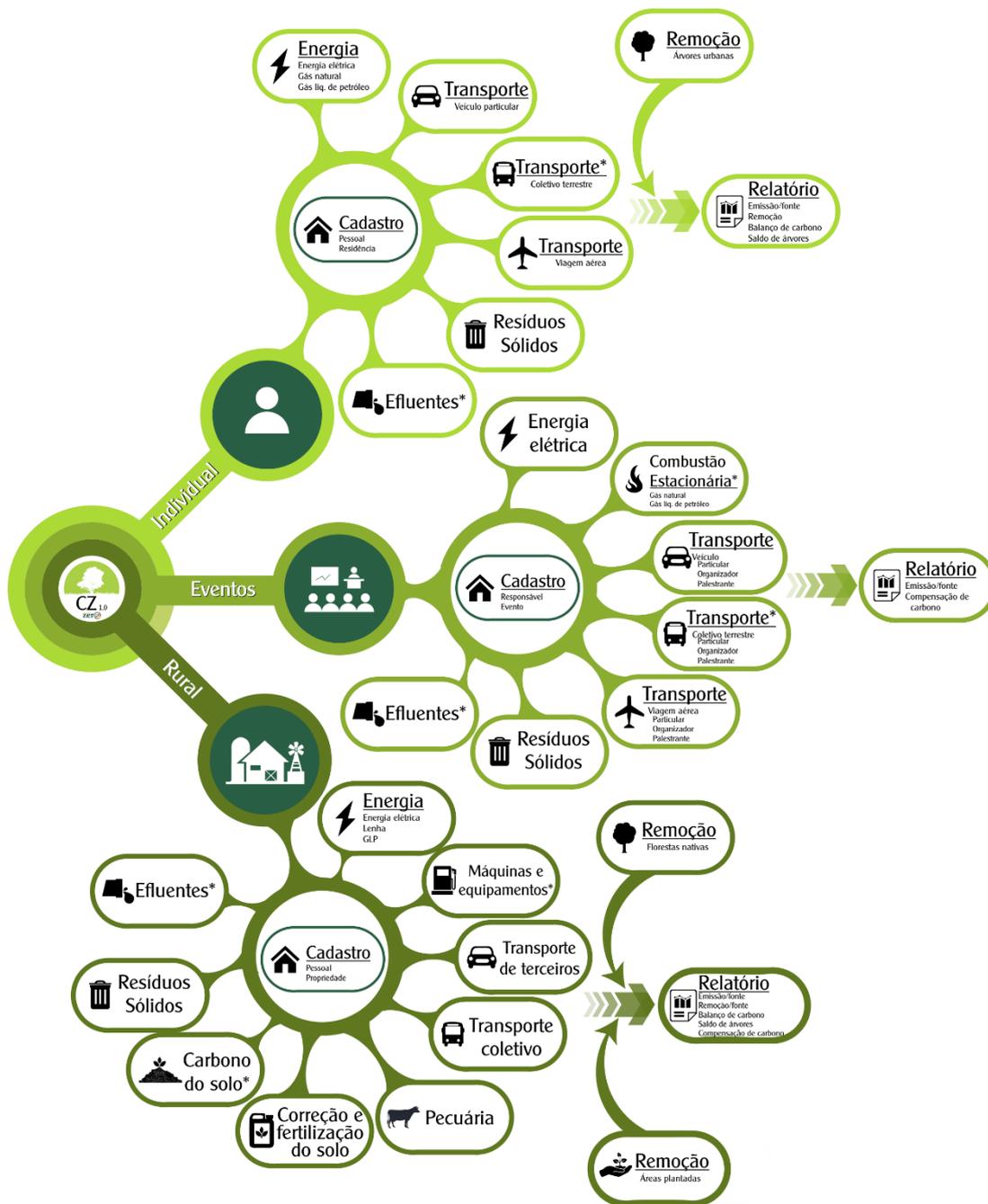
2.2. Aspectos gerais teóricos e operacionais do software

A metodologia de cálculo já existente foi utilizada como base para identificar as necessidades de melhorias quanto aos fatores de conversão e às fórmulas adotadas. Assim, ocorreu a atualização dos fatores, a inclusão de novas variáveis e a divisão da maioria das etapas de cálculo nas modalidades simplificada e detalhada.

Os métodos de estimativas foram empregados em função dos diferentes níveis de detalhamento (*tiers*), que pode variar de 1 a 3. O *tier 1* adota informações genéricas e refere-se ao *default* estabelecido internacionalmente. O *tier 2* refere-se à classe de rigor empregada quando se utiliza informações em níveis nacionais ou regionais. E o *tier 3* abrange informações mais detalhadas, definidas localmente (IPCC, 2006). No presente estudo, foi empregado, preferencialmente, o *tier 2*, por meio de fatores de emissão adaptados à realidade brasileira, e, em caso de inviabilidade, foi adotado o nível de abordagem *tier 1*.

Os fatores de emissão e outros parâmetros necessários para os cálculos das emissões foram obtidos em diferentes referências, de acordo com o *tier* utilizado para cada fonte emissora, especialmente a partir das diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), como o “*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*”, e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), como a “Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima”. O cálculo da remoção de carbono também foi fundamentado nas recomendações dessas organizações e baseou-se em coeficientes, incremento de carbono, encontrados por meio de pesquisa bibliográfica.

O software integra três sistemas de cálculo: individual, eventos e rural. A definição dos limites e dos parâmetros adotados pelos sistemas, variou em função do objetivo ao qual cada sistema se propõe e da minuciosidade requerida em cada etapa (Figura 1).



* Etapas que não têm a possibilidade de cálculo a partir dos formulários simplificado e detalhado.

Figura 1 – Representação do software CZ 1.0 e etapas de cálculo de cada sistema.

Diante das fontes emissoras consideradas por cada sistema, o software contemplou as emissões dos principais GEE, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) e, conforme recomendação do IPCC, relatou-se as emissões e remoções na unidade-padrão dióxido de carbono equivalente (CO₂e.). A conversão para essa unidade se dá pelo produto entre a emissão associada a cada gás e o respectivo Potencial de Aquecimento Global – PAG. De modo geral, cada cálculo

de emissão ou remoção foi baseado no produto das informações da atividade, por um fator julgado como mais adequado à realidade ou situação em que a prática está inserida (IPCC, 2006; IPCC, 2007).

2.3. Síntese das informações técnicas de desenvolvimento do software

A programação do software foi realizada por uma empresa especializada em sites, sistemas web e aplicativos mobile vinculada à Universidade Federal de Viçosa (DPI/UFV).

A linguagem de programação PHP (acrônimo recursivo para PHP: *Hypertext Preprocessor*) e o *framework* Symfony foram adotados na elaboração do software. O Symfony é um conjunto de componentes que segue o modelo MVC (*Model-View-Controller*), que facilita o desenvolvimento modular. O Bootstrap, conjunto de ferramentas de código aberto, foi adotado com o intuito de garantir mais responsividade à interface gráfica.

Os testes de unidade, de integração e de aceitação foram realizados na plataforma Microsoft Azure, destinada à execução de aplicativos e serviços em nuvem.

3. RESULTADOS

O software desenvolvido foi denominado *CZ 1.0* e possibilita o diagnóstico por meio de três níveis de cálculo: individual, de eventos e de propriedade rural. Os sistemas são abrangidos em uma mesma página inicial (Figura 2) e os usuários possuem acesso às ferramentas de cálculo pelo site do Programa Carbono Zero.

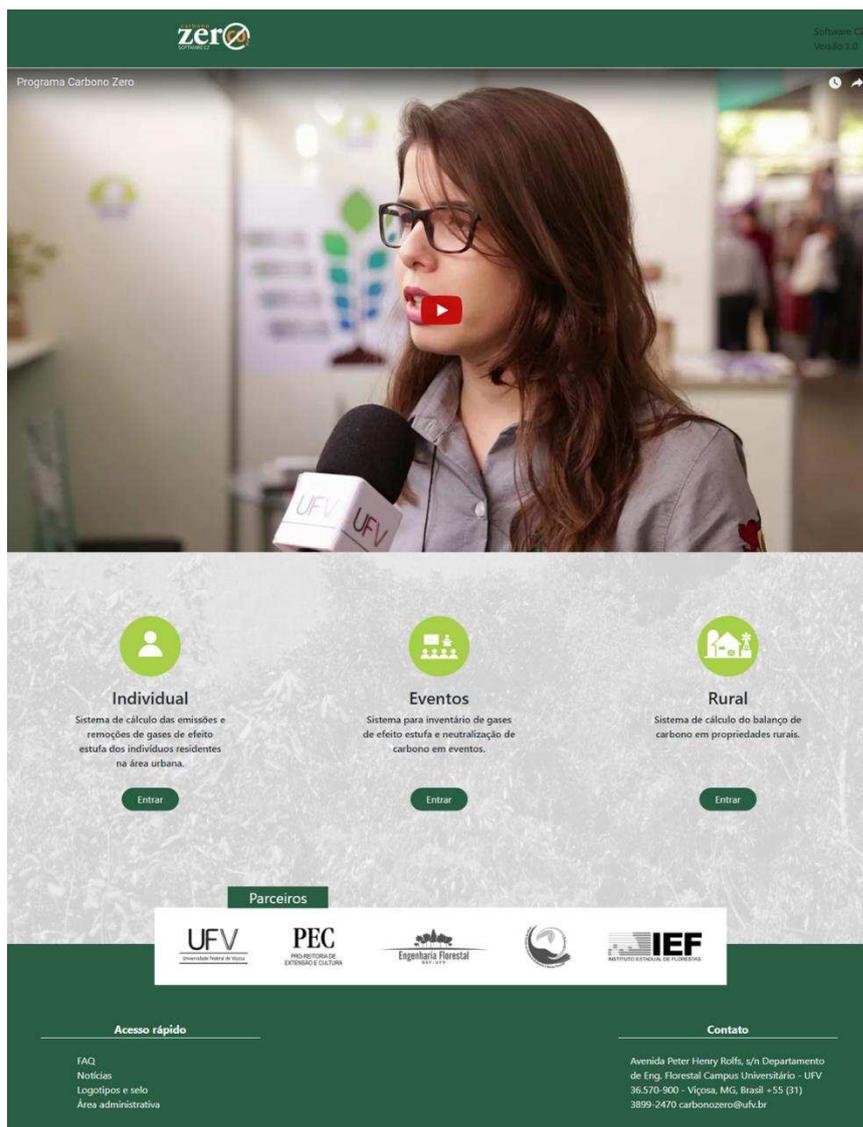


Figura 2 – Tela inicial do software *CZ 1.0* integrando os sistemas individual, eventos e rural.

Por ser um sistema web, o mesmo pode ser aplicado em qualquer plataforma com conexão com à internet. De acordo com o propósito do interessado, cada módulo pode ser acessado de maneira independente (Figura 3).

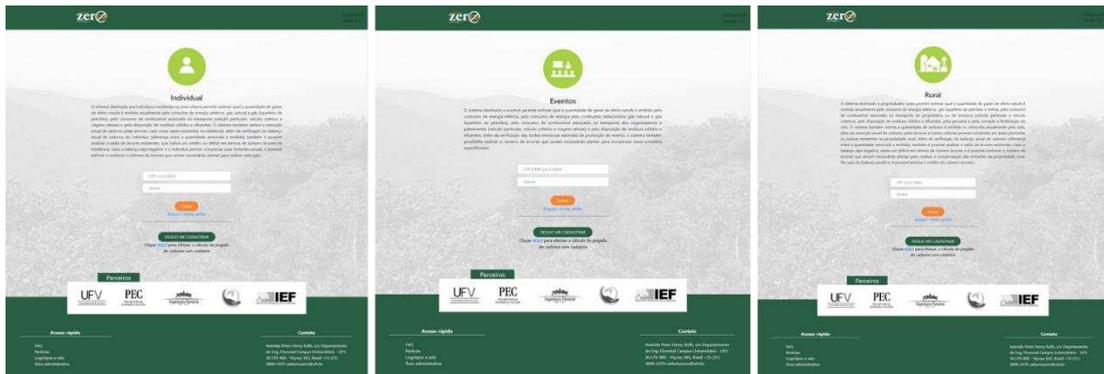


Figura 3 – Telas de acesso aos sistemas individual, eventos e rural.

Para acesso à cada ferramenta de cálculo, o usuário poderá ou não realizar um cadastro na plataforma. O cadastro possibilita o armazenamento dos resultados pelo sistema em uma conta interna e, portanto, permite a edição dos dados, um novo acesso ao relatório gerado e viabiliza a comparação dos resultados gerados a cada cálculo salvo. O cadastro é realizado em duas etapas principais. Na primeira, são fornecidas informações particulares do responsável pelo cadastro e, na etapa seguinte, são requeridos dados específicos do parâmetro de quantificação referente à cada sistema (residência, evento ou propriedade rural). O responsável tem a possibilidade de realizar a inserção de um ou mais parâmetros no mesmo cadastro e realizar e comparar o cálculo separadamente.

O software foi desenvolvido com vistas a possibilitar a utilização da ferramenta por usuários que possuem diferentes níveis de conhecimento sobre os dados a serem fornecidos. Assim, algumas etapas de cálculo possuem a alternativa de preenchimento de acordo com um Formulário Simplificado (FS) ou Detalhado (FD). Em geral, os “dados simplificados” são obtidos de maneira mais fácil e direta quando comparados aos “dados detalhados”. No entanto, nem sempre isso indica uma vantagem ao usuário, uma vez que, quando o cálculo a partir do FS necessita da adoção de mais fatores de conversão, os dados podem ser fonte de incerteza dos resultados e representarem uma estimativa menos próxima da realidade. O preenchimento de uma etapa a partir de um dos formulários, não é impedimento para preencher as demais por meio da outra alternativa. Outras etapas não possuem esta opção e devem ser fornecidas a partir de um Formulário Único (FU).

Cada sistema considera *inputs* específicos e são compostos por distintas etapas, de acordo com o objetivo a que se propõem e com o entendimento que se pressupõe que os usuários possuam em cada caso. Nos três sistemas em questão, a

localidade do parâmetro de análise (residência, evento ou propriedade rural) pode alterar o resultado gerado, uma vez que alguns cálculos são variáveis de acordo com a região. As especificidades de cada sistema foram descritas a seguir.

No caso do sistema individual, além das etapas de cadastro e de escolha da residência que irá compor o cálculo, o sistema abrange seis etapas que abordam as fontes emissoras, uma etapa referente à remoção e o relatório final (Apêndice C). Durante o fornecimento das informações sobre a residência, o número de moradores é um dado imprescindível, uma vez que o preenchimento de algumas etapas (emissão de energia, resíduos sólidos e efluentes e remoção pelas árvores) refere-se aos dados que incluem todas as pessoas da residência. Como o cálculo é individual, o valor total é dividido quando há mais de um morador na residência. Além disso, a área da residência, apesar de não ser empregada diretamente nos cálculos, posteriormente, pode ser empregada para possibilitar a geração de indicadores para estimar as emissões a partir de dados de entrada de fácil mensuração.

A seguir constam os dados de entrada adotados em cada etapa de cálculo, assim como o resultado gerado pelo sistema individual:

a) Etapa 1: emissão do consumo de energia advindas das fontes energia elétrica, Gás Natural (GN) e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP):

FS: “valor (R\$)/mês” para energia elétrica e GN; “consumo (botijões)/ano” e “peso (kg)/botijão” para GLP.

FD: “consumo (kWh ou m³)/mês”, respectivamente, para energia elétrica e GN; “consumo (botijões)/ano” e “peso (kg)/botijão” para GLP.

b) Etapa 2: emissão do consumo de combustível pela utilização de veículo particular terrestre:

FS: “média da distância (km)/mês” percorrida em cada tipo de veículo (automóvel, comercial e motocicleta) com cada tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular).

FD: “média do consumo (litros ou m³)/mês” gasto por cada tipo de veículo (automóvel, comercial e motocicleta) com cada tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular).

c) Etapa 3: emissão do consumo de combustível pela utilização de veículo coletivo

terrestre:

FU: “média da distância (km)/trecho” e “número de viagens/ano” em cada tipo de veículo (metrô, ônibus municipal/rodoviário e trem).

d) Etapa 4: emissão do consumo de combustível pela utilização de transporte aéreo:

FS: “número de viagens/ano” em cada tipo de viagem, categorizada pela distância do trecho (curta: $d \leq 500$ km, média: $500 < d \leq 3700$ km e longa: $d > 3700$ km).

FD: “número de trechos voados” para cada “origem/destino” selecionados.

e) Etapa 5: emissão pela disposição de resíduos sólidos:

FS: “produção (kg)/mês” total de resíduo sólido produzido.

FD: “produção (kg)/mês” de resíduo sólido produzido separado por cada tipo de material (borracha e couro, fraldas, madeira, papel e papelão, resíduos alimentares, resíduos de jardim e têxteis).

f) Etapa 6: emissão pela disposição dos efluentes:

FU: “sistema” e “tipo” de tratamento do efluente categorizados em ‘sem rede coletora’ (fossa seca, fossa séptica e sumidouro, lançamento em cursos d’água e vala aberta) e ‘com rede coletora’ (fossa séptica, fossa séptica condominial, lagoa anaeróbia, lagoa de maturação, lagoa facultativa, lagoa mista, lançamento em cursos d’água, lodo ativado/digestor anaeróbio e reator anaeróbio).

g) Etapa 7: remoção pelo incremento de carbono pelas árvores urbanas:

FU: “número de árvores” existentes na residência.

h) Relatório: emissão anual por fonte emissora e total de GEE dos indivíduos residentes na área urbana; incremento anual total de carbono pelas árvores existentes na residência; saldo de árvores, que indica o crédito ou o déficit do número árvores que são ou não necessárias para compensar a emissão anual do indivíduo.

Já o sistema aplicado à eventos, além das etapas de cadastro e de escolha do evento que irá compor o cálculo, o sistema abrange sete etapas que abordam as fontes emissoras e o relatório final (Apêndice D). Durante o fornecimento das

informações sobre o evento, o número de pessoas inscritas e envolvidas na organização, além do número de palestrantes, são empregados para viabilizar o cálculo da quantidade de efluente gerada, especificamente relacionada à ocorrência do evento. Além disso, esses dados podem favorecer o desenvolvimento de indicadores, assim como os dados de área disponível e duração do evento. O consumo de combustível refere-se somente aos organizadores e palestrantes, uma vez que se assumiu que o transporte dos participantes não é de responsabilidade direta da organização do evento.

A seguir foram abordadas as etapas do sistema de eventos:

a) Etapa 1: emissão do consumo de energia elétrica durante o evento:

FS: “leitura inicial” e “leitura final”, em kWh, registrada no padrão de energia elétrica.

FD: “potência”, “tempo de uso (horas)/dia” e “dias de uso” de cada tipo de equipamento (ar condicionado, computador, data show, lâmpada, notebook, som ambiente e outro).

b) Etapa 2: emissão pelas fontes de combustão estacionária advindas de GN e GLP consumidos durante o evento:

FU: “consumo (m³)” para GN; “consumo (botijões)” e “peso (kg)/botijão” para GLP.

b) Etapa 3: emissão do consumo de combustível pela utilização de veículo particular terrestre para participação dos envolvidos no evento:

FS: “média da distância (km)” percorrida por cada envolvido (organizador e palestrante) por tipo de veículo (automóvel, comercial e motocicleta) com cada tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular).

FD: “média do consumo (litros ou m³)” gasto por cada envolvido (organizador e palestrante) por tipo de veículo (automóvel, comercial e motocicleta) com cada tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular).

d) Etapa 4: emissão do consumo de combustível pela utilização de veículo coletivo terrestre para participação dos envolvidos no evento:

FU: “média da distância (km)/trecho” e “número de viagens” em cada tipo de

veículo (metrô, ônibus municipal/rodoviário e trem) por cada envolvido (organizador e palestrante).

e) Etapa 5: emissão do consumo de combustível pela utilização de transporte aéreo para participação dos envolvidos no evento:

FS: “número de viagens” em cada tipo de viagem categorizada pela distância do trecho (curta: $d \leq 500$ km, média: $500 < d \leq 3700$ km e longa: $d > 3700$ km) por cada envolvido (organizador e palestrante).

FD: “número de trechos voados” para cada “origem/destino” selecionados por cada envolvido (organizador e palestrante).

f) Etapa 6: emissão pela disposição de resíduos sólidos destinados do evento a partir da distribuição de material e demais fontes:

FS: “peso médio unitário (g)” e “quantidade” para material distribuído; “produção (kg)/dia” total de demais resíduos sólidos produzidos em cada dia do evento.

FD: “peso médio unitário (g)” e “quantidade” para material distribuído; “produção (kg)/dia” de demais resíduos sólidos separado por cada tipo de material (borracha e couro, fraldas, madeira, papel e papelão, resíduos alimentares, resíduos de jardim e têxteis) produzidos em cada dia do evento.

f) Etapa 7: emissão pela disposição dos efluentes destinados do evento:

FU: “sistema” e “tipo” de tratamento do efluente categorizados em ‘sem rede coletora’ (fossa seca, fossa séptica e sumidouro, lançamento em cursos d’água e vala aberta) e ‘com rede coletora’ (fossa séptica, fossa séptica condominial, lagoa anaeróbia, lagoa de maturação, lagoa facultativa, lagoa mista, lançamento em cursos d’água, lodo ativado/digestor anaeróbio e reator anaeróbio) produzido ao longo do evento.

h) Relatório: emissão anual por fonte emissora e total de GEE ocorridas pela promoção de um evento; número de árvores necessárias para compensar a emissão quantificada.

Além das etapas de cadastro e de escolha da propriedade rural que irá compor o cálculo, o sistema rural abrange nove etapas que abordam as fontes emissoras, duas etapas referente à remoção e o relatório final (Apêndice E), descritas a seguir:

a) Etapa 1: emissão do consumo de energia advindas das fontes energia elétrica, GLP e lenha:

FS: “valor (R\$)/mês” para energia elétrica; “consumo (botijões)/ano” e “peso (kg)/botijão” para GLP; “dias de utilização/mês” para lenha.

FD: “consumo (kWh)/mês” para energia elétrica; “consumo (botijões)/ano” e “peso (kg)/botijão” para GLP; “consumo (kg)/mês” para lenha.

b) Etapa 2: emissão pela disposição dos efluentes gerados na residência da propriedade:

FU: “sistema” e “tipo” de tratamento do efluente categorizados em ‘sem rede coletora’ (fossa seca, fossa séptica e sumidouro, lançamento em cursos d’água e vala aberta) e ‘com rede coletora’ (fossa séptica, fossa séptica condominial, lagoa anaeróbia, lagoa de maturação, lagoa facultativa, lagoa mista, lançamento em cursos d’água, lodo ativado/digestor anaeróbio e reator anaeróbio).

c) Etapa 3: emissão pela disposição de resíduos sólidos gerados na residência da propriedade:

FS: “produção (kg)/mês” total de resíduo sólido produzido.

FD: “produção (kg)/mês” de resíduo sólido produzido separado por cada tipo de material (borracha e couro, fraldas, madeira, papel e papelão, resíduos alimentares, resíduos de jardim e têxteis).

d) Etapa 4: emissão do consumo de combustível de máquinas e equipamentos utilizados pelo proprietário:

FU: “média do consumo (litros ou m³)/mês” de cada tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular).

e) Etapa 5: emissão do consumo de combustível para transporte de terceiros pela utilização de veículo particular terrestre:

FS: “média da distância (km)/mês” percorria em cada tipo de veículo

(automóvel, comercial e motocicleta) com cada tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular).

FD: “média do consumo (litros ou m³)/mês” gasto por cada tipo de veículo (automóvel, comercial e motocicleta) com cada tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular).

f) Etapa 6: emissão do consumo de combustível para transporte de terceiros pela utilização de veículo coletivo terrestre:

FU: “média da distância (km)/trecho” e “número de viagens/ano” em cada tipo de veículo (metrô, ônibus municipal/rodoviário e trem).

g) Etapa 7: emissão pela fermentação entérica e, ou, manejo de dejetos da pecuária:

FS: “quantidade de animais” de cada categoria (asininos e muares, aves, bubalinos, caprinos, equinos, gado de corte, gado de leite, ovinos e suínos) relacionados a cada sistema de manejo de dejetos (deposição em pastagem ou outro).

FD: “quantidade de animais” de cada categoria (asininos e muares, aves, bubalinos, caprinos, equinos, gado bovino, ovinos e suínos); “peso médio (kg)” e “digestibilidade média (%)” para todas as categorias de gado bovino; “taxa de prenhez (%)”, “produção de leite (l)/dia” e “teor de gordura do leite (%)” para as subcategorias fêmea de corte adulta e gado de leite; “incremento de peso (kg)/dia” para a subcategoria jovens, em cada sistema de manejo de dejetos (deposição em pastagem, difusão diária, armazenamento sólido, *dry lot*, líquido/chorume – com ou sem cobertura de crosta natural, lagoa anaeróbia descoberta, armazenamento em poços abaixo dos confinamentos de animais – <1 mês ou >1 mês, queimado para combustível, "cama" de bovinos e suínos – <1 mês ou >1 mês, compostagem, estrume de frango – com ou sem litter e tratamento aeróbico).

h) Etapa 8: emissão pela correção do pH e fertilização nitrogenada do solo:

FS: “área de aplicação (hectare)” do calcário e do fertilizante nitrogenado sintético por cultura (algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja, trigo ou outra).

FD: “consumo (kg)/ano” por fonte de calcário (calcítico ou dolomítico); por fonte de fertilizante orgânico (esterco bovino, equino, suíno, ovino, de aves ou composto orgânico); por fonte de fertilizante nitrogenado sintético (ureia, sulfato de

amônio, MAP, DAP ou NPK), por cultura (algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja, trigo ou outra).

i) Etapa 9: emissão ou remoção de carbono do solo:

FU: “área ocupada (hectare)” e “carbono orgânico total (g/dm^3)” do solo no ano de referência X e no ano de referência $X + 1$ por cada tipo de uso da terra (culturas anuais, perenes, pastagem ou outro).

j) Etapa 10: remoção pelo incremento de carbono pelas áreas plantadas:

FS: “número de árvores” para árvores nativas e frutíferas isoladas ou em espaçamentos amplos; “área (hectare)” para cultura agrícola (café) e para floresta de produção (acácia, araucária, eucalipto, paricá, pinus, seringueira ou teca); “idade (anos)” para eucalipto e seringueira; “área útil (m^2)” para eucalipto.

FD: “biomassa seca/área ($\text{Mg}/\text{hectare}$)”, “idade (anos)” e “área (ha)” por tipo de área plantada (árvores nativas e frutíferas isoladas ou em espaçamentos amplos, cultura agrícola ou floresta de produção).

k) Etapa 11: remoção pelo incremento de carbono pelas áreas nativas:

FS: “área (hectare)” por tipo de bioma (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal); “idade aproximada (anos)” para os biomas Amazônia, Caatinga e Mata Atlântica.

FD: “biomassa seca/área ($\text{Mg}/\text{hectare}$)”, “idade aproximada (anos)” e “área (ha)” por tipo de bioma.

h) Relatório: emissão anual por fonte emissora e total de GEE em propriedades rurais; remoção anual e total de carbono pelas árvores individuais e pelas florestas plantadas e nativas; balanço de carbono da propriedade rural, que pode ser positivo, indicando maior remoção do que emissão ou, caso contrário, pode ser negativo; saldo total de árvores, que indica o crédito (balanço positivo) ou o déficit (balanço negativo) do número total de árvores existentes na propriedade; número necessário de árvores para compensar a emissão anual da propriedade, caso o balanço de carbono seja negativo.

Além dos resultados gerados aos usuários de cada sistema, o software também é composto por uma área do administrador, que permite às pessoas cadastradas com esta finalidade a inserção e retirada de novas fontes de emissão e remoção, a alteração de parâmetros e fórmulas de cálculo, além da geração de um relatório completo com os dados inseridos pelos usuários que salvarem e possibilitarem o acesso às suas informações. As informações pessoais serão mantidas em sigilo, no entanto, os resultados poderão fornecer subsídios para a geração dos indicadores, diagnóstico dos participantes e outras fontes de pesquisa.

4. DISCUSSÃO

O desenvolvimento de um software integrado que possibilite o cálculo das emissões e a compensação de carbono possui importante contribuição científica, política e social. Apesar da existência de ferramentas semelhantes, não existem outros sistemas de cálculo brasileiros que possibilitem esta amplitude de estimativas, além de sua utilização por pessoas com distintos níveis de conhecimento sobre os dados a serem fornecidos. Esses fatos conferem ao software desenvolvido (*CZ 1.0*) um ineditismo em relação a outros sistemas e uma ampla gama de utilizações.

Além disso, embora haja metodologias consistentes, a coleta e compilação dos dados para realização do inventário de emissões e remoções, é um processo bastante moroso e dispendioso. As calculadoras de GEE são uma opção de uso econômico, rápido e relativamente mais simples que outras alternativas de quantificação, como medições locais ou modelos baseados em processos (COLOMB et al., 2013). Assim, o software proposto possibilitará um diagnóstico mais rápido e menos oneroso, por ser uma alternativa com possibilidade de acesso e preenchimento diretamente pelos próprios interessados.

A constante atualização da ferramenta e a fundamentação do software em bases metodológicas em consonância com diretrizes internacionais e nacionais, como o IPCC e o MCTIC, também contribui para a adoção do sistema proposto. A adequação dos valores adotados nos cálculos à realidade do Brasil minimiza possíveis incoerências que possam vir a serem cometidas.

Especificamente em relação ao Programa Carbono Zero da UFV, espera-se que o software possibilite o avanço em relação ao atendimento de novas demandas, dentro e fora da universidade. Neste âmbito, observou-se um número crescente de solicitações por serviços de quantificação e neutralização de emissões em eventos e o software apresenta-se como um avanço em termos de processamento dos dados. Além disso, a evolução da ferramenta possibilita um atendimento mais qualificado juntos aos participantes do evento “Semana do Fazendeiro”. Espera-se também que a ferramenta sirva para a implementação ou aperfeiçoamento de projetos de extensão de outras Instituições de Ensino Superior que visem a ampliação do conhecimento sobre as mudanças climáticas.

Em nível mais abrangente, especificamente em relação ao sistema de cálculo individual, apesar da necessidade da realização de mudanças coletivas, as escolhas

individuais também são relevantes no tocante à redução e compensação das emissões de GEE. Desta forma, espera-se que o presente software contribua para os cidadãos que, preocupados com as questões climáticas, estão procurando quantificar e compensar suas emissões. A estimativa de cálculo das remoções de carbono pelas árvores urbanas é um diferencial relevante em relação às demais calculadoras brasileiras online, uma vez que valoriza o conteúdo arbóreo já existente na residência.

Quanto ao sistema destinado à quantificação em eventos, ele pode auxiliar a suprir uma sucessiva busca pela sustentabilidade neste âmbito. Os “eventos verdes” estão despertando o crescente interesse dos organizadores (LAING e FROST, 2010). Esta ascensão pode ser graças à evolução de normas e padrões de certificação, que vem amadurecendo a cada ano, especialmente na busca dos critérios mais adequados à criação de um evento sustentável (TRIGO e SENNA, 2016). Neste âmbito, é necessário adequar todo o processo a práticas sustentáveis, principalmente para consolidação e transmissão de uma imagem fundamentada em valores responsáveis, o que poderá proporcionar maior fidelização e atratividade do público (AVIGO, 2013). Essa preocupação com a sustentabilidade em eventos cresce na medida em que as pessoas se tornam mais cientes de que isto se constrói não apenas por grandes políticas, mas também por ações locais advindas da sociedade civil articulada (SOUZA e NUNES, 2017).

A motivação para que estes organizadores realizem essas ações podem ter origem facultativa ou involuntária, podendo ser ou não via instrumentos legais. Desde que os promotores dos eventos possuam dados prévios substanciais, o sistema possibilita o conhecimento antecipado da estimativa do perfil emissor de determinado evento e oportuniza que os organizadores planejem ações de redução dessas emissões. Além dos benefícios ambientais, a compensação das emissões pode auxiliar na consecução de incentivos para a promoção dos mesmos. Muitas empresas almejam reconhecimento em virtude de suas iniciativas de responsabilidade social e, ações desse tipo, podem favorecer obtenção de patrocinadores (SEBRAE, 2018).

Ademais, existem regulamentações brasileiras, algumas já implementados e outras não, que versam, dentre outros aspectos, sobre a obrigatoriedade de compensação das emissões provenientes de eventos realizados em determinados locais (AMAZONAS, 2007; BRASIL, 2013; RIO DE JANEIRO, 2011; RIO DE JANEIRO, 2014; SANTA CATARINA, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO,

2015). Assim, o software em questão pode auxiliar o surgimento, a efetivação e a ampliação para outros locais de políticas públicas que instituem a obrigatoriedade da realização do inventário e compensação das emissões de GEE.

No que se refere à ferramenta de cálculo para propriedades rurais, o balanço de carbono é um importante parâmetro de avaliação da sustentabilidade em propriedades rurais. Em âmbito internacional, existem algumas ferramentas que podem auxiliar os produtores na compreensão das principais fontes de emissões de GEE e outros impactos ambientais advindos de propriedades rurais.

Considerada a principal ferramenta de contabilidade das emissões de GEE no setor agrícola, a *EX-ACT (Ex-Ante Carbon-balance Tool)* foi desenvolvida pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Essa ferramenta consiste em um conjunto de planilhas do Microsoft Excel e fornece estimativas do impacto de projetos de desenvolvimento associados ao setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU) nas emissões de GEE e no sequestro de carbono, mostrando os seus efeitos balanço de carbono (FAO, 2018). A *EX-ACT* garante um método adequado e disponível para financiadores e agentes de planejamento, projetistas, e governantes para os setores da agricultura e da silvicultura, e fornece um critério adicional para a escolha de projetos a serem implementados (BERNOUX et al., 2010). Associado, especificamente, ao nível de propriedade rural, a ferramenta *Cool Farm Tool*, também projetada em Excel e disponível gratuitamente, permite avaliações das emissões de GEE relevantes a esse nível (HILLIER et al., 2011). Ao considerar a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), o *Model for integrative Life Cycle Assessment in Agriculture (MiLA)* possibilita ao usuário a análise dos sistemas de cultivo em nível de propriedade rural, no intuito de identificar as opções de mitigação de GEE e sistemas de cultivo com eficiência energética (PETER et al., 2017).

Mesmo para fazendas orgânicas, que utilizam práticas complexas de gestão para promover um impacto positivo no meio ambiente, foi desenvolvida uma ferramenta on-line, a *OFoot*, para calcular a “pegada de carbono” de propriedades localizadas no noroeste do Pacífico (CARLSON et al., 2017). Outro projeto com foco na agricultura orgânica é o *COMET-Farm*, que possibilita a comparação das emissões e estoque de carbono entre práticas de gestão atuais e futuras (COMET-FARM, 2018).

Em geral, as ferramentas citadas são de extrema relevância para gerar estimativas de emissões em diversas partes do mundo. A FAO apresenta, por exemplo, um mapa dos locais onde foram realizados diversos estudos de caso, inclusive no Brasil, desenvolvidos com base em projetos ou programas de investimento existentes nos setores de agricultura, silvicultura e uso da terra empregando a ferramenta *EX-ACT* (FAO, 2018). No entanto, os sistemas citados possuem diferentes limites e escopos de abrangência e, possivelmente, não foram desenvolvidos considerando especificidades brasileiras.

Embora o conhecimento das fontes de emissão sirva para a determinação de estratégias de mitigação potenciais, verifica-se que as ferramentas existentes possuem funções limitadas de suporte à decisão e transferência de conhecimento, que permita ao produtor fazer escolhas mais adequadas às práticas de gestão existentes (HILLIER et al., 2011). Apesar das atividades relacionadas à agropecuária e mudança de uso da terra serem relevantes fontes emissoras de GEE no Brasil, os produtores têm acesso a poucos instrumentos que se destinam a esse fim. Em âmbito nacional, se tem conhecimento de apenas uma calculadora com metodologia específica para o país, a *GHGPAg* (GHG PROTOCOL, 2014). No entanto, uma vez que ela teve sua última atualização em 2014, a mesma adota fatores de conversão desatualizados. Além disso, a ferramenta possui considerável complexidade em relação ao preenchimento dos dados de entrada (SILVA, 2017). Neste sentido, o sistema rural do software *CZ 1.0* oferece mais credibilidade e aplicabilidade aos usuários e, portanto, poderá servir como uma alternativa relevante para a geração de um diagnóstico da propriedade.

Ademais, o governo federal brasileiro assumiu um compromisso voluntário de redução de suas emissões frente à Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudança Global do Clima. De forma a balizar o cumprimento desta meta criou-se a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (BRASIL, 2009), que indicou a criação do Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010), que estabeleceu os planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas, dentre eles o “Plano Setorial para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura”, o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono). Além disso, já existem inúmeros programas (BONSUCRO, 2015; RAS, 2017; RSB, 2013; RTRS, 2017) que estabelecem uma melhor gestão das emissões de GEE para promover a certificação

de insumos agropecuários, no intuito de atender, principalmente, diretivas internacionais para a exportação de produtos, por exemplo a Diretiva do Parlamento Europeu relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis (EUR-LEX, 2009).

No âmbito social, no tocante às relações de causa e efeito entre as mudanças climáticas e as atividades desenvolvidas nas propriedades rurais, ainda há desconhecimento por parte considerável dos produtores acerca da contribuição da produção agropecuária sobre as alterações no clima. Em estudo realizado na Zona da Mata Mineira, verificou-se que, apesar de 94% dos produtores rurais possuírem uma percepção afirmativa quanto a ocorrência das mudanças climáticas ao longo do tempo, apenas 52% reconhecem perceber a contribuição das atividades praticadas em suas propriedades para essas mudanças (ALVES et al., 2017). Outra questão é que muitos produtores desconhecem as consequências dessas mudanças sobre sua produção e a adoção de estratégias adaptativas ainda é muito baixa (PIRES et al., 2014). Neste âmbito, as calculadoras de carbono podem proporcionar uma abordagem acessível para não-especialistas quanto às estimativas dos impactos GEE provenientes da agricultura (HILLIER et al., 2011).

Nesse sentido, o software foi elaborado de forma bastante elucidativa, o que possibilitará atender àqueles produtores que desejarem ampliar seus conhecimentos sobre a temática. Em comparação com outras ferramentas, a interface amigável com o usuário favorece o entendimento do produtor e aumenta sua consciência ambiental, podendo levar àqueles com balanço negativo a adotarem práticas menos emissora e, ou, aumentarem sua remoção de carbono e, por outro lado, contribuindo para o empoderamento daqueles produtores com balanço positivo, os estimulando a produzirem de maneira mais ambientalmente sustentável. Um resultado que poderia maximizar a gestão dos produtores em relação ao balanço de sua propriedade, seria o desenvolvimento de um indicador que estimasse o balanço de carbono em relação à produtividade da área.

Em virtude da variabilidade e da complexidade dos sistemas de gestão que podem ser aplicados em uma propriedade rural, algumas incertezas podem estar associadas ao software desenvolvido. Produzir uma avaliação realista dos vários sistemas de produção é um desafio, uma vez que os níveis de incerteza são muito elevados (COLOMB et al., 2013).

Em um trabalho cujos autores analisaram 18 calculadoras de avaliação da emissão de GEE em atividades agrícolas e silviculturais foi observado que as ferramentas são capazes de contabilizar satisfatoriamente as fontes de emissão, no entanto, a contabilização da mudança de uso da terra é um problema recorrente (COLOMB et al., 2013). A ferramenta *Cool Farm Tool*, por exemplo, possui algumas incertezas, principalmente associadas à gestão do solo. Outro aspecto mencionado é a omissão de um modelo que possibilite estimar as emissões do gerenciamento de resíduos e variações do estoque de carbono na biomassa vegetal de cultivo perenes (HILLIER et al. (2011). Ambas estimativas podem ser obtidas no sistema do *CZ 1.0*, no entanto, a última pode ser ainda aprimorada a partir da busca de novas referências que forem surgindo ou, até mesmo, por meio da incorporação de ferramentas de inventário florestal ao software.

Quando as fontes de incertezas geram erros relevantes nos cálculos, o resultado obtido pode incorrer em estimativas inadequadas. Ao observar dados de emissões de GEE advindos de experimentos de campo e compará-los com emissões de propriedades rurais previstas a partir de duas calculadoras de GEE, a *Cool Farm Tool* e a *EX-ACT 10*, os autores verificaram que em 70% dos casos as estimativas baseadas nas calculadoras foram superiores aos dados aferidos. Além disso, verificaram que em 41% das comparações, as calculadoras previam incorretamente o aumento ou diminuição das emissões com uma mudança no gerenciamento (RICHARDS et al., 2016). Incertezas nos cálculos são comumente descritas em trabalhos de inventários de emissões e podem ser considerados relativamente comuns em ferramentas que fornecem estimativas desses dados. No entanto, a adoção de metodologias consistentes, a atualização constante da ferramenta e o emprego de parâmetros mais específicos à realidade em que se aplicam podem auxiliar na minimização de problemas deste tipo.

Diante das inúmeras possibilidades de aplicação, espera-se que os gestores, tanto da esfera pública, como privada, tenham acesso a um instrumento prático e preciso e que possibilite um diagnóstico do perfil emissor, bem como do balanço ou da compensação de carbono, segundo o sistema adotado. As incertezas associadas ao software podem ser minimizadas a partir do aprimoramento da ferramenta e novas versões podem ser desenvolvidas de modo a ampliar os escopos e os níveis de detalhamento. Uma alternativa poderia ser o desenvolvimento de um sistema de código aberto, que permite aos usuários avaliarem os dados do modelo e realizarem

melhorias por meio dos desenvolvedores originais. Uma maior completude do sistema pode favorecer a exploração de políticas mais específicas e otimizar ainda mais as ações de mitigação das mudanças climáticas.

O diagnóstico oferecido poderá ter que ser complementado de acordo com o nível de exigência requerido em cada caso e é importante salientar que as emissões e remoções de carbono são apenas uma de medidas pelas quais deve-se avaliar ambientalmente determinado elemento (indivíduo, evento ou propriedade rural). Aspectos como a biodiversidade e gestão de outros recursos naturais, como a água, também poderiam complementar e fornecer uma abordagem mais completa em termos de sustentabilidade ambiental.

5. CONCLUSÕES

O software *CZ 1.0* apresenta os seguintes diferenciais em relação à outras ferramentas já existentes:

- Proporciona a estimativa das emissões de GEE e o balanço ou a neutralização de carbono em três níveis de cálculo: individual, eventos e propriedades rurais;
- Permite estimar as remoções de carbono advindas das árvores presentes nas áreas verdes da residência, o que possibilita a estimativa do balanço de carbono individual;
- Possibilita o conhecimento prévio da estimativa do perfil emissor e do número de árvores necessárias à compensação de determinado evento, o que oportuniza aos organizadores planejarem ações de redução e compensação das emissões;
- Propicia a execução do cálculo online, de maneira simplificada ou detalhada, por meio de uma interface amigável (layout, linguagem e manuseio), aspectos que são facilitadores entre o usuário e o software;
- Favorece o aprimoramento da ferramenta e a compilação dos dados a partir de uma área de administrador que não se restringe somente às pessoas com amplo conhecimento em sistemas de informação.

Diante das vantagens apresentadas, associadas às extensas e distintas possibilidades de aplicação dos sistemas, o software *CZ 1.0* pode servir de apoio à implementação, manutenção e expansão de políticas, públicas e privadas, além de poder ser considerado inovador e com ampla gama de utilizações que auxiliem na mitigação das emissões de GEE em diferentes setores.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. B. B. M.; JACOVINE, L. A. G.; LIMA, G. S.; BONTEMPO, G. C.; TORRES, C. M. M. E. As mudanças climáticas e a produção agropecuária: percepção dos produtores rurais da região da Zona da Mata Mineira, Brasil. **Espacios**, v. 38, n. 18, p. 24-35, 2017.
- AMAZONAS. Lei ordinária nº 3.135, de 5 de junho de 2007. Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas, Conservação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas, e estabelece outras providências. **Diário Oficial do Estado do Amazonas**. 2007.
- AVIGO, R. A. A aplicação dos princípios da sustentabilidade em eventos corporativos. In: XVIII CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO SUDESTE. 2013, Bauru. **Anais...** São Paulo, 2013. p. 1-13.
- BERNOUX, M.; BRANCA, G.; CARRO, A.; LIPPER, L.; SMITH, G.; BOCKEL, L. Ex-ante greenhouse gas balance of agriculture and forestry development programs. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 1, p. 31-40, 2010.
- BIRNIK, A. An evidence-based assessment of online carbon calculators. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 17, p. 280-293, 2013.
- BONSUCRO. Padrão de Produção Bonsucro incluindo o Padrão de Produção Bonsucro UE. v. 4.1.1. Reino Unido, 59 p. 2015.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 2009.
- BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6o, 11 e 12 da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 2010.
- BRASIL. Projeto de lei n.º 5.570, de 2013. Regulamenta a obrigatoriedade da Neutralização de carbono em eventos realizados as margens de represas, lagos, rios, córregos, em todo território Nacional. **Diário Oficial da União**. 2013.
- BRIANEZI, D. **Balanco de gases de efeito estufa em propriedades rurais: método e aplicações**. 2015. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.
- CARBONO ZERO. Programa Carbono Zero. O Programa. 2017. Disponível em: <<http://www.carbonozero.ufv.br>>. Acesso em: 14 dez. 2017.
- CARLSON, B. R.; CARPENTER-BOGGS, L. A.; HIGGINS, S. S.; NELSON, R.; STÖCKLE, C. O.; WEDDELL, J. Development of a web application for estimating

carbon footprints of organic farms. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 142, parte A, p. 211-223, 2017.

COLOMB, V.; TOUCHEMOULIN, O.; BOCKEL, L. CHOTTE, J.; MARTIN, S.; TINLOT, M.; BERNOUX, M. Selection of appropriate calculators for landscape-scale greenhouse gas assessment for agriculture and forestry. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2013.

COMET-FARM. COMET-Farm United States Department of Agriculture. COMET-Farm Tool. Disponível em: <<http://www.comet-farm.com>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

CUCCHIELLA, F.; GASTALDI, M.; MILIACCA, M. The management of greenhouse gas emissions and its effects on firm performance. **Journal of Cleaner Production**, v.167, p. 1387-1400, 2017.

DENEF, K.; PAUSTIAN, K.; ARCHIBEQUE, S.; BIGGAR, S.; PAPE, D. Report of Greenhouse Gas Accounting Tools for Agriculture and Forestry Sectors. 135p. 2012.

EUR-LEX. Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de abril de 2009. Relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE. **Jornal Oficial da União Europeia**. 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. EX-Ante Carbon balance Tool (EX-ACT). Disponível em: <<http://www.fao.org/tc/exact/ex-act-inicio/pt/>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

GHG PROTOCOL. Ferramenta de Cálculo do GHG Protocol Agrícola (GHGPAg). 2014. Disponível em: <http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards_supporting/GHGProtocol%20-%20Agricultura%20v1.0.3%2017-02-2014_0_0_0_0.xlsm>. Acesso em: 05 jan. 2018.

HILLIER, J.; WALTER, C.; MALIN, D.; GARCIA-SUAREZ, T.; MILA-I-CANALS, L.; SMITH, P. A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. **Environmental Modelling & Software**, v. 26, n. 9, p. 1070-1078, 2011.

IPCC. International Panel on Climate Change. General Guidance and Reporting – Chapter 1: Introduction to the 2006 Guidelines. 12 p. 2006.

IPCC. International Panel on Climate Change. Climate Change 2007. The Physical Science Basis – The Working Group I contribution to the IPCC Fourth Assessment Report (Errata). 6 p. 2007.

KELLER, E.; CHIN, M.; CHORKULAK, V.; CLIFT, R.; FABER, Y.; LEE, J.; KING, H.; MILÀ-I-CANALS, L.; STABILE, M.; STICKLER, C.; VIART, N. Footprinting farms: a comparison of three GHG calculators. **Greenhouse Gas Measurement and Management**, v. 4, n. 2-4, p. 90-123, 2014.

KENNY, T.; GRAY, N. F. Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 29, n. 1, p. 1-6, 2009.

LAING, J.; FROST, W. How green was my festival: Exploring challenges and opportunities associated with staging green events. **International Journal of Hospitality Management**, v. 29, n. 2, p. 261-267, 2010.

MURRAY, J.; DEY, C. The carbon neutral free for all. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 3, n. 2, p. 237-248, 2009.

OCT. Organização de Conservação da Terra. Calculadora de eventos. 2017. Disponível em: <<http://oct.org.br/calculadora>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

PADGETT, J. P.; STEINEMANN, A. C.; CLARKE, J. H.; VANDENBERGH, M. P. A comparison of carbon calculators. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, n. 2-3, p. 106-115, 2008.

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; PANDEY, J. S. Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, n. 1-4, p. 135-160, 2011.

PETER, C.; SPECKA, X.; AURBACHER, J.; KORNTATZ, P.; HERRMANN, C.; HEIERMANN, M.; MÜLLER, J.; NENDEL, C. The MiLA tool: Modeling greenhouse gas emissions and cumulative energy demand of energy crop cultivation in rotation. **Agricultural Systems**, v. 152, p. 67-79, 2017.

PIRES, M. V.; CUNHA, D. A.; REIS, D. I.; COELHO, A. B. Percepção de produtores rurais em relação às mudanças climáticas e estratégias de adaptação no estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.3, p. 431-440, 2014.

RAS. Rede de Agricultura Sustentável. Rainforest Alliance – Norma para Agricultura Sustentável para produção agrícola e pecuária de fazendas e grupos de produtores. v. 1.2. 58 p. 2017.

RICHARDS, M.; METZEL, R.; CHIRINDA, N.; LY, P.; NYAMADZAWO, G.; VU, Q. D.; NEERGAARD, A. OELOFSE, M.; WOLLENBERG, E.; KELLER, E.; MALIN, D.; OLESEN, J. E.; HILLIER, J.; ROSENSTOCKA, T. S. Limits of agricultural greenhouse gas calculators to predict soil N₂O and CH₄ fluxes in tropical agriculture. **Scientific Reports**, v.6, 26279, 2016.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 5.248 de 27 de janeiro de 2011. Institui a Política Municipal sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável, dispõe sobre o estabelecimento de metas de redução de emissões antrópicas de gases de efeito estufa para o Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. **Diário Oficial da Prefeitura do Rio de Janeiro**. 2011.

RIO DE JANEIRO. Projeto de lei nº 959 de 2014. Dispõe sobre a obrigatoriedade de

compensação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelos promotores de eventos realizados em área de domínio público do município. **Diário Oficial da Prefeitura do Rio de Janeiro**. 2014.

RSB. Roundtable on Sustainable Biomaterials. RSB Guidance on Principles & Criteria for Sustainable Biofuel Production. v. 2.1. Geneva, 25 p. 2013.

RTRS. Round Table on Responsible Soy Association. Padrão RTRS de Produção de Soja Responsável. v. 3.1. 54 p. 2017.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.134, de 17 de outubro de 2007. Dispõe sobre a obrigatoriedade da compensação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelos promotores de eventos realizados em praças e parques públicos, a saber: shows, práticas desportivas, concertos, exposições e eventos do gênero, envolvendo circulação de pessoas, possibilitando a neutralização da emissão de dióxido de carbono (CO₂). **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**. 2007.

SÃO PAULO. Portaria nº 6 de 2007. **Diário Oficial da Prefeitura de São Paulo**. 2007.

SÃO PAULO. Projeto de lei nº 167 de 2015. Institui a obrigatoriedade de elaboração de inventários das emissões de Gases de Efeitos Estufa (GEE) e de implantação de medidas de redução e de compensação nos eventos esportivos, culturais, religiosos, festivos e assemelhados de grande porte no Município de São Paulo. **Diário Oficial da Prefeitura de São Paulo**. 2015.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Como neutralizar o carbono emitido em seu evento. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

SILVA, L. B. **Aprimoramento da ferramenta de cálculo de emissões e remoções de gases de efeito estufa em propriedades rurais**. 2017. 121 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SOUZA, B. D.; NUNES, P. C. Sustentabilidade em eventos culturais: estudo de caso em um projeto de extensão universitária. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 8, n. 1, p. 31-38, 2017.

SUSTAINABLE CARBON. Sustainable Carbon Climate Solutions. Calcule o seu evento. Disponível em: <<https://www.webco2.com.br/static/calculator.php>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

TRIGO, A. G. M.; SENNA, J. S. M. Sustentabilidade em eventos: características, motivações e análise de eventos sustentáveis. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO e III INOVARSE – RESPONSABILIDADE SOCIAL APLICADA. 2016, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2016. p. 1-22.

WHITTAKER, C.; MCMANUS, M. C.; SMITH, P. A comparison of carbon accounting tools for arable crops in the United Kingdom. **Environmental Modelling & Software**, v. 46, p. 228-239, 2013.

CONCLUSÕES GERAIS

Diante da relevância do Programa Brasileiro GHG Protocol quanto à propagação de iniciativas de promoção e registro de inventários corporativos de GEE, o diagnóstico do panorama apresentado nos relatórios das organizações exerce influência no aprimoramento das diretrizes e na adoção de ações de mitigação mais focadas, principalmente nos setores que mais contribuem com a emissão dos gases causadores das mudanças climáticas. As análises permitem inferir que organizações de diferentes portes e setores publicam seus inventários no Programa e que as instituições estão mais comprometidas com a credibilidade de seus relatórios, uma vez que houve um aumento do número qualificações da categoria Ouro. No entanto, faz-se necessária uma reavaliação do Programa no sentido da não obrigatoriedade de relato de alguns itens do inventário, como as emissões advindas de fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa (Escopo 3) e os dados relacionados a projetos de compensação e redução das emissões. Ademais, deve suscitar uma maior padronização dos indicadores das emissões relativas, uma vez que eles representam melhor o empenho das organizações quanto a mitigação das mudanças climáticas.

No que se refere às calculadoras de carbono brasileiras, as variabilidades encontradas, principalmente nos fatores de conversão, afetam o potencial e a credibilidade que essas ferramentas possuem diante do papel decisório que os indivíduos, principalmente os formuladores de políticas, têm frente as mudanças climáticas. A difusão das calculadoras deve ser acompanhada de diretrizes mais específicas no intuito de minimizar as inconsistências geradas pelo uso inadequado de métodos de cálculo. A possibilidade de adoção de iniciativas de mitigação das emissões é um importante parâmetro a ser reforçado pelas calculadoras e, apesar dos custos mais elevados e das barreiras associadas ao plantio de árvores, essa é uma alternativa de compensação relevante do ponto de vista ambiental e social.

Apesar da existência de iniciativas relevantes no que tange a quantificação das emissões de GEE e remoções de carbono, o software *CZ 1.0* apresenta distintos diferenciais e amplas possibilidades de aplicações. A oportunidade de utilização dos sistemas por usuários com amplitude distinta de conhecimento dos dados, além das alternativas de diagnósticos nos níveis individual, de eventos e de propriedades rurais, podem contribuir para o balizamento e tomada de decisões quanto a ampliação, formulação e implementação de políticas públicas e privadas.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Indicadores de intensidade carbônica (emissão relativa)

Tabela 1 – Indicador de emissão relativa das organizações amostradas

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Acumuladores Moura	2013	0,0093	tCO ₂ /bateria produzida
Alcoa Alumínio	2015	4,71	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2015	3,76	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2015	0,50	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2014	3,79	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2014	2,86	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2014	0,49	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2013	2,74	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2013	1,80	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2013	0,49	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2012	3,40	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2012	2,47	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Alcoa Alumínio	2012	0,49	tCO ₂ e/t alumínio produzido
Baesa	2016	8,24	tCO ₂ e/100MW
Baesa	2015	7,99	tCO ₂ e/100MW
Baesa	2014	8,34	tCO ₂ e/100MW
Baesa	2013	5,19	tCO ₂ e/100MW

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Banco do Brasil	2016	0,00037105	tCO ₂ e/R\$
Banco do Brasil	2016	0,67943852	tCO ₂ e/funcionário
Banco do Brasil	2015	0,00047509	tCO ₂ e/R\$
Banco do Brasil	2014	0,00000046	tCO ₂ e/R\$
Banco do Brasil	2013	0,00000054	tCO ₂ e/R\$
Banco do Brasil	2012	0,00000048	tCO ₂ e/R\$
BM&FBOVESPA	2016	0,89075051	kgCO ₂ e/horas trabalhadas
BM&FBOVESPA	2016	1,85904849	kgCO ₂ e/milhares de R\$
BM&FBOVESPA	2016	2,59363900	kgCO ₂ e/milhões de R\$
BM&FBOVESPA	2016	6,02623600	kgCO ₂ e/milhares de contratos
BM&FBOVESPA	2015	1,12264759	kgCO ₂ e/horas trabalhadas
BM&FBOVESPA	2015	2,19664349	kgCO ₂ e/milhares de R\$
BM&FBOVESPA	2015	3,23226600	kgCO ₂ e/milhões de R\$
BM&FBOVESPA	2015	7,67697200	kgCO ₂ e/milhares de contratos
BM&FBOVESPA	2013	2,64000000	kgCO ₂ e/milhões de R\$
BM&FBOVESPA	2013	6,88000000	kgCO ₂ e/milhares de contratos
BM&FBOVESPA	2012	2,47000000	kgCO ₂ e/milhões de R\$
BM&FBOVESPA	2012	6,24000000	kgCO ₂ e/milhares de contratos
Braskem	2013	0,63000	tCO ₂ e/t produto

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Braskem	2013	0,00026	tCO ₂ e/unidade de receita em reais
Braskem	2012	0,62800	tCO ₂ e/t produto
Braskem	2012	0,00029	tCO ₂ e/unidade de receita em reais
CCR	2014	7,34	tCO ₂ e/FTE
CCR	2014	7,60	tCO ₂ e/km de rodovia
CCR	2013	6,66	tCO ₂ e/FTE
CCR	2013	9,80	tCO ₂ e/km rodovia
CCR	2013	7,20	gCO ₂ e/pkm
CCR	2012	9,80	tCO ₂ /km rodovia
CCR	2012	6,80	gCO ₂ e/pkm
CESP	2016	0,186769	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2016	0,198728	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2015	0,108485	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2015	0,126840	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2014	0,106606	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2014	0,134576	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2013	0,101684	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2013	0,125594	tCO ₂ e/GWH produzido
CESP	2012	0,127837	tCO ₂ e/GWH produzido

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
CESP	2012	0,163641	tCO ₂ e/GWh produzido
Copel	2015	25,78	tCO ₂ e/GWh gerado
Copel	2015	22,38	tCO ₂ e/GWh distribuído
Copel	2014	26,74	tCO ₂ e/GWh gerado
Copel	2014	23,31	tCO ₂ e/GWh distribuído
Copel	2013	9,65	tCO ₂ e/GWh gerado
Copel	2013	13,97	tCO ₂ e/GWh distribuído
Copel	2012	10,25	tCO ₂ e/GWh gerado
Copel	2012	72,11	tCO ₂ e/milhões de reais
Copel	2012	8,82	tCO ₂ e/GWh distribuído
Copel	2012	71,27	tCO ₂ e/milhões de reais
Danone	2016	28,01	kgCO ₂ e/tonelada produto
Danone	2015	28,06	kgCO ₂ e/tonelada produto
Danone	2014	36,79	kgCO ₂ e/tonelada produto
Danone	2013	20,15	kgCO ₂ e/tonelada produto
Danone	2012	16,65	kgCO ₂ e/tonelada produto
Dudalina	2016	0,000869	tCO ₂ e/produção total
Dudalina	2016	0,877141	tCO ₂ e/colaborador
Dudalina	2015	0,000878	tCO ₂ e/produção total

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Dudalina	2015	0,940887	tCO ₂ e/colaborador
Dudalina	2014	0,000650	tCO ₂ e/produção total
Dudalina	2014	0,832848	tCO ₂ e/colaborador
Dudalina	2013	0,000405	tCO ₂ e/produção total
Dudalina	2013	0,627343	tCO ₂ e/colaborador
Dudalina	2012	0,000468	tCO ₂ e/produção total
Dudalina	2012	0,627487	tCO ₂ e/colaborador
EDP Energias	2016	0,000100	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2016	1,176200	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2016	0,011400	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2016	0,369700	tCO ₂ /R\$Mil
EDP Energias	2015	0,000190	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2015	1,130000	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2015	0,029000	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2015	0,283000	tCO ₂ /R\$Mil
EDP Energias	2014	30,350000	tCO ₂ /GWh
EDP Energias	2014	0,170000	tCO ₂ /GWh
EDP Energias	2013	0,013542	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2013	0,000092	tCO ₂ /MWh
EDP Energias	2012	0,005947	tCO ₂ /MWh

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
EDP Energias	2012	0,000149	tCO ₂ /MWh
Esco Brasil	2013	5,030	tCO ₂ e/t produzida
Esco Brasil	2012	0,033	tCO ₂ e/t produzida
Finnet	2016	0,189	tCO ₂ e/funcionário
Finnet	2015	0,420	tCO ₂ e/funcionário
Finnet	2014	0,429	tCO ₂ e/funcionário
Finnet	2013	0,584	tCO ₂ e/funcionário
Finnet	2012	0,563	tCO ₂ e/funcionário
Fundação Planetário RJ	2016	0,4150	kgCO ₂ e/visitante
Fundação Planetário RJ	2016	0,4930	kgCO ₂ e/visitante
Fundação Planetário RJ	2016	2,0540	kgCO ₂ e/visitante
Fundação Planetário RJ	2016	2,2560	kgCO ₂ e/visitante
Fundação Planetário RJ	2015	0,4850	kgCO ₂ e/visitante
Fundação Planetário RJ	2015	1,8590	kgCO ₂ e/visitante
Fundação Planetário RJ	2014	0,9200	kgCO ₂ e/atendimento
Fundação Planetário RJ	2013	0,4194	kgCO ₂ e/atendimento
Fundação Planetário RJ	2012	0,3890	kgCO ₂ e/atendimento
Furnas	2016	0,0488	tCO ₂ e/MWh
Furnas	2015	0,1285	tCO ₂ e/MWh

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Furnas	2015	0,0940	tCO ₂ e/MWh
Furnas	2014	0,1013	tCO ₂ e/MWh
Grupo Boticário	2012	0,66	tCO ₂ e/t produzida
Grupo Boticário	2012	4,19	tCO ₂ e/M produzida
Grupo Boticário	2012	2,09	tCO ₂ e/MM expedida
Grupo Centroflora	2016	1,5	kgCO ₂ e/kg produto acabado produzido
Grupo Centroflora	2015	1,5	kgCO ₂ e/kg produto acabado produzido
Hospital Israelita A.E.	2016	0,890000	kgCO ₂ e/passagem equivalente
Hospital Israelita A.E.	2015	0,680000	kgCO ₂ e/passagem equivalente
Hospital Israelita A.E.	2014	1,172546	kgCO ₂ e/passagem equivalente
Hospital Israelita A.E.	2013	0,001245	tCO ₂ e/passagem equivalente
Hospital Israelita A.E.	2012	0,001106	tCO ₂ e/passagem equivalente
Igaratiba	2016	0,307	tCO ₂ e/t resina transformada
Igaratiba	2015	0,423	tCO ₂ e/t resina transformada
Igaratiba	2014	0,407	tCO ₂ e/t resina transformada
Igaratiba	2013	0,360	tCO ₂ e/t resina transformada
Igaratiba	2012	0,220	tCO ₂ e/t resina transformada
Instituto CO2 Zero	2015	5,143E-05	tCO ₂ e/unidade de receita em reais
Instituto CO2 Zero	2014	7,143E-05	tCO ₂ e/unidade de receita em reais

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
InterCement	2015	586,5	kgCO ₂ /t cimento
InterCement	2014	549,0	kgCO ₂ /t cimento
InterCement	2013	559,0	kgCO ₂ /t cimento
InterCement	2012	572,0	kgCO ₂ /t cimento
Ipiranga	2016	0,84	kgCO ₂ e/m ³
Ipiranga	2015	0,72	kgCO ₂ e/m ³
Ipiranga	2014	0,68	kgCO ₂ e/m ³
Ipiranga	2013	0,97	tCO ₂ e/mil t
Ipiranga	2012	0,86	tCO ₂ e/mil t
Itaú	2016	0,6000	tCO ₂ /R\$ MM de produto bancário
Itaú	2015	2,5280	tCO ₂ e/colaborador
Itaú	2015	2,1890	tCO ₂ e/R\$ milhões
Itaú	2014	2,5960	tCO ₂ e/colaborador
Itaú	2014	12,0940	tCO ₂ e/R\$ milhões
Itaú	2013	2,9200	tCO ₂ e/colaborador
Itaú	2013	17,7600	tCO ₂ e/R\$ milhões
Itaú	2012	0,0959	tCO ₂ e/colaborador
Itaú	2012	0,6515	tCO ₂ e/mi de R\$ de lucro líquido
Klabin	2016	238,678	kgCO ₂ e/t produzida

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Lojas Americanas	2016	3,25	tCO ₂ e/milhão de receita
Lojas Renner	2016	63,00000	kgCO ₂ e/m ² área de venda
Lojas Renner	2015	69,00000	kgCO ₂ e/m ²
Lojas Renner	2015	2,06000	tCO ₂ e/colaborador
Lojas Renner	2015	4,55000	tCO ₂ e/milhão em receita
Lojas Renner	2014	0,09800	tCO ₂ e/m ²
Lojas Renner	2014	0,00028	tCO ₂ e/kwh
Lojas Renner	2014	2,69600	tCO ₂ e/colaborador
Lojas Renner	2013	0,07400	tCO ₂ e/m ²
Lojas Renner	2013	0,00021	tCO ₂ e/kwh
Lojas Renner	2013	1,98900	tCO ₂ e/colaborador
Lojas Renner	2012	0,06200	tCO ₂ e/m ²
Moto Honda	2016	41,76	KgCO ₂ /motocicleta produzida
Moto Honda	2015	26,25	KgCO ₂ /motocicleta produzida
Natura Cosméticos	2016	3,17	kgCO ₂ e/kg produto faturado
Natura Cosméticos	2015	3,17	kgCO ₂ e/kg produto faturado
Natura Cosméticos	2014	3,00	kgCO ₂ e/kg produto faturado
Natura Cosméticos	2013	2,79	kgCO ₂ e/kg produto faturado
Natura Cosméticos	2012	2,99	kgCO ₂ e/kg produto faturado

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Nivea	2016	2,57	kgCO ₂ e/1000 unidades vendidas
Nivea	2015	3,16	kgCO ₂ e/1000 unidades vendidas
Nivea	2014	3,53	kgCO ₂ e/1000 unidades vendidas
Nivea	2013	3,61	kgCO ₂ e/1000 unidades vendidas
Nivea	2012	4,82	kgCO ₂ e/1000 unidades vendidas
Oi	2016	0,004476162	tCO ₂ e/UGR
Oi	2015	0,005071531	tCO ₂ e/UGR
Oi	2014	0,005421346	tCO ₂ e/UGR
Oi	2013	0,004743058	tCO ₂ e/UGR
Oi	2012	0,003658170	tCO ₂ e/UGR
Organização Bradesco	2016	0,765	tCO ₂ e/R\$ MM
Organização Bradesco	2016	13,288	tCO ₂ e/R\$ MM
Organização Bradesco	2016	1,842	tCO ₂ e/funcionário
Organização Bradesco	2015	0,981	tCO ₂ e/R\$ MM
Organização Bradesco	2015	12,657	tCO ₂ e/R\$ MM
Organização Bradesco	2015	2,343	tCO ₂ e/funcionário
Organização Bradesco	2014	1,059	tCO ₂ e/R\$ MM
Organização Bradesco	2014	13083,000	tCO ₂ e/R\$ MM
Organização Bradesco	2014	2,067	tCO ₂ e/funcionário

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Organização Bradesco	2013	15,980	tCO ₂ / colaboradores
Organização Bradesco	2012	20,180	tCO ₂ / colaboradores
Plural	2016	0,0000241	kgCO ₂ e/K16
Raízen Energia	2016	0,0230	tCO ₂ e/t
Raízen Energia	2015	0,0202	tCO ₂ e/t
Raízen Energia	2014	0,0063	tCO ₂ e/t
Raízen Energia	2013	0,6013	tCO ₂ e/MWh
Raízen Energia	2013	0,0683	tCO ₂ e/m ³
Raízen Energia	2013	0,0319	tCO ₂ e/ton
Raízen Energia	2013	0,9599	tCO ₂ e/m ³
Raízen Energia	2013	0,3901	tCO ₂ e/ton
Raízen Energia	2012	0,0200	tCO ₂ e/ton
Sika	2014	0,0873	tCO ₂ e/volume total produzido
Sika	2013	0,0850	tCO ₂ e/volume total produzido
Sika	2012	0,1030	tCO ₂ e/volume total produzido
Suzano Papel	2016	0,767	tCO ₂ e/t papel
Suzano Papel	2016	0,268	tCO ₂ e/t celulose de mercado
Suzano Papel	2016	0,213	tCO ₂ e/t celulose vendável
Suzano Papel	2015	1,320	tCO ₂ e/t papel
Suzano Papel	2015	0,480	tCO ₂ e/t celulose de mercado

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Suzano Papel	2015	0,368	tCO ₂ e/t celulose vendável
Suzano Papel	2013	0,270	tCO ₂ e/t papel
Suzano Papel	2013	0,190	tCO ₂ /t celulose
TIM Participações	2016	0,001389	tCO ₂ e/cliente
TIM Participações	2016	8,460000	tCO ₂ e/colaborador
TIM Participações	2016	4,180000	tCO ₂ e/MiR\$
TIM Participações	2015	0,001848	tCO ₂ e/cliente
TIM Participações	2015	8,920000	tCO ₂ e/colaborador
TIM Participações	2015	7,150000	tCO ₂ e/MiR\$
TIM Participações	2014	0,001420	tCO ₂ e/cliente
TIM Participações	2014	7,920000	tCO ₂ e/colaborador
TIM Participações	2014	5,500000	tCO ₂ e/MiR\$
TIM Participações	2013	0,000815	tCO ₂ e/cliente
TIM Participações	2013	4,650000	tCO ₂ e/colaborador
TIM Participações	2013	3,000000	tCO ₂ e/MiR\$
TIM Participações	2012	0,000040	tCO ₂ e/cliente
TIM Participações	2012	0,260000	tCO ₂ e/colaborador
TIM Participações	2012	0,170000	tCO ₂ e/MiR\$
Vale	2016	51,1000	tCO ₂ e/TJ
Vale	2015	54,5000	tCO ₂ e/TJ
Vale	2014	81,0000	tCO ₂ e/mil TJ

Continua...

Tabela 1, Cont.

Organização	Ano do inventário	Indicadores	Unidade
Vale	2013	0,2873	tCO ₂ e/MWh
Vale	2013	314,7000	tCO ₂ e/ milhões US\$
Vale	2012	0,3570	tCO ₂ e/MWh
Vale	2012	385,3000	tCO ₂ e/ milhões US\$
Verescence Brasil	2016	0,12	tCO ₂ e/t vidro fundido (total)
Verescence Brasil	2016	0,11	tCO ₂ e/t vidro fundido (saúde)
Verescence Brasil	2016	0,13	tCO ₂ e/t vidro fundido (beleza)
Verescence Brasil	2015	0,12	tCO ₂ e/t vidro fundido (total)
Verescence Brasil	2015	0,11	tCO ₂ e/t vidro fundido (saúde)
Verescence Brasil	2015	0,13	tCO ₂ e/t vidro fundido (beleza)
Verescence Brasil	2014	0,10	tCO ₂ e/t vidro fundido (total)
Verescence Brasil	2014	0,18	tCO ₂ e/t vidro fundido (farmácia)
Verescence Brasil	2014	0,23	tCO ₂ e/t vidro fundido (decoração)
VRG Linhas Aéreas	2015	0,074474235	kgCO ₂ e/ASK
VRG Linhas Aéreas	2014	0,074101295	kgCO ₂ e/ASK
VRG Linhas Aéreas	2013	0,074248428	kgCO ₂ e/ASK
VRG Linhas Aéreas	2012	0,078153167	kgCO ₂ e/ASK

APÊNDICE B – Análise quantitativa das fontes emissoras e estatísticas descritivas associadas aos Fatores de Emissão (FE)

Tabela 1 – Comparação dos valores da emissão (kgCO₂e/ano) e dos fatores de emissão (kgCO₂e/R\$ ou kWh) para consumo individual de energia elétrica para os dados de entrada "valor/período" (R\$/mês) e "consumo/período" (kWh/mês)

Calculadora	Valor/período			Consumo/período		
	Valor do dado de entrada (R\$/mês.indivíduo ⁻¹)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/R\$)	Valor do dado de entrada (kWh/mês.indivíduo ⁻¹)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/kWh)
A e B	56,94	266,81	0,390	121,00	196,75	0,136
C	-	-	-	-	-	-
D ¹	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-
G	-	-	-	121,00	35,70	0,025
H ²	-	-	-	121,00	33,00	0,023
I	56,94	56,00	0,082	-	-	-
J ¹	-	-	-	-	-	-
K ³	56,94	94,00	0,138	121,00	74,00	0,051
L	56,94	80,00	0,117	121,00	70,00	0,048
M	-	-	-	-	-	-
N	56,94	290,00	0,424	121,00	270,00	0,186
O ⁴	56,94	120,00	0,176	-	-	-
P	56,94	260,00	0,380	121,00	190,00	0,131
Média			0,244			0,096
Desvio padrão			0,148			0,064
CV			60,57			66,33

Os campos preenchidos com “-” indicam a ausência do dado de entrada nas referidas calculadoras.

¹A calculadora contempla os referidos dados de entrada, no entanto, o resultado da emissão não é fornecido de forma individualizada.

²O dado de entrada "121 kWh/mês" resultou em 0 MgCO₂e, deste modo, adotou-se "121000 kWh/mês" e realizou-se a proporção para 121 kWh. A calculadora não apresenta valores coerentes, portanto, foi desconsiderada das análises.

³A região selecionada foi "Outros estados no Brasil".

⁴A concessionária selecionada foi "CEMIG-D".

Tabela 2 – Comparação dos valores da emissão (kgCO₂e/ano) e dos fatores de emissão (kgCO₂e/ano.R\$⁻¹ ou m³⁻¹) para consumo individual de gás natural para os dados de entrada "valor/período" (R\$/mês) e "consumo/período" (m³/mês)

Calculadora	Valor/período			Consumo/período		
	Valor do dado de entrada (R\$/mês.indivíduo ⁻¹)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/R\$)	Valor do dado de entrada ¹ (m ³ /mês.domicílio ⁻¹)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/m ³)
A e B	41,74	261,160	0,521	8,00	198,720	2,070
C	-	-	-	-	-	-
D ²	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-
F ³	-	-	-	8,00	199,000	2,073
G	-	-	-	8,00	181,400	1,890
H	-	-	-	-	-	-
I	41,74	271,000	0,541	-	-	-
J ²	-	-	-	-	-	-
K	-	-	-	8,00	192,000	2,000
L	41,74	290,000	0,579	8,00	200,000	2,083
M	-	-	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-	-
O	41,74	200,000	0,399	-	-	-
P	41,74	445,000	0,888	8,00	220,000	2,292
Média			0,586			2,068
Desvio padrão			0,182			0,132
CV			31,08			6,37

Os campos preenchidos com “-” indicam a ausência do dado de entrada nas referidas calculadoras.

¹Considerou-se que a residência possui um morador, ou seja, o valor de entrada por domicílio resulta na emissão e no fator de emissão por indivíduo.

²A calculadora contempla os referidos dados de entrada, no entanto, o resultado da emissão não é fornecido de forma individualizada.

³A região selecionada foi "Sudeste".

Tabela 3 – Comparação dos valores da emissão (kgCO₂e/ano) e do fator de emissão (MgCO₂e/ano.botijão⁻¹) para consumo individual de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) para os dados de entrada "botijões/período" (botijão/mês ou ano) e "peso/período" (kg/mês)

Calculadora	Valor do dado de entrada ¹		Emissão para os valores dos dados de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual ¹ (MgCO ₂ e/botijão)
	botijão/mês* ou ano** .indivíduo ⁻¹	kg/mês.indivíduo ⁻¹		
A e B**	6,0	-	894,24	0,149
C	-	-	-	-
D ²	-	-	-	-
E	-	-	-	-
F* ³	0,5	-	229,00	0,038
G ⁴	-	6,5	233,30	0,039
H* ⁵	0,5	-	114,00	0,019
I** ⁴	6,0	-	229,00	0,038
J ²	-	-	-	-
K*	0,5	-	241,00	0,040
L*	0,5	-	230,00	0,038
M	-	-	-	-
N**	6,0	-	2.970,00	0,495
O	-	-	-	-
P ⁴	-	6,5	230,00	0,038
Média				0,110
Desvio padrão				0,160
CV				146,54

Os campos preenchidos com “-” indicam a ausência do dado de entrada nas referidas calculadoras.

¹Foi gerado somente um fator de emissão, pois apesar dos dados de entrada serem distintos, eles geram resultados equivalentes.

²A calculadora contempla os referidos dados de entrada, no entanto, o resultado da emissão não é fornecido de forma individualizada.

³A região selecionada foi "Sudeste".

⁴Adotou-se o peso do botijão como "13 kg".

⁵O dado de entrada "0,5 botijão/mês" resultou em 0 MgCO₂e, deste modo, adotou-se "500 botijão/mês" e realizou-se a proporção para 0,5 botijão. A calculadora não apresenta valores coerentes, portanto, foi desconsiderada das análises.

Tabela 4 – Comparação dos valores da emissão (kgCO₂e/ano) e do fator de emissão (kgCO₂e/ano.kg resíduo⁻¹) para produção individual de resíduos sólidos para o dados de entrada "peso/período" (kg resíduo/dia ou mês) e "padrão" (valor padrão (kg)/mês ou ano)

Calculadora	Valor do dado de entrada ¹		Emissão para os valores dos dados de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual ¹ (MgCO ₂ e/kg resíduo)
	kg/dia * ou mês **.indivíduo ⁻¹	valor padrão (kg)/mês ** ou ano ***.indivíduo ⁻¹		
A e B	-	-	-	-
C	-	-	-	-
D**2	-	85,48	1.025,810	1,000
E	-	-	-	-
F	-	-	-	-
G*	0,87	-	838,332	2,640
H*3	0,87	-	341,000	1,074
I	-	-	-	-
J***4	-	187,00	187,000	1,000
K	-	-	-	-
L	-	-	-	-
M ⁵	-	-	-	-
N	-	-	-	-
O	-	-	-	-
P**	25,96	-	415,000	1,332
Média				1,493
Desvio padrão				0,781
CV				52,28

Os campos preenchidos com “-” indicam a ausência do dado de entrada nas referidas calculadoras.

¹Foi gerado somente um fator de emissão, pois apesar dos dados de entrada serem distintos, eles geram resultados equivalentes.

²Adotou-se "sem coleta seletiva".

³O dado de entrada "0,87 kg/dia" resultou em 0 MgCO₂e, deste modo, adotou-se "870 kg/dia" e realizou-se a proporção para 0,87 kg. A calculadora não apresenta valores coerentes, portanto, foi desconsiderada das análises.

⁴Adotou-se o estado "MG" e município "Viçosa".

⁵A calculadora contempla os referidos dados de entrada, no entanto, o resultado da emissão não é fornecido de forma individualizada.

Tabela 5 – Comparação dos valores médios da emissão (kgCO₂e/ano) e dos fatores de emissão (kgCO₂e/ano.km⁻¹) para utilização de veículo particular para os dados de entrada "combustível" (álcool/flex, diesel, gasolina e GNV) e "quilometragem média/período" (km/dia, mês ou ano)

Calculadora	Valor do dado de entrada ¹ (km/dia*, mês** ou ano***.veículo ⁻¹)	Álcool/Flex		Diesel		Gasolina		GNV	
		Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.ind ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/km)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.ind ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/km)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.ind ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/km)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.ind ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/km)
A e B**	583	801,79	0,115	1.642,66	0,235	1.603,73	0,229	1.516,53	0,217
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D*	19	1.213,63	0,173	1.941,80	0,277	1.341,23	0,192	922,36	0,132
E ²	7000	2.713,67	0,388			2.884,00	0,412	2.076,67	0,297
F**3	583	868,00	0,124			1.736,00	0,248	1.233,33	0,176
G**	583	419,00	0,060	1.800,00	0,257	1.616,67	0,231	1.820,00	0,260
H**4	583	133,00	0,019	477,00	0,068	376,50	0,054	361,00	0,052
I*	19	709,00	0,101	709,00	0,101	709,00	0,101	709,00	0,101
J ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K**	583	638,00	0,091	2.449,00	0,350	1.748,33	0,250	979,00	0,140
L**	583	468,33	0,067	2.290,00	0,327	1.120,00	0,160	1.020,00	0,146
M***	7.000	1.403,46	0,200	2.024,40	0,289	1.453,08	0,208		0,000
N**	583	1.350,00	0,193	2.145,00	0,306	1.855,00	0,265	1.375,00	0,196
O***6	7.000	760,00	0,109	1.960,00	0,280	1.407,50	0,201		0,000
P***7	7.000	2,43	0,000	1.960,00	0,280	1.300,00	0,186	1.190,00	0,170
Média			0,135		0,270		0,224		0,183
Desvio padrão			0,098		0,068		0,074		0,070
CV			72,55		25,11		33,26		38,06

Os campos preenchidos com “-” indicam a ausência do dado de entrada nas referidas calculadoras.

¹Considerou-se que cada veículo (não foram inclusas as motocicletas) pertence a dois moradores, ou seja, a distância média percorrida (14000 km) foi dividida pela metade e, portanto, resulta na emissão e no fator de emissão por indivíduo.

²A calculadora possibilita colocar o dado de entrada em qualquer unidade, deste modo, adotou-se "7000 km/ano".

³A região selecionada foi "Sudeste".

⁴O dado de entrada "583 km" resultou em 0 MgCO₂e, deste modo, adotou-se "583000 km" e realizou-se a proporção para 583 km. A calculadora não apresenta valores coerentes, portanto, foi desconsiderada das análises.

⁵A calculadora contempla os referidos dados de entrada, no entanto, o resultado da emissão não é fornecido de forma individualizada.

⁶O ano do veículo selecionado foi "2015" e as motorizações foram "1.0; 1.6; 2.0 e >3.8". O cálculo do combustível "álcool" foi realizado com base apenas na combinação "etanol e gasolina".

⁷O ano do veículo selecionado foi "2010 ou posterior".

Tabela 6 – Comparação dos valores médios da emissão (kgCO₂e/ano) e dos fatores de emissão (kgCO₂e/ano.km⁻¹) para utilização de transporte coletivo terrestre para os dados de entrada "tipo de transporte" (metrô, ônibus e trem) e "quilometragem média/período" (km/dia, semana, mês ou ano)

Calculadora	Valor do dado de entrada ¹ (km/dia*, semana#, mês** ou ano***.transporte ⁻¹)	Metrô		Ônibus (municipal e rodoviário)		Trem	
		Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/km)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/km)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano.indivíduo ⁻¹)	Fator de emissão individual (kgCO ₂ e/km)
A e B**	583	442,230	0,063	569,610	0,081	431,510	0,062
C	-	-	-	-	-	-	-
D*	19	-	-	180,310	0,026	-	-
E***2	7000	700,000	0,100	420,000	0,060	700,000	0,100
F#3	135	700,000	0,100	824,000	0,118	776,000	0,111
G**	583	-	-	840,000	0,120	-	-
H**4	583	248,000	0,035	95,000	0,014	-	-
I*	19	35,000	0,005	776,000	0,111	283,000	0,040
J	-	-	-	-	-	-	-
K**	583	-	-	186,000	0,027	-	-
L**	583	-	-	170,000	0,024	-	-
M*	19	-	-	450,720	0,064	-	-
N	-	-	-	-	-	-	-
O ²	7000	50,000	0,007	220,000	0,031	-	-
P#5	19	30,000	0,004	160,000	0,023	-	-
Média			0,047		0,062		0,078
Desvio padrão			0,047		0,040		0,033
CV			100,91		63,60		42,02

Os campos preenchidos com “-” indicam a ausência do dado de entrada nas referidas calculadoras.

¹Considerou-se que cada indivíduo, utilizando transporte coletivo terrestre, percorre em média a mesma distância de um veículo particular (7000 km/ano).

²A calculadora possibilita colocar o dado de entrada em qualquer unidade, deste modo, adotou-se "7000 km/ano".

³A região selecionada foi "Sudeste".

⁴O dado de entrada "583 km" resultou em 0 MgCO₂e, deste modo, adotou-se "583000 km" e realizou-se a proporção para 583 km. A calculadora não apresenta valores coerentes, portanto, foi desconsiderada das análises.

⁵A frequência de uso selecionada foi "7 vezes na semana".

Tabela 7 – Comparação dos valores da emissão (kgCO₂e/ano) e dos fatores de emissão (kgCO₂e/ano.km⁻¹) para viagens aéreas para os dados de entrada "quilometragem/viagem ou período"¹ (km/viagem ou ano) e "viagens/período"²

Calculadora	Curta distância (d ≤ 500 km/viagem)			Média distância (500 < d ≤ 3700 km/viagem)			Longa distância Longa (d > 3700 km/viagem)		
	Valor do dado de entrada (km/viagem* ou ano**)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano)	Fator de emissão (kgCO ₂ e/km)	Valor do dado de entrada (km/viagem* ou ano**)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano)	Fator de emissão (kgCO ₂ e/km)	Valor do dado de entrada (km/viagem* ou ano**)	Emissão para o valor do dado de entrada (kgCO ₂ e/ano)	Fator de emissão (kgCO ₂ e/km)
A e B**	8.976	1.647,000	0,183	43.032	4.620,000	0,107	172.536	22.043,000	0,128
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E*	748	1.755,360	0,196	3.586	4.699,320	0,109	14.378	21.702,240	0,126
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H* ³	374	444,000	0,099	1.793	2.112,000	0,098	7.189	8.460,000	0,098
I**	8.976	1.647,000	0,183	43.032	4.620,000	0,107	172.536	22.043,000	0,128
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K**	8.976	1.065,000	0,119	43.032	5.730,000	0,133	172.536	23.190,000	0,134
L	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M* ⁴	748	107,400	0,012	3.586	291,840	0,007	14.378	1.479,600	0,009
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O*	748	1.680,000	0,187	3.586	4.200,000	0,098	14.378	15.000,000	0,087
P*	748	1.680,000	0,187	3.586	4.440,000	0,103	14.378	9.120,000	0,053
Média			0,176			0,110			0,109
Desvio padrão			0,067			0,040			0,048
CV			38,18			36,90			44,15

Os campos preenchidos com “-” indicam a ausência do dado de entrada nas referidas calculadoras.

¹Considerou-se para curta distância "Belo Horizonte (CNF) - Rio de Janeiro (SDU)" ou "374 km/viagem", para média distância "Belo Horizonte (CNF) - Natal (NAT)" ou "1793 km/viagem" e para longa distância "Belo Horizonte (CNF) - Nova Iorque (JFK)" ou "7189 km/viagem".

²Padronizou-se sempre o valor "12 viagens/ano", considerando "ida e volta".

³O dado de entrada "374, 1793 e 7189 km" resultou em 0 MgCO₂e, deste modo, adotou-se "374000, 1793000 e 7189000 km" e realizou-se a proporção. A calculadora não apresenta valores coerentes, portanto, foi desconsiderada das análises.

⁴A calculadora não apresenta valores coerentes, portanto, foi desconsiderada das análises.

APÊNDICE C – Telas do sistema individual do software CZ 1.0

carbono zero
SOFTWARE CZ

Indivíduo

Cadastro de pessoa física

Informações pessoais

Nome Completo*

Gênero*

Data de nascimento*

Escolaridade*

Celular

Informações para login

CPF*

E-mail*

Senha*

Digite sua senha novamente*

Li e aceito o [Termo de Consentimento Livre e Esclarecido \(TCLE\)](#) do Programa Carbono Zero.

Concluir cadastro

Figura 1C – Tela de cadastro pessoal.

carbono zero
SOFTWARE CZ

Simulação ▾

Residências

Cadastros realizados

Residências cadastradas

Não há Residências cadastradas

+ Cadastrar Nova Residencia

Figura 2C – Tela de residências cadastradas.

carbono zero SOFTWARE CZ Simulação ▾

Residências

Cadastro de nova residência

Cadastro da residência

Rua/Avenida*

Número*

Complemento

Bairro*

Cidade*

CEP

Estado*

Número de moradores (incluindo você)*

Área da residência*

Cadastro realizado pela Equipe Carbono Zero durante a Semana do Fazendeiro? Sim Não

[Concluir](#)

Figura 3C – Tela de cadastro de novas residências.

carbono zero SOFTWARE CZ Simulação ▾

Relatórios individuais

Cálculos realizados

Relatórios gerados

Não há Relatórios cadastrados

[+ Fazer novo cálculo](#)

Figura 4C – Tela de cálculos realizados.

zer02 SOFTWARE C2 Simulação ▾

Energia 0.0000 MgCO₂

Transporte particular 0.0000 MgCO₂

Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

Viagens aéreas 0.0000 MgCO₂

Resíduos 0.0000 MgCO₂

Efluentes 0.0000 MgCO₂

Árvores urbanas 0.0000 MgCO₂

Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Energia elétrica subtotal 0.0000

Valor (R\$/mês)

Gás natural (encanado) subtotal 0.0000

Valor (R\$/mês)

GLP (botijão) subtotal 0.0000

Consumo (botijões/ano)

Peso (kg/botijão)

Emissão pelo consumo de energia Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 5C – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de energia pelo formulário simplificado.

zer02 SOFTWARE C2 Simulação ▾

Energia 0.0000 MgCO₂

Transporte particular 0.0000 MgCO₂

Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

Viagens aéreas 0.0000 MgCO₂

Resíduos 0.0000 MgCO₂

Efluentes 0.0000 MgCO₂

Árvores urbanas 0.0000 MgCO₂

Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | **Cálculo detalhado**

Energia elétrica subtotal

Consumo (kWh/mês)

Gás natural (encanado) subtotal

Consumo (m³/mês)

GLP (botijão) subtotal

Consumo (botijões/ano)

Peso (kg/botijão)

Emissão pelo consumo de energia Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 6C – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de energia pelo formulário detalhado.

carbon zero SOFTWARE CO. Simulação ▾

⚡ Energia 0.0000 MgCO₂

🚗 Transporte particular 0.0000 MgCO₂

🚌 Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

✈️ Viagens aéreas 0.0000 MgCO₂

🗑️ Resíduos 0.0000 MgCO₂

🏠 Efluentes 0.0000 MgCO₂

🌳 Árvores urbanas 0.0000 MgCO₂

Σ Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Veículo particular subtotal

Tipo do veículo Ⓜ Seleccione ▾

Combustível Ⓜ Seleccione ▾

Média da quilometragem mensal (km/mês) Ⓜ

Salvar Novo

Lista por tipo de veículos para transporte particular

Não há veículos cadastrados

Emissão pelo uso de transporte particular Total anual 0.0000

Voltar Próximo

Figura 7C – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível por veículos particulares terrestres pelo formulário simplificado.

carbon zero SOFTWARE CO. Simulação ▾

⚡ Energia 0.0000 MgCO₂

🚗 Transporte particular 0.0000 MgCO₂

🚌 Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

✈️ Viagens aéreas 0.0000 MgCO₂

🗑️ Resíduos 0.0000 MgCO₂

🏠 Efluentes 0.0000 MgCO₂

🌳 Árvores urbanas 0.0000 MgCO₂

Σ Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Veículo particular subtotal

Tipo do veículo Ⓜ Seleccione ▾

Combustível Ⓜ Seleccione ▾

Média do consumo mensal (litro ou m³/mês) Ⓜ

Salvar Novo

Lista por tipo de veículos para transporte particular

Não há veículos cadastrados

Emissão pelo uso de transporte particular Total anual 0.0000

Voltar Próximo

Figura 8C – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível por veículos particulares terrestres pelo formulário detalhado.

zerO₂ SOFTWARE S.L. Simulação ▾

 Energia 0.0000 MgCO ₂	<h3>Transporte coletivo terrestre subtotal</h3> <p>Tipo de transporte <input type="text" value="Selecione"/></p> <p>Distância percorrida (km/trecho) <input type="text"/></p> <p>Número de viagens (viagens/ano) <input type="text"/></p> <p>Salvar Limpar</p> <p>Lista por tipo veículos para transporte coletivo</p> <p>Não há transportes cadastrados</p> <p>Emissão pelo uso de transporte coletivo Total anual 0.0000</p> <p>Voltar Próximo</p>
 Transporte particular 0.0000 MgCO ₂	
 Transporte coletivo 0.0000 MgCO ₂	
 Viagens aéreas 0.0000 MgCO ₂	
 Resíduos 0.0000 MgCO ₂	
 Efluentes 0.0000 MgCO ₂	
 Árvores urbanas 0.0000 MgCO ₂	
 Total 0.0000 MgCO ₂	

Figura 9C – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível por veículos coletivos.

zerO2 SOFTWARE C2 Simulação ▾

Energia 0.0000 MgCO₂

Transporte particular 0.0000 MgCO₂

Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

Viagens aéreas 0.0000 MgCO₂

Resíduos 0.0000 MgCO₂

Efluentes 0.0000 MgCO₂

Árvores urbanas 0.0000 MgCO₂

Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Viagem aérea curta (até 500km) subtotal 0.0000

Quantidade (viagens/ano)

Viagem aérea média (entre 500km e 3700km) subtotal 0.0000

Quantidade (viagens/ano)

Viagem aérea longa (acima de 3700km) subtotal 0.0000

Quantidade (viagens/ano)

Emissão pela realização de viagens aéreas Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 10C – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível pelo transporte aéreo pelo formulário simplificado.

zerO2 SOFTWARE C2 Simulação ▾

Energia 0.0000 MgCO₂

Transporte particular 0.0000 MgCO₂

Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

Viagens aéreas 0.0000 MgCO₂

Resíduos 0.0000 MgCO₂

Efluentes 0.0000 MgCO₂

Árvores urbanas 0.0000 MgCO₂

Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | **Cálculo detalhado**

Viagem aérea subtotal

Origem **Destino**

País Seleccione País Seleccione

Cidade Seleccione Cidade Seleccione

Sigla aeroporto Seleccione Sigla aeroporto Seleccione

Número de trechos voados

[Salvar](#) [Limpar](#)

Lista por trecho de viagens aéreas

Não há viagens cadastradas

Emissão pela realização de viagens aéreas Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 11C – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível pelo transporte aéreo pelo formulário detalhado.



Figura 12C – Tela para cálculo da emissão pela produção de resíduos sólidos pelo formulário simplificado.

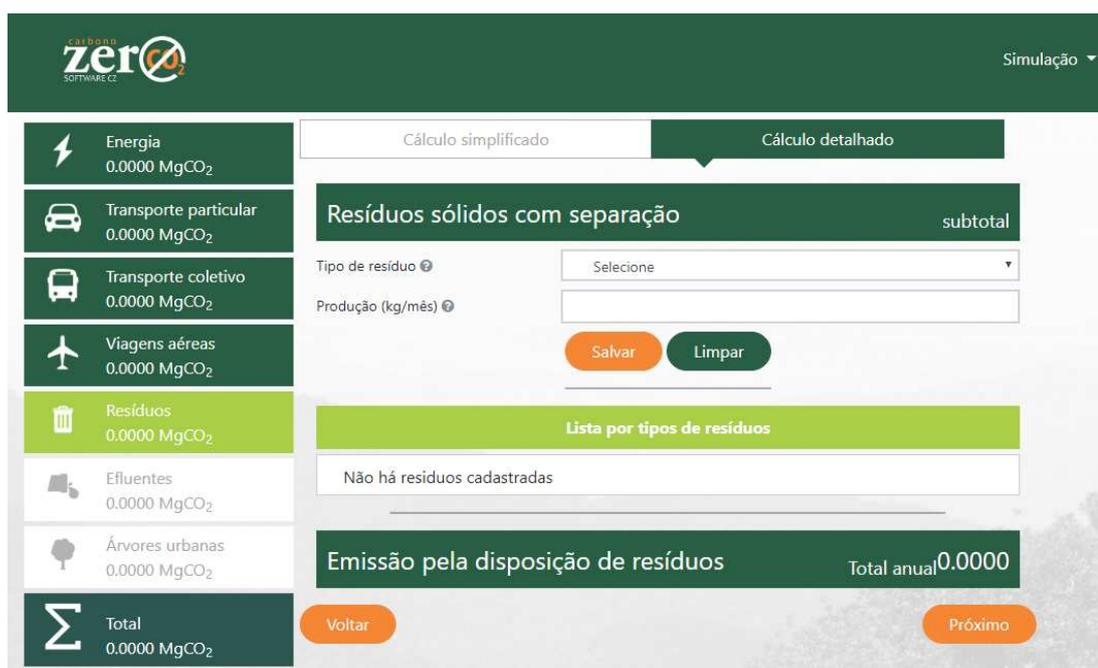


Figura 13C – Tela para cálculo da emissão pela produção de resíduos sólidos pelo formulário detalhado.

zer03 SOFTWARE CC

Simulação ▾

Energia
0.0000 MgCO₂

Transporte particular
0.0000 MgCO₂

Transporte coletivo
0.0000 MgCO₂

Viagens aéreas
0.0000 MgCO₂

Resíduos
0.0000 MgCO₂

Efluentes
0.0000 MgCO₂

Árvores urbanas
0.0000 MgCO₂

Total
0.0000 MgCO₂

Efluentes subtotal 0.0000

Sistema de tratamento do efluente

Tipo de tratamento do efluente

Emissão pela geração de efluentes Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 14C – Tela para cálculo da emissão pela geração de efluentes.

zer03 SOFTWARE CC

Simulação ▾

Energia
0.0000 MgCO₂

Transporte particular
0.0000 MgCO₂

Transporte coletivo
0.0000 MgCO₂

Viagens aéreas
0.0000 MgCO₂

Resíduos
0.0000 MgCO₂

Efluentes
0.0000 MgCO₂

Árvores urbanas
0.0000 MgCO₂

Total
0.0000 MgCO₂

Remoção de carbono subtotal 0.0000

Número de árvores na residência

Remoção pelas árvores urbanas Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 15C – Tela para cálculo da remoção pelas árvores urbanas.



Sistema individual

Relatórios

Relatório



Sistema Individual do software CZ - versão 1.0

Cálculo

Cálculo realizado: 2018-05-20 11:05:07

Relatório gerado: 2018-05-20 21:04:10



DADOS PESSOAIS

Nome: Simulação

Data de nascimento: 1980-01-01

Celular:

Email: simulcao@teste.com.br



DADOS DA RESIDÊNCIA

Endereço: Simulação, 0 - Bairro: Teste

Cidade: Carbono - MG

CEP:

EMIÇÃO ANUAL

⚡ Energia	0.0000 MgCO ₂
🚗 Veículo particular	0.0000 MgCO ₂
🏠 Coletivo terrestre	0.0000 MgCO ₂
✈️ Viagens aéreas	0.0000 MgCO ₂
♻️ Resíduos sólidos	0.0000 MgCO ₂
🚰 Efluentes	0.0000 MgCO ₂

Emissão total 0.0000 MgCO₂

REMOÇÃO ANUAL

🌳 Árvores urbanas	0.0000 MgCO ₂
-------------------	--------------------------

Remoção total 0.0000 MgCO₂

BALANÇO DE CARBONO

0.0000 MgCO₂

Se o valor for negativo (-), você está emitindo mais CO₂ do que retirando da atmosfera.

Se o valor for positivo (+), você está retirando mais CO₂ do que emitindo para a atmosfera.

Compensação	0	Mudas a serem plantadas para neutralizar as emissões de Gases de Efeito Estufa referentes a um ano
Crédito	0	Número do excedente de árvores que está contribuindo favoravelmente para minimização das mudanças climáticas



Voltar

Salvar

Imprimir

Concluir

Parceiros



Figura 16C – Tela do relatório final.

APÊNDICE D – Telas do sistema eventos do software CZ 1.0

The screenshot shows the 'Responsável' registration page. At the top left is the 'carbono zero SOFTWARE CZ' logo. Below it is a green circular icon with a document and a pencil, followed by the text 'Responsável' and 'Cadastro de pessoa física ou jurídica'. A green header bar contains the text 'Informações pessoais ou institucionais'. The form fields include: 'Responsável*' (dropdown menu with 'Selecione'), 'Razão social*', 'Nome fantasia*', 'Rua/Avenida*', 'Número*', 'Complemento', 'Bairro*', 'Cidade*', 'CEP', 'Estado*' (dropdown menu with 'Selecione'), 'Telefone', and 'Celular'. A second green header bar contains 'Informações para login'. The login fields include: 'CNPJ*', 'E-mail*', 'Senha*', and 'Digite sua senha novamente*'. Below the login fields is a checkbox labeled 'Li e aceito o [Termo de Consentimento Livre e Esclarecido \(TCLE\)](#) do Programa Carbono Zero.' At the bottom center is an orange button labeled 'Concluir cadastro'.

Figura 1D – Tela de cadastro de pessoa física ou jurídica.

The screenshot shows the 'Eventos' page. At the top left is the 'carbono zero SOFTWARE CZ' logo. At the top right is a 'Simulação' dropdown menu. Below the logo is a green circular icon with a document and a pencil, followed by the text 'Eventos' and 'Cadastros realizados'. A green header bar contains the text 'Eventos cadastradas'. Below this is a white box with the text 'Não há Eventos cadastrados'. At the bottom center is an orange button labeled '+ Cadastrar Novo Evento'.

Figura 2D – Tela de eventos cadastrados.

carbono **zero** SOFTWARE.CC Simulação ▾

Eventos

Cadastro de novo evento

Cadastro da Evento

Responsável pelo preenchimento*

Nome do evento*

Edição do evento

Data de início*

Data de término*

Nome do local de realização*

Rua/Avenida*

Número*

Complemento

Bairro*

Cidade*

CEP

Estado* ▾

Telefone

Área disponível para o evento (m²)

Duração do evento (dias)*

Duração do evento em cada dia (horas)*

Número de vagas no evento*

Número de pessoas inscritas no evento*

Número de pessoas envolvidas na organização do evento*

Número de palestrantes convidados para o evento*

Evento realizado na Universidade Federal de Viçosa?* Sim Não

[Concluir](#)

Figura 3D – Tela de cadastro de novos eventos.

carbono **zero** SOFTWARE.CC Simulação ▾

Relatórios de eventos

Cálculos realizados

Relatórios gerados

Não há Relatórios cadastradas

[+ Fazer novo cálculo](#)

Figura 4D – Tela de cálculos realizados.

The screenshot shows the 'zerocarbon' software interface. At the top, there is a logo and a 'Simulação' dropdown menu. Below the logo, there are two tabs: 'Cálculo simplificado' (selected) and 'Cálculo detalhado'. On the left, a vertical sidebar lists various emission categories with icons and 'MgCO₂' labels: Energia elétrica, Combustão estacionária, Transporte particular, Transporte coletivo, Viagens aéreas, Resíduos, and Efluentes. At the bottom of the sidebar is a 'Total' section with a summation symbol. The main content area is titled 'Padrão de Energia' and includes a 'subtotal' label. It contains two input fields: 'Leitura inicial (kWh)' and 'Leitura final (kWh)'. Below this is a section titled 'Emissão pelo consumo de energia elétrica' with a 'Total' label. At the bottom of the main area, there are two orange buttons: 'Voltar' and 'Próximo'.

Figura 5D – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de energia elétrica pelo formulário simplificado.

The screenshot shows the 'zerocarbon' software interface. At the top, there is a logo and a 'Simulação' dropdown menu. Below the logo, there are two tabs: 'Cálculo simplificado' and 'Cálculo detalhado' (selected). On the left, a vertical sidebar lists various emission categories with icons and 'MgCO₂' labels: Energia elétrica, Combustão estacionária, Transporte particular, Transporte coletivo, Viagens aéreas, Resíduos, and Efluentes. At the bottom of the sidebar is a 'Total' section with a summation symbol. The main content area is titled 'Equipamento' and includes a 'subtotal' label. It contains several input fields: 'Tipo de equipamento' (a dropdown menu with 'Selecione'), 'Quantidade', 'Potência (W)', 'Tempo de uso (horas/dia)', and 'Dias de uso'. Below these fields are two orange buttons: 'Salvar' and 'Novo'. Below the buttons is a section titled 'Lista por tipos de equipamentos' with a text box containing 'Não há equipamentos cadastrados'. At the bottom of the main area, there is a section titled 'Emissão pelo consumo de energia elétrica' with a 'Total' label and the value '0.0000'. At the bottom of the main area, there are two orange buttons: 'Voltar' and 'Próximo'.

Figura 6D – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de energia elétrica pelo formulário detalhado.



Figura 7D – Tela para cálculo da emissão pela combustão estacionária.

zerocarbon SOFTWARE CO2

Simulação ▾

⚡ Energia elétrica
0.0000 MgCO₂

🔥 Combustão estacionária
MgCO₂

🚗 Transporte particular
MgCO₂

🚌 Transporte coletivo
MgCO₂

✈️ Viagens aéreas
MgCO₂

🗑️ Resíduos
MgCO₂

🚰 Efluentes
MgCO₂

Σ Total
MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Veículo particular subtotal

Vínculo? Seleção ▾

Nome?

Tipo do veículo? Seleção ▾

Combustível? Seleção ▾

Média da quilometragem mensal (km/mês)?

Salvar Novo

Lista por tipo de veículos para transporte particular por pessoa

Emissão pelo uso de transporte particular Total

Voltar Próximo

Figura 8D – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível por veículos particulares terrestres pelo formulário simplificado.

zerocarbon SOFTWARE CO2

Simulação ▾

⚡ Energia elétrica
0.0000 MgCO₂

🔥 Combustão estacionária
MgCO₂

🚗 Transporte particular
0.0000 MgCO₂

🚌 Transporte coletivo
MgCO₂

✈️ Viagens aéreas
MgCO₂

🗑️ Resíduos
MgCO₂

🚰 Efluentes
MgCO₂

Σ Total
MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Veículo particular subtotal

Vínculo? Seleção ▾

Nome?

Tipo do veículo? Seleção ▾

Combustível? Seleção ▾

Média do consumo mensal (litro ou m³/mês)?

Salvar Novo

Lista por tipo de veículos para transporte particular por pessoa

Não há veículos cadastrados

Emissão pelo uso de transporte particular Total 0.0000

Voltar Próximo

Figura 9D – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível por veículos particulares terrestres pelo formulário detalhado.

carbono zero SOFTWARE L2 Simulação ▾

- ⚡ Energia elétrica
0.0000 MgCO₂
- 🔥 Combustão estacionária
MgCO₂
- 🚗 Transporte particular
0.0000 MgCO₂
- 🚌 Transporte coletivo
MgCO₂
- ✈️ Viagens aéreas
MgCO₂
- 🗑️ Resíduos
MgCO₂
- 🗑️ Efluentes
MgCO₂
- Σ Total
MgCO₂

Transporte coletivo terrestre subtotal

Vínculo [?]

Nome [?]

Tipo de transporte [?]

Distância percorrida (km/trecho) [?]

Número de viagens (viagens/ano) [?]

Salvar
Limpar

Lista por tipo veículos para transporte coletivo por pessoa

Emissão pelo uso de transporte coletivo Total

Voltar
Próximo

Figura 10D – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível por veículos coletivos.

The screenshot shows the 'zer0' software interface for calculating emissions. On the left is a sidebar with categories: Energia elétrica (0.0000 MgCO₂), Combustão estacionária (MgCO₂), Transporte particular (0.0000 MgCO₂), Transporte coletivo (MgCO₂), Viagens aéreas (MgCO₂), Resíduos (MgCO₂), Efluentes (MgCO₂), and Total (MgCO₂). The top right has a 'Simulação' dropdown. The main area is titled 'Viagem aérea' and has two tabs: 'Cálculo simplificado' (selected) and 'Cálculo detalhado'. The form includes fields for 'Vinculo', 'Nome', 'Distância (km/trecho)', and 'Número de viagens', each with a 'Selecione' dropdown. There are 'Salvar' and 'Limpar' buttons. Below the form is a green bar 'Lista por trecho percorrido por pessoa'. At the bottom, a dark green bar shows 'Emissão pela realização de viagens aéreas' with a 'Total' value. 'Voltar' and 'Próximo' buttons are at the bottom corners.

Figura 11D – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível pelo transporte aéreo pelo formulário simplificado.

The screenshot shows the 'zer0' software interface for calculating emissions. On the left is a sidebar with categories: Energia elétrica (0.0000 MgCO₂), Combustão estacionária (MgCO₂), Transporte particular (0.0000 MgCO₂), Transporte coletivo (MgCO₂), Viagens aéreas (0.0000 MgCO₂), Resíduos (MgCO₂), Efluentes (MgCO₂), and Total (MgCO₂). The top right has a 'Simulação' dropdown. The main area is titled 'Viagem aérea' and has two tabs: 'Cálculo simplificado' and 'Cálculo detalhado' (selected). The form includes fields for 'Vinculo', 'Nome', 'Origem' (País, Cidade, Sigla aeroporto), 'Destino' (País, Cidade, Sigla aeroporto), and 'Número de trechos voados', each with a 'Selecione' dropdown. There are 'Salvar' and 'Limpar' buttons. Below the form is a green bar 'Lista por trecho percorrido por pessoa' with the text 'Não há viagens cadastradas'. At the bottom, a dark green bar shows 'Emissão pela realização de viagens aéreas' with a 'Total' value of 0.0000. 'Voltar' and 'Próximo' buttons are at the bottom corners.

Figura 12D – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível pelo transporte aéreo pelo formulário detalhado.

The interface shows a sidebar on the left with categories: Energia elétrica (0.0000 MgCO₂), Combustão estacionária (MgCO₂), Transporte particular (0.0000 MgCO₂), Transporte coletivo (MgCO₂), Viagens aéreas (0.0000 MgCO₂), Resíduos (MgCO₂ - highlighted), Efluentes (MgCO₂), and Total (MgCO₂). The main area is titled 'Cálculo simplificado' and 'Cálculo detalhado'. It features a 'Material distribuído' section with input fields for 'Peso médio (g)' and 'Quantidade distribuída'. Below is a 'Resíduos sólidos sem separação' section with input fields for 'Dia' (format dd/mm/aaaa) and 'Produção (kg/mês)'. There are 'Salvar' and 'Limpar' buttons. A green bar indicates 'Lista por tipos de resíduos'. The bottom section shows 'Emissão pela disposição de resíduos' with a 'Total' value.

Figura 13D – Tela para cálculo da emissão pela produção de resíduos sólidos pelo formulário simplificado.

The interface is similar to the simplified version but titled 'Cálculo detalhado'. The sidebar is the same. The 'Material distribuído' section shows a 'subtotal' of 0.0000. The 'Resíduos sólidos com separação' section has a 'subtotal' of 0.0000. It includes a 'Tipo de resíduo' dropdown menu with 'Selecione' selected. The 'Produção (kg/mês)' field is empty. 'Salvar' and 'Limpar' buttons are present. The 'Lista por tipos de resíduos' section displays 'Não há resíduos cadastradas'. The bottom section shows 'Emissão pela disposição de resíduos' with a 'Total' of 0.0000.

Figura 14D – Tela para cálculo da emissão pela produção de resíduos sólidos pelo formulário detalhado.

carbono zero SOFTWARE CO. Simulação ▾

Energia elétrica 0.0000 MgCO ₂	Efluentes Sistema de tratamento do efluente <input type="text" value="Selecione"/> Tipo de tratamento do efluente <input type="text" value="Selecione"/>
Combustão estacionária MgCO ₂	
Transporte particular 0.0000 MgCO ₂	Inscritos subtotal Permanência no evento (dias) <input type="text"/>
Transporte coletivo MgCO ₂	
Viagens aéreas 0.0000 MgCO ₂	Organização subtotal Permanência no evento (dias) <input type="text"/>
Resíduos 0.0000 MgCO ₂	
Efluentes MgCO ₂	Palestrantes subtotal Permanência no evento (dias) <input type="text"/>
Total MgCO ₂	
Emissão pela geração de efluentes Total	

Voltar
Próximo

Figura 15D – Tela para cálculo da emissão pela geração de efluentes.

Sistema para eventos
Relatórios

Relatório



Sistema de Eventos do software CZ - versão 1.0

Cálculo
Cálculo realizado:
Relatório gerado: 2018-05-20 22:38:14

DADOS PESSOAIS

Nome:
Celular:
Email: simulacao@teste.com.br

DADOS DA RESIDÊNCIA

Nome do evento: Teste
Ano:
Cidade: Carbono - MG
Total de envolvidos: 130

EMISSÃO ANUAL

⚡ Energia	0.0000 MgCO ₂
🔥 Combustão estacionária	0.0000 MgCO ₂
🚗 Veículo Particular	0.0000 MgCO ₂
🚌 Coletivo terrestre	0.0000 MgCO ₂
✈️ Viagem aérea	0.0000 MgCO ₂
♻️ Resíduos sólidos	0.0000 MgCO ₂
🚰 Efluentes	0.0000 MgCO ₂
Emissão total	0.0000 MgCO₂

Compensação 0 Mudanças a serem plantadas para neutralizar as emissões de Gases de Efeito Estufa referentes a um ano



Voltar

Salvar

Imprimir

Concluir

Parceiros



Figura 16D – Tela do relatório final.

APÊNDICE E – Telas do sistema rural do software CZ 1.0

carbono zero
SOFTWARE CZ

Proprietário rural

Cadastro de pessoa física

Informações pessoais para contato

Nome Completo*

Gênero* Seleccione ▼

Data de nascimento* dd/mm/aaaa

Rua/Avenida*

Número*

Complemento

Bairro*

Cidade*

CEP

Estado* Seleccione ▼

Telefone

Celular

Informações para login

CPF*

E-mail*

Senha*

Digite sua senha novamente*

Li e aceito o [Termo de Consentimento Livre e Esclarecido \(TCLE\)](#) do Programa Carbono Zero.

Concluir cadastro

Figura 1E – Tela de cadastro do proprietário rural.

carbono zero
SOFTWARE CZ

Simulação ▼

Propriedades rurais

Cadastro realizados

Propriedades cadastradas

Não há Propriedades cadastrados

+ Cadastrar Nova Propriedade

Figura 2E – Tela de propriedades rurais cadastradas.

 Simulação ▾

Propriedade rurais

Cadastro de nova propriedade

Cadastro de Propriedade

Nome da propriedade*

Tamanho (ha)*

Cidade*

Estado* ▾

Período de referência*

Cadastro realizado pela Equipe Carbono Zero durante a Semana do Fazendeiro?* Sim Não

[Concluir](#)

Figura 3E – Tela de cadastro de novas propriedades rurais.

 Simulação ▾

Relatórios de propriedades rurais

Cálculos realizados

Relatórios gerados

Não há Relatórios cadastradas

[+ Fazer novo cálculo](#)

Figura 4E – Tela de cálculos realizados.

zerocarbon SOFTWARE CO. Simulação ▾

⚡ **Energia** 0.0000 MgCO₂

🗑️ **Efluentes** 0.0000 MgCO₂

🗑️ **Resíduos** 0.0000 MgCO₂

🚚 **Máquinas e equipamentos** 0.0000 MgCO₂

🚗 **Transporte de terceiros** 0.0000 MgCO₂

🚌 **Transporte coletivo** 0.0000 MgCO₂

🐄 **Pecuária** 0.0000 MgCO₂

🌱 **Correção e fertilização** 0.0000 MgCO₂

🌱 **Carbono do solo** 0.0000 MgCO₂

🌱 **Áreas Plantadas** 0.0000 MgCO₂

🌳 **Floresta Nativa** 0.0000 MgCO₂

Σ **Total** 0.0000 MgCO₂

🔍 **Cálculo simplificado** | **Cálculo detalhado**

Energia elétrica subtotal 0.0000
Valor (R\$/mês)

Lenha subtotal 0.0000
Utilização (dias/mês)

GLP (botijão) subtotal 0.0000
Consumo (botijões/ano)
Peso (kg/botijão)

Emissão pelo consumo de energia Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 5E – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de energia pelo formulário simplificado.

zerocarbon SOFTWARE CO. Simulação ▾

⚡ **Energia** 0.0000 MgCO₂

🗑️ **Efluentes** 0.0000 MgCO₂

🗑️ **Resíduos** 0.0000 MgCO₂

🚚 **Máquinas e equipamentos** 0.0000 MgCO₂

🚗 **Transporte de terceiros** 0.0000 MgCO₂

🚌 **Transporte coletivo** 0.0000 MgCO₂

🐄 **Pecuária** 0.0000 MgCO₂

🌱 **Correção e fertilização** 0.0000 MgCO₂

🌱 **Carbono do solo** 0.0000 MgCO₂

🌱 **Áreas Plantadas** 0.0000 MgCO₂

🌳 **Floresta Nativa** 0.0000 MgCO₂

Σ **Total** 0.0000 MgCO₂

🔍 **Cálculo simplificado** | **Cálculo detalhado**

Energia elétrica subtotal
Consumo (kWh/mês)

Lenha subtotal
Consumo (kg/mês)

GLP (botijão) subtotal
Consumo (botijões/ano)
Peso (kg/botijão)

Emissão pelo consumo de energia Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 6E – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de energia pelo formulário detalhado.

carbônio **zero** SOFTWARE CO. Simulação ▾

- Energia
0.0000 MgCO₂
- Efluentes
0.0000 MgCO₂
- Resíduos
0.0000 MgCO₂
- Máquinas e equipamentos
0.0000 MgCO₂
- Transporte de terceiros
0.0000 MgCO₂
- Transporte coletivo
0.0000 MgCO₂
- Pecuária
0.0000 MgCO₂
- Correção e fertilização
0.0000 MgCO₂
- Carbono do solo
0.0000 MgCO₂
- Áreas Plantadas
0.0000 MgCO₂
- Floresta Nativa
0.0000 MgCO₂
- Total
0.0000 MgCO₂

Efluentes subtotal 0.0000

Número de indivíduos da residência

Sistema de tratamento do efluente

Tipo de tratamento do efluente

Emissão pela geração de efluentes Total anual 0.0000

Voltar
Próximo

Figura 7E – Tela para cálculo da emissão pela geração de efluentes.

The screenshot shows the 'zer0' software interface. The top navigation bar includes the logo and a 'Simulação' dropdown. The main content area is divided into a sidebar on the left and a main panel on the right. The sidebar lists various emission categories, all with a value of 0.0000 MgCO₂: Energia, Efluentes, Resíduos (highlighted in green), Máquinas e equipamentos, Transporte de terceiros, Transporte coletivo, Pecuária, Correção e fertilização, Carbono do solo, Áreas Plantadas, and Floresta Nativa. A 'Total' row at the bottom of the sidebar also shows 0.0000 MgCO₂. The main panel has two tabs: 'Cálculo simplificado' (selected) and 'Cálculo detalhado'. Under the selected tab, the heading is 'Resíduos sólidos sem separação' with a 'subtotal' of 0.0000. Below this is a 'Produção (kg/mês)' input field. A summary box shows 'Emissão pela disposição de resíduos' with a 'Total anual' of 0.0000. At the bottom of the main panel are 'Voltar' and 'Próximo' buttons.

Figura 8E – Tela para cálculo da emissão pela produção de resíduos sólidos pelo formulário simplificado.

The screenshot shows the 'zer0' software interface with the 'Cálculo detalhado' tab selected. The sidebar is identical to the previous screenshot. The main panel shows 'Resíduos sólidos com separação' with a 'subtotal' field. Below this is a 'Tipo de resíduo' dropdown menu with 'Selecione' selected, and a 'Produção (kg/mês)' input field. There are 'Salvar' and 'Limpar' buttons below the input field. A green header for a list is labeled 'Lista por tipos de resíduos', and the list area below it contains the text 'Não há resíduos cadastradas'. A summary box shows 'Emissão pela disposição de resíduos' with a 'Total anual' of 0.0000. At the bottom of the main panel are 'Voltar' and 'Próximo' buttons.

Figura 9E – Tela para cálculo da emissão pela produção de resíduos sólidos pelo formulário detalhado.


Simulação ▾

<p>Energia 0.0000 MgCO₂</p>	<h3 style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 5px;">Consumo por máquinas e equipamentos subtotal</h3> <p>Combustível  <input style="width: 100%;" type="text" value="Selecione"/></p> <p>Média do consumo mensal (litro ou m³/mês)  <input style="width: 150px;" type="text"/></p> <p style="text-align: center;"> Salvar Novo </p> <div style="background-color: #9ccc65; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Lista por tipo de combustível para consumo próprio</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 5px;"> Não há consumos cadastrados </div> <div style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 10px; text-align: center; font-weight: bold; margin-top: 20px;"> Emissão pelo consumo próprio de combustível Total anual 0.0000 </div> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;"> Voltar Próximo </p>
<p>Efluentes 0.0000 MgCO₂</p>	
<p>Resíduos 0.0000 MgCO₂</p>	
<p>Máquinas e equipamentos 0.0000 MgCO₂</p>	
<p> Transporte de terceiros 0.0000 MgCO₂</p>	
<p> Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂</p>	
<p> Pecuária 0.0000 MgCO₂</p>	
<p> Correção e fertilização 0.0000 MgCO₂</p>	
<p> Carbono do solo 0.0000 MgCO₂</p>	
<p> Áreas Plantadas 0.0000 MgCO₂</p>	
<p> Floresta Nativa 0.0000 MgCO₂</p>	
<p>Σ Total 0.0000 MgCO₂</p>	

Figura 10E – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de combustível por máquinas e equipamentos.

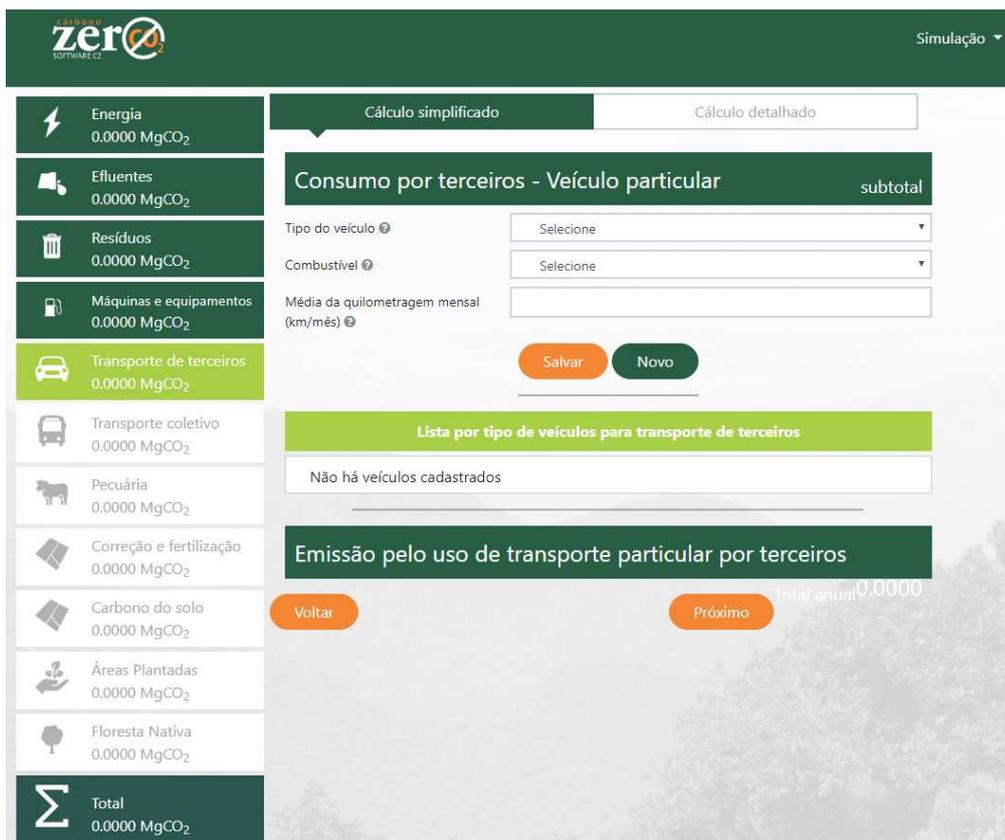


Figura 11E – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de terceiros com veículo particular pelo formulário simplificado.

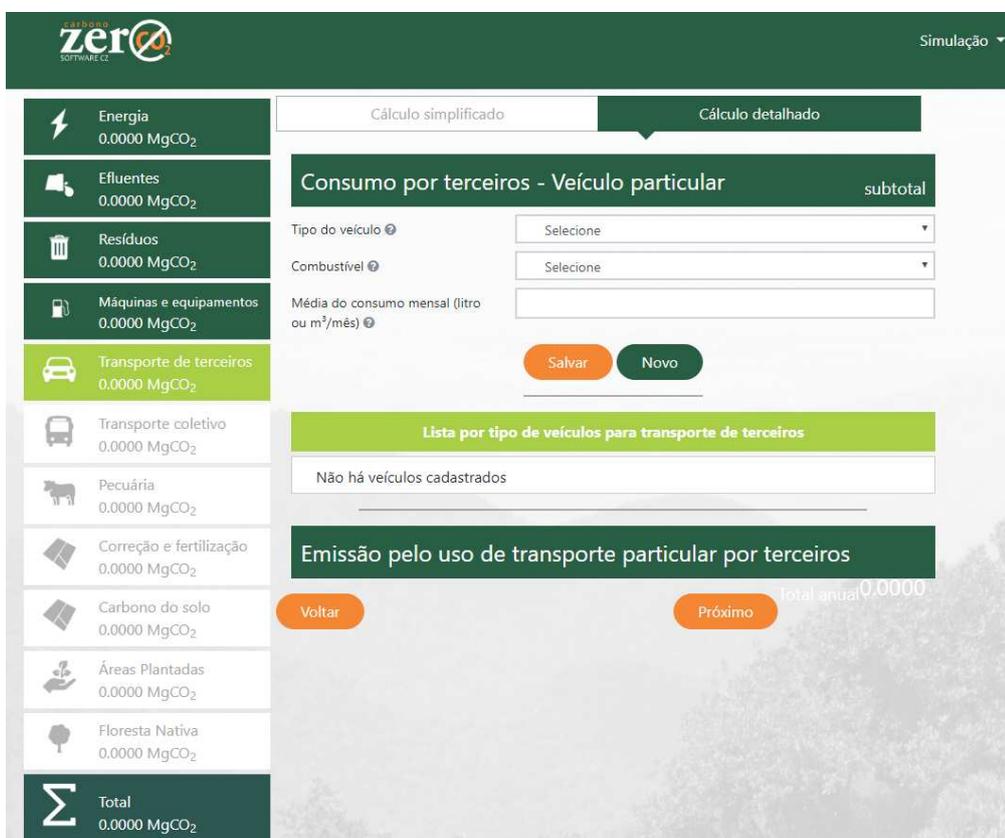


Figura 12E – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de terceiros com veículo particular pelo formulário detalhado.

carbono **zero** SOFTWARE.CZ Simulação ▾

- ⚡ Energia
0.0000 MgCO₂
- 🗑️ Efluentes
0.0000 MgCO₂
- 🗑️ Resíduos
0.0000 MgCO₂
- 🛠️ Máquinas e equipamentos
0.0000 MgCO₂
- 🚗 Transporte de terceiros
0.0000 MgCO₂
- 🚌 Transporte coletivo
0.0000 MgCO₂
- 🐄 Pecuária
0.0000 MgCO₂
- 🌱 Correção e fertilização
0.0000 MgCO₂
- 🌱 Carbono do solo
0.0000 MgCO₂
- 🌱 Áreas Plantadas
0.0000 MgCO₂
- 🌳 Floresta Nativa
0.0000 MgCO₂
- Σ Total
0.0000 MgCO₂

Consumo por terceiros - Transporte coletivo terrestre subtotal

Tipo de transporte

Distância percorrida (km/trecho)

Número de viagens (viagens/ano)

[Salvar](#) [Limpar](#)

Lista por tipo de transporte coletivo para transporte de terceiros

Não há transportes cadastrados

Emissão pelo uso de transporte coletivo por terceiros

Total anual 0.0000

[Voltar](#) [Próximo](#)

Figura 13E – Tela para cálculo da emissão pelo consumo de terceiros com veículos coletivos.

The screenshot displays the 'zerocarbon' software interface. At the top left is the logo 'zerocarbon SOFTWARE CZ'. At the top right, there is a 'Simulação' (Simulation) dropdown menu. The interface is divided into a sidebar on the left and a main content area on the right.

Sidebar (Left): A vertical list of emission categories, each with an icon and a value of 0.0000 MgCO₂. The categories are: Energia (lightning bolt), Efluentes (water tap), Resíduos (trash can), Máquinas e equipamentos (gas pump), Transporte de terceiros (car), Transporte coletivo (bus), **Pecuária** (cow icon, highlighted in green), Correção e fertilização (trowel), Carbono do solo (soil), Áreas Plantadas (hand with plant), Floresta Nativa (tree), and Total (Sigma symbol).

Main Content Area (Right):

- At the top, there are two tabs: 'Cálculo simplificado' (selected) and 'Cálculo detalhado'.
- The main heading is 'Pecuária' with a 'subtotal' label on the right.
- Below the heading are three input fields: 'Categoria' (dropdown menu with 'Selecione'), 'Quantidade de animais' (text input), and 'Sistema de manejo de dejetos' (dropdown menu with 'Selecione').
- Below these fields are two buttons: 'Salvar' (orange) and 'Novo' (green).
- A green bar with the text 'Lista por categoria' is followed by a white box containing the text 'Não há criações cadastradas'.
- A dark green bar at the bottom of the main area displays 'Emissão pela pecuária' and 'Total anual 0.0000'.
- At the very bottom of the main area are two orange buttons: 'Voltar' and 'Próximo'.

Figura 14E – Tela para cálculo da emissão pela pecuária pelo formulário simplificado.

zerocarbon SOFTWARE CL

Simulação

⚡ Energia 0.0000 MgCO₂

🗑️ Efluentes 0.0000 MgCO₂

🗑️ Resíduos 0.0000 MgCO₂

🚰 Máquinas e equipamentos 0.0000 MgCO₂

🚗 Transporte de terceiros 0.0000 MgCO₂

🚌 Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

🐄 Pecuária 0.0000 MgCO₂

🏠 Correção e fertilização 0.0000 MgCO₂

🏠 Carbono do solo 0.0000 MgCO₂

🌱 Áreas Plantadas 0.0000 MgCO₂

🌳 Floresta Nativa 0.0000 MgCO₂

Σ Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Gado Bovino | Outros Animais

Pecuária subtotal

Categoria

Quantidade de animais

Peso médio (kg/cabeça)

Digestibilidade média (%)

Sistema de manejo de dejetos

Animais relacionados ao sistema de manejo (%)

Salvar Novo

Lista por categoria

Não há criações cadastradas

Emissão pela pecuária Total anual 0.0000

Voltar Próximo

Figura 15E – Tela para cálculo da emissão pela pecuária (gado bovino) pelo formulário detalhado.

zerocarbon SOFTWARE CL

Simulação

⚡ Energia 0.0000 MgCO₂

🗑️ Efluentes 0.0000 MgCO₂

🗑️ Resíduos 0.0000 MgCO₂

🚰 Máquinas e equipamentos 0.0000 MgCO₂

🚗 Transporte de terceiros 0.0000 MgCO₂

🚌 Transporte coletivo 0.0000 MgCO₂

🐄 Pecuária 0.0000 MgCO₂

🏠 Correção e fertilização 0.0000 MgCO₂

🏠 Carbono do solo 0.0000 MgCO₂

🌱 Áreas Plantadas 0.0000 MgCO₂

🌳 Floresta Nativa 0.0000 MgCO₂

Σ Total 0.0000 MgCO₂

Cálculo simplificado | Cálculo detalhado

Gado Bovino | Outros Animais

Pecuária subtotal

Categoria

Quantidade de animais

Sistema de manejo de dejetos

Animais relacionados ao sistema de manejo (%)

Salvar Novo

Lista por categoria

Não há criações cadastradas

Emissão pela pecuária Total anual 0.0000

Voltar Próximo

Figura 16E – Tela para cálculo da emissão pela pecuária (outros animais) pelo formulário detalhado.

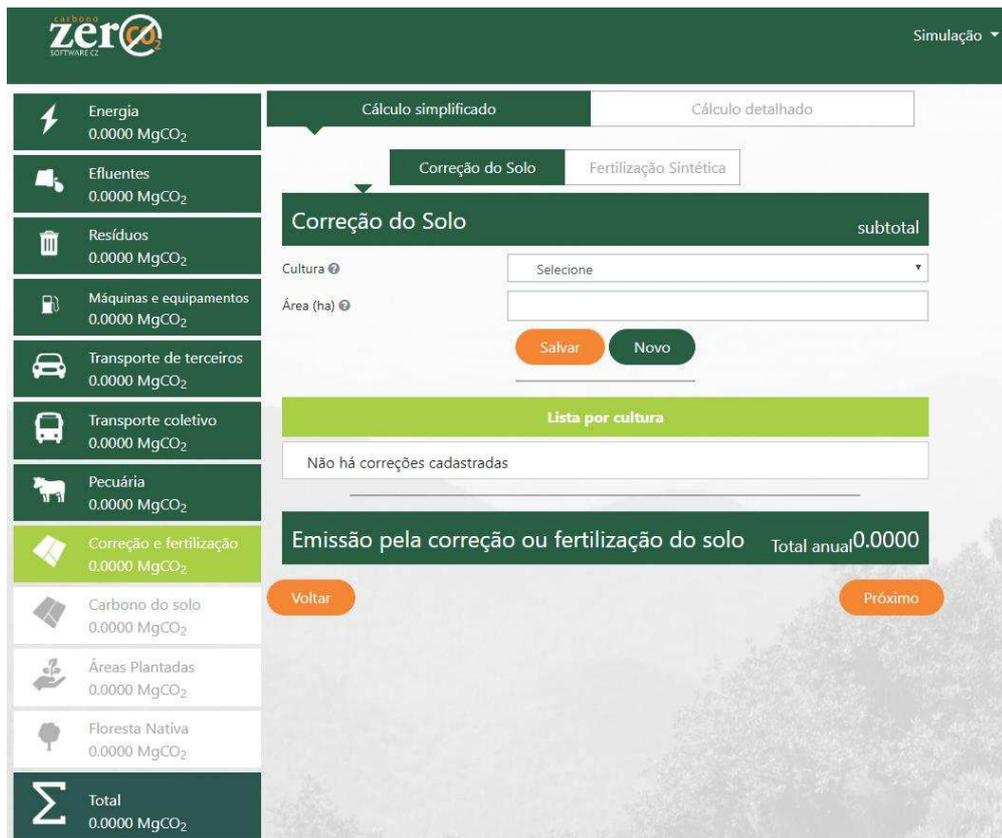


Figura 17E – Tela para cálculo da emissão pela correção do solo pelo formulário simplificado.

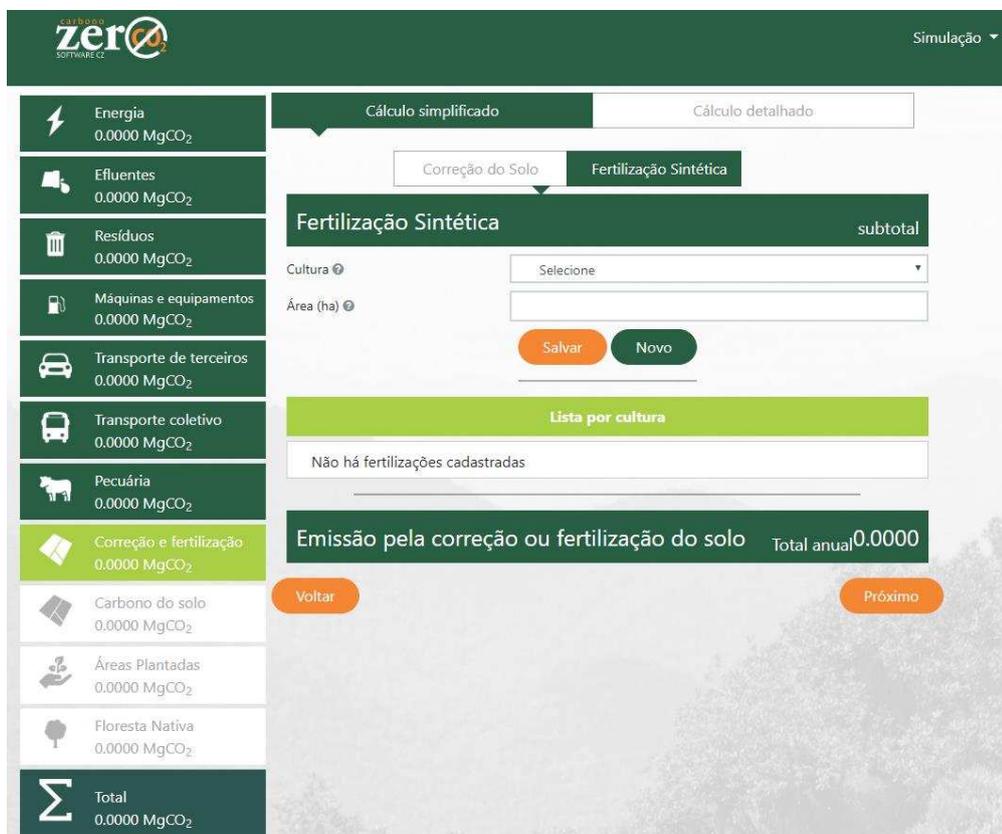


Figura 18E – Tela para cálculo da emissão pela fertilização sintética pelo formulário simplificado.

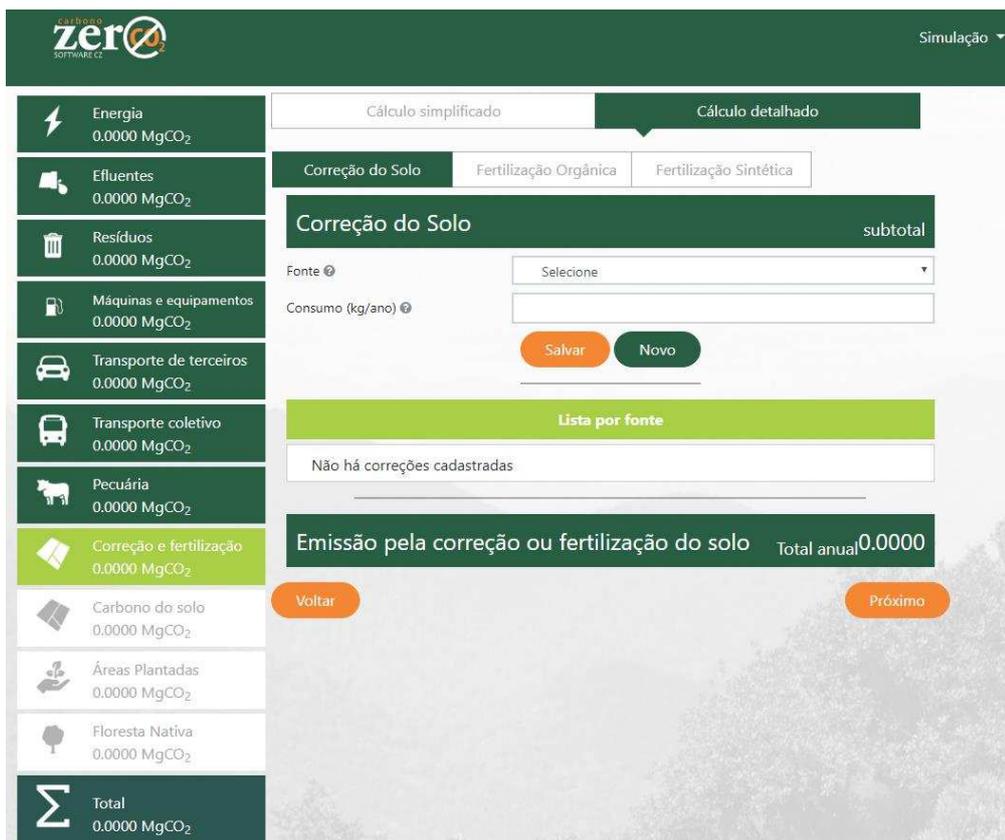


Figura 19E – Tela para cálculo da emissão pela correção do solo pelo formulário detalhado.

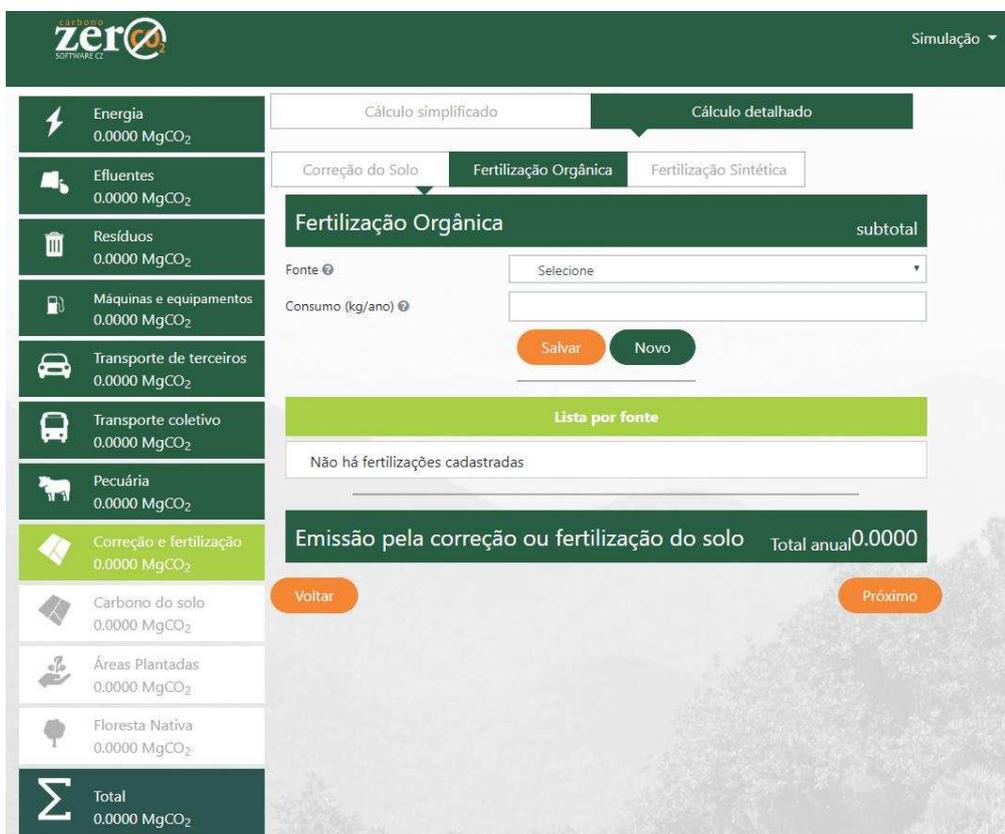


Figura 20E – Tela para cálculo da emissão pela fertilização orgânica pelo formulário detalhado.

The screenshot shows the 'zerocarbon' software interface. On the left is a sidebar menu with categories like Energia, Efluentes, Resíduos, Máquinas e equipamentos, Transporte de terceiros, Transporte coletivo, Pecuária, Correção e fertilização, Carbono do solo, Áreas Plantadas, Floresta Nativa, and Total. The main area is titled 'Fertilização Sintética' and includes a 'subtotal' label. It features a 'Fonte' dropdown menu, a 'Consumo (kg/ano)' input field, and 'Salvar' and 'Novo' buttons. Below this is a 'Lista por fonte' section with the message 'Não há fertilizações cadastradas'. At the bottom, a green box displays 'Emissão pela correção ou fertilização do solo' with a 'Total anual' of 0.0000, and 'Voltar' and 'Próximo' buttons.

Figura 21E – Tela para cálculo da emissão pela fertilização sintética pelo formulário detalhado.

The screenshot shows the 'zerocarbon' software interface for soil carbon analysis. The sidebar menu is identical to the previous screenshot. The main area is titled 'Análise de Solo' and includes a 'subtotal' label. It features input fields for 'Uso da terra (culturas anuais, perenes, pastagem etc)', 'Área (ha)', and 'Carbono Orgânico Total - COT (g/dm³)'. There are also input fields for 'Ano 1' and 'Ano 2', and 'Salvar' and 'Limpar' buttons. Below this is a 'Lista por tipo de uso da terra' section with the message 'Não há análises de solo cadastrados'. At the bottom, a green box displays 'Emissão ou remoção pelo solo' with a 'Total anual' of 0.0000, and 'Voltar' and 'Próximo' buttons.

Figura 22E – Tela para cálculo da emissão/remoção de carbono do solo.

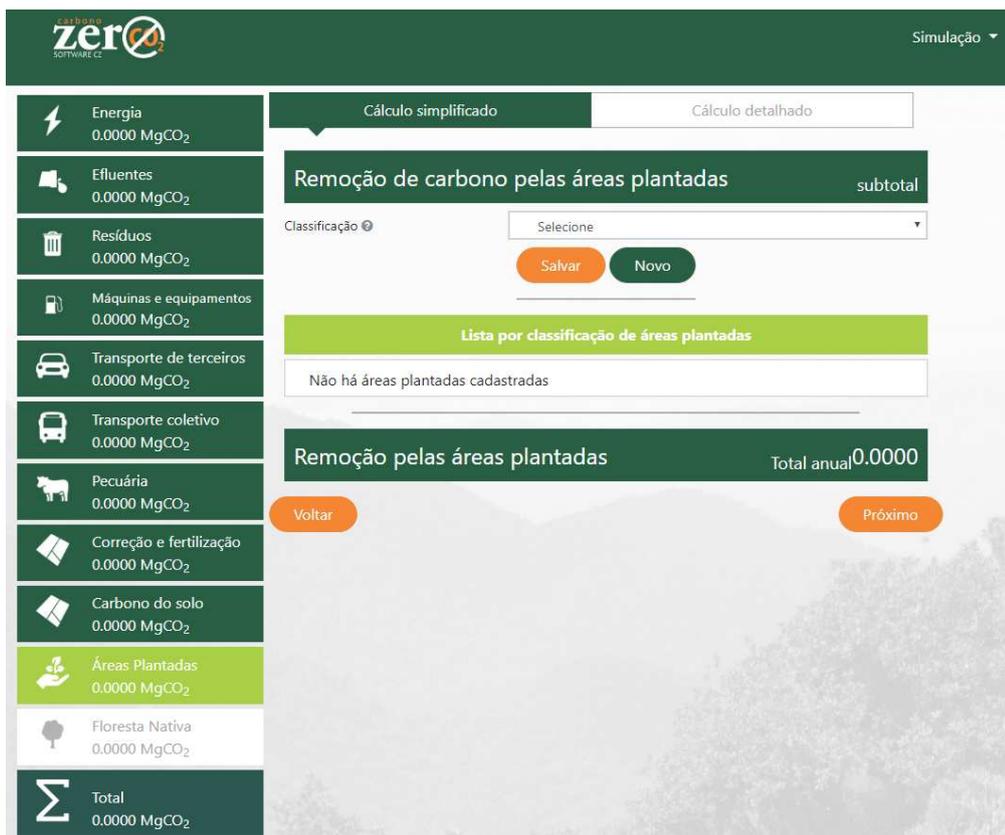


Figura 23E – Tela para cálculo da remoção pelas áreas plantadas pelo formulário simplificado.

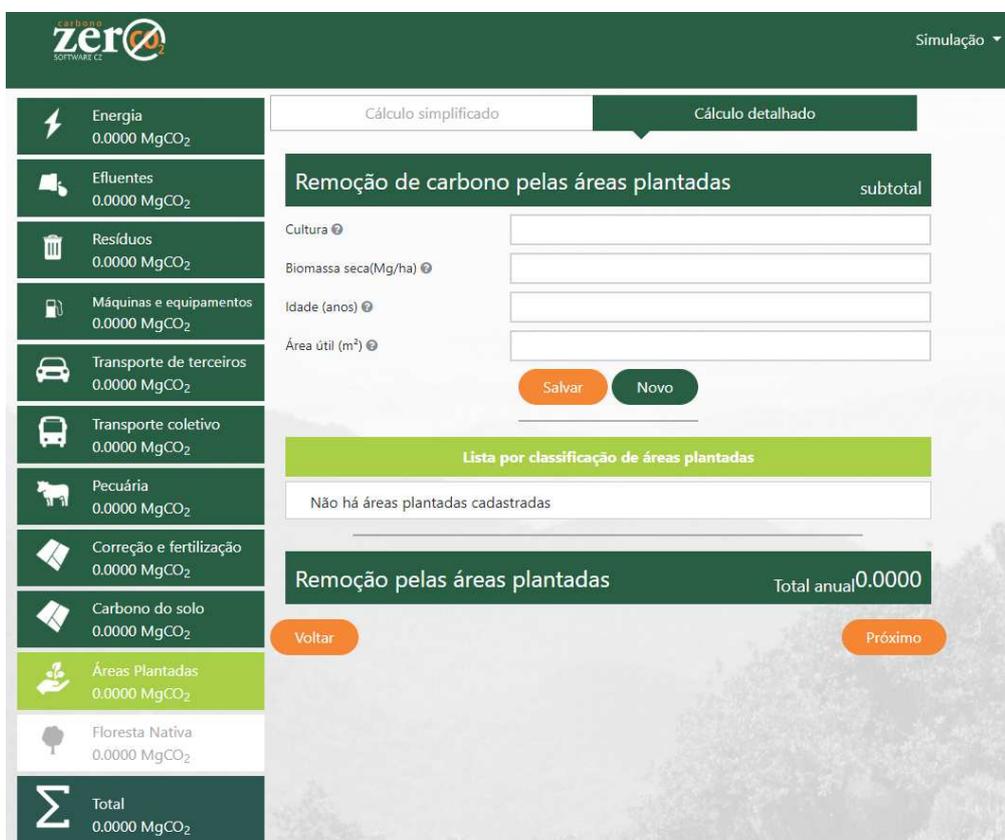


Figura 24E – Tela para cálculo da remoção pelas áreas plantadas pelo formulário detalhado.

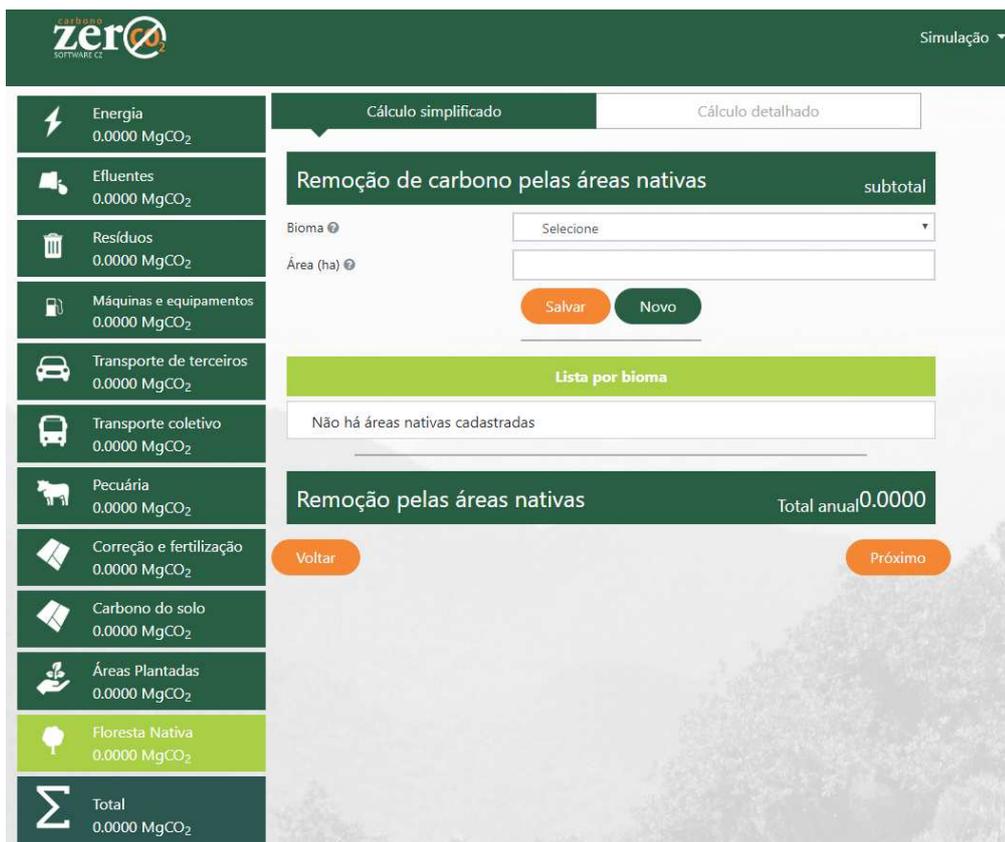


Figura 25E – Tela para cálculo da remoção pelas áreas nativas pelo formulário simplificado.

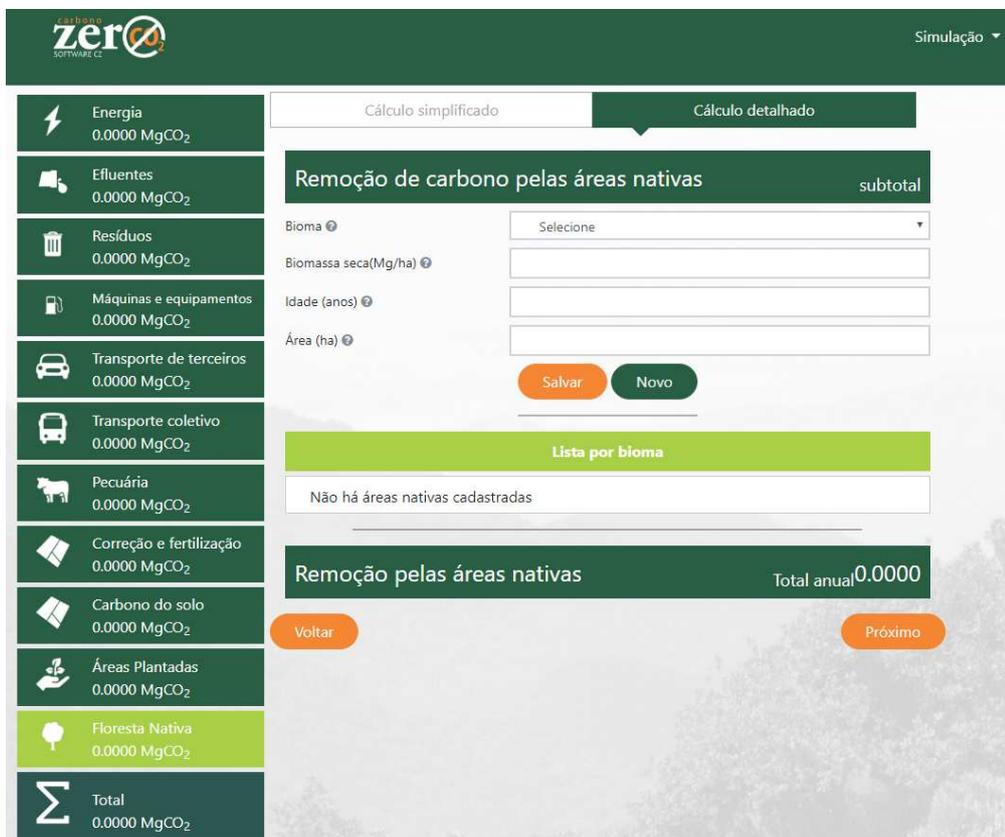


Figura 26E – Tela para cálculo da remoção pelas áreas nativas pelo formulário detalhado.

Sistema Rural
Relatórios

Relatório



Sistema Rural do software CZ - versão 1.0

Cálculo
Cálculo realizado: 2018-05-21 01:05:28
Relatório gerado:

DADOS PESSOAIS

Nome: Simulação
Celular:
Email: simulacao@teste.com.br

DADOS DA RESIDÊNCIA

Nome da propriedade: Teste
Cidade: Carbone - MG

EMISSÃO ANUAL

⚡ Energia	0.0000 MgCO ₂
🚰 Efluentes	0.0000 MgCO ₂
♻️ Resíduos	0.0000 MgCO ₂
🏠 Consumo próprio	0.0000 MgCO ₂
🚗 Transporte particular	0.0000 MgCO ₂
🗑️ Transporte coletivo	0.0000 MgCO ₂
🐄 Pecuaria	0.0000 MgCO ₂
🌱 Correção e fertilização do Solo	0.0000 MgCO ₂
Emissão total	0.0000 MgCO₂

REMOÇÃO ANUAL

🌳 Áreas plantadas	0.0000 MgCO ₂
🌲 Florestas nativas	0.0000 MgCO ₂

Remoção total 0.0000 MgCO₂

EMISSÃO OU REMOÇÃO

🌳 Uso da terra	0.0000 MgCO ₂
----------------	--------------------------

Total 0.0000 MgCO₂

BALANÇO DE CARBONO

0.0000 MgCO₂

Se o valor for negativo (-), você está emitindo mais CO₂ do que retirando da atmosfera.
Se o valor for positivo (+), você está retirando mais CO₂ do que emitindo para a atmosfera.

Compensação	0	Mudas a serem plantadas para neutralizar as emissões de Gases de Efeito Estufa referentes a um ano
Crédito	0	Número do excedente de árvores que está contribuindo favoravelmente para minimização das mudanças climáticas



Voltar

Salvar

Imprimir

Concluir

Parceiros



Figura 27E – Tela do relatório final.