



Geraldo Gomes de Oliveira Junior

Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa na Cultura do Cafeeiro

Alfenas - MG

2015

Geraldo Gomes de Oliveira Júnior

Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa na Cultura do Cafeeiro.

Dissertação apresentada à Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Sistema de Produção na Agropecuária, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador Dr. Adriano Bortolotti da Silva
Coorientadora Dra. Ligiane Aparecida Florentino
Coorientador Dr. José Ricardo Mantovani

Alfenas - MG

2015

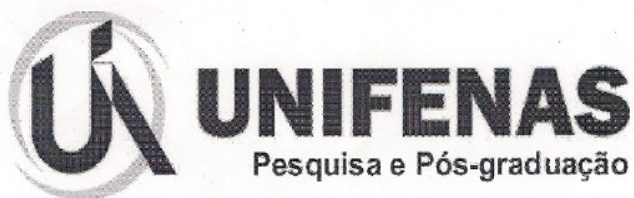
Oliveira Júnior, Geraldo Gomes de
Inventário de emissão de gases de efeito estufa na cultura do
cafeeiro— Geraldo Gomes de Oliveira Júnior.—Alfenas, 2015.
59 f.

Orientador: Prof. Dr Adriano Bortolotti da Silva

Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-graduação
em Sistemas de produção na Agropecuária- Universidade José do
Rosário Vellano, Alfenas, 2015.

Cafeicultura 2. CO² 3.Emissão de GEE 4. Sustentabilidade 1.
Universidade José do Rosário Vellano II. Título

CDU : 633.73(043.3)



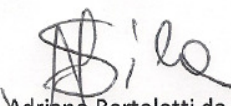
Certificado de Aprovação

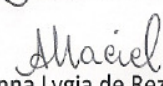
TÍTULO: "INVENTÁRIO DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA CULTURA DO CAFEIEIRO".

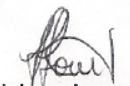
AUTOR: Geraldo Gomes de Oliveira Júnior

ORIENTADOR: Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

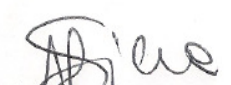
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária** pela Comissão Examinadora.


Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva


Profa. Dra. Anna Lygia de Rezende Maciel


Profa. Dra. Ligiane Aparecida Florentino

Alfenas, 12 de Novembro de 2015.


Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva
Coordenador do Mestrado Profissional
Sistemas de Produção na Agropecuária
UNIFENAS

A Deus, por abençoar e iluminar meu caminho, a minha esposa Lelma, minha filha Thayla, aos meus pais Geraldo e Suely, irmã Solange por serem meu alicerce de vida. Ao meu orientador Dr. Adriano Bortolotti da Silva, por me incentivar a superar as dificuldades, a quem tenho total admiração pela competência e postura, sendo um exemplo de profissional a seguir.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade José Rosário Vellano - UNIFENAS, ao Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção na Agropecuária.

Ao Professor Dr. Adriano Bortolotti da Silva por ter acreditado neste projeto e por toda atenção, paciência e tempo dedicado a mim durante a realização deste trabalho e também pelos ensinamentos que foram de fundamental importância para o amadurecimento pessoal e profissional.

Aos meus coorientadores Dra. Ligiane Aparecida Florentino e Dr; José Ricardo Mantovani, por toda atenção, contribuição e ensinamentos.

À pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente Dra, Magda A. de Lima, por toda atenção, esclarecimento de dúvidas e apoio.

Aos amigos do Grupo Fazenda Onça, Claudinéia, Célio, Mário de Freitas, Márcio João, Eder, Romir, Maria Luiza, Nívea, Luiz Carlos e Monte Alegre Coffee, Armando, Ailton pela paciência, fornecimento dos dados, troca de informações, fundamentais à realização do trabalho.

Aos colegas do curso de pós-graduação, Antônio Carlos Estanislau, Carlos Emanuel, Dominício Júnior, Fabíula Ferrarez, Carlos Alberto de Carvalho, Gentil Luiz Miguel Filho, Fernando Spadon, Kaio e Mariane Spineli.

A todos os meus professores do curso de pós-graduação, Dra. Ligiane Aparecida Florentino, Dra. Roberta Bessa, Dr. Paulo Roberto Correa Landgraf, Dr. José Cláudio de Souza Reis, Dr. Osmar Vicente Chévez Pozo, pelo apoio e ensinamentos.

Ao Mestrando Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido (UNESP), pela valiosa ajuda.

A minha esposa Lelma Aparecida Mendes Oliveira e minha filha Thayla Sofia Mendes de Oliveira, pelo estímulo, paciência, compreensão, incentivo e amor incondicional.

Aos meus pais Geraldo Gomes de Oliveira e Suely Gonçalves de Oliveira pelos exemplos e ensinamentos de vida e por me ensinarem a grandeza da humildade.

A todos meus familiares e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu eterno agradecimento.

RESUMO

É grande a preocupação com as questões ambientais, em especial no que se refere à possibilidade de ocorrerem mudanças climáticas drásticas nos próximos anos. Os cenários projetados de mudança estão ligados diretamente à continuidade das emissões de gases de efeito estufa. A cafeicultura moderna exige o uso racional e sustentável dos recursos naturais e insumos agrícolas, sendo fundamental a adoção de práticas ambientalmente corretas na realização dos tratos culturais e condução de todo o processo produtivo. Objetivou-se com o presente estudo inventariar as fontes e estimar as emissões de gases de efeito estufa na produção do café, considerando as emissões diretas e indiretas do processo. O inventário foi realizado utilizando-se parâmetros do GHG Protocol, Ministério da Ciência e Tecnologia e dados do IPCC. O inventário demonstrou que os principais GEE gerados na cafeicultura corresponderam a 2,13 tCO₂eq ha⁻¹, sendo que o consumo de adubos nitrogenados (47,5%) e uso de corretivos (30,8%), foram as fontes de maior contribuição para essas emissões, seguidas pelo consumo de óleo diesel. Para a realização das operações do plantio, tratos culturais anuais e colheita na cultura do café de forma mecanizada foram emitidos 465,26 kg CO₂ eq ha⁻¹ sendo que no plantio foram emitidos 242,58 kg CO₂ eq ha⁻¹, sendo responsáveis por 52,14% das emissões totais. As operações realizadas na colheita mecanizada, emitiram 124,3 kg CO₂ eq ha⁻¹ contribuindo com 26,72% do total das emissões e representando 55,82% do total emitido nas operações realizadas nos tratos culturais anuais. Para o escoamento da produção de café da fazenda ao armazém foram emitidos 0,76 kg CO₂ eq km⁻¹ e do armazém ao porto 0,99 kg CO₂ eq km⁻¹.

Palavras-chave: Cafeicultura, CO₂ equivalente, emissão de GEE, sustentabilidade.

ABSTRACT

There is a great concern about environmental issues, in particular as regards the possibility of occurring changes in climate in the coming years. The scenarios designed of change are directly linked to the continuity of greenhouse gases emission. The modern coffee-growing requires the rational and sustainable use of natural resources and agricultural inputs, being essential to adopt environmentally friendly practices in the realization of cultural practices and conduct of the entire production process. The objective of this study is to inventory the sources and estimating emissions of greenhouse gases in the coffee production process, considering the direct and indirect emissions of the process. The inventory was performed using parameters of the GHG Protocol, Ministry of Science and Technology and the IPCC data. The inventory showed that the main greenhouse gas generated in the coffee corresponded to 2.13 tCO₂eq h⁻¹, and the consumption of nitrogen fertilizer (47.5%) and the use of agricultural rectification (30.8%) were the sources of greater contribution for these emissions, followed by the consumption of diesel oil. To carry out the planting operations, annual cultivation and harvest in mechanized coffee culture were issued 465.26 kg CO₂ eq ha⁻¹, and the planting were issued 242.58 kg CO₂ eq ha⁻¹, accounting for 52.14% of total emissions. The operations carried out in mechanized harvesting, issued 124.3 kg CO₂ eq ha⁻¹ contributing 26.72% of total emissions and representing 55.82% of the total issued in operations carried out in the annual cultivation.

Keywords: sustainability, greenhouse gas emissions, CO₂ equivalent, coffee growing

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 2

- Figura 1.** Identificação geográfica grupo fazenda da Onça **45**
- Figura 2.** Consumo de diesel ($L h^{-1}$) e emissão de $kg CO_2$ equivalente h^{-1} dos tratores (A e B) e colhedouras (B e D). Legenda: Barra de erro = desvio padrão; []= Potência (cv). Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) ... **53**

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Caracterização das fazendas do Grupo Fazenda da Onça, em relação à área, população de plantas, idade da lavoura, mecanização e produção no ano de 2012	28
Tabela 2. Parâmetros de Referência para o cálculo das emissões de gases efeito estufa (GEE).....	30
Tabela 3. Estimativas de emissão de CO ₂ equivalente, proveniente do uso de energia elétrica, no ano de 2012	32
Tabela 4. Estimativas de emissão de CO ₂ equivalente de combustível, no ano de 2012	33
Tabela 5. Estimativas de emissão de CO ₂ equivalente à fonte de emissão combustão estacionária ano 2012	34
Tabela 6. Estimativas de emissão de CO ₂ equivalente corretivo calcário e fertilizante sintético nitrogenado ano 2012	35

ARTIGO 2

Tabela 1. Tratores utilizados nas operações mecanizáveis dos tratos culturais e plantio do café	47
Tabela 2. Parâmetros de referência para o cálculo das emissões de kg CO ₂ eq	47
Tabela 3. Emissão de kg CO ₂ eq ha ⁻¹ , das principais operações mecanizáveis dos tratos culturais do café	50
Tabela 4 - Emissão de kg CO ₂ eq ha ⁻¹ , das principais operações mecanizáveis do plantio do café	52
Tabela 5. Estimativa da emissão de CO ₂ eq do transporte de café em caminhões	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível
CH ₄	Metano
CNA	Confederação Nacional da Agricultura
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	Gás Carbônico Equivalente
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COP	Conferência das Partes
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	Greenhouse gases emissions
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GWP	Potencial de Aquecimento Global
ha	Hectare
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
KWh	Quilowatt hora
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MWh	Megawatts hora
N ₂ O	Óxido Nitroso
WRI	World Resources Institute

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Gases de Efeito Estufa	13
2.2 Mudança climática	14
2.3 Cafeicultura	15
2.4 Inventários de Gases de Efeito Estufa.....	16
2.5 Fatores de emissão.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
CAPÍTULO 2	23
ARTIGO 1: Levantamento de emissão de gases de efeito estufa pela metodologia do carbono equivalente na cultura do café	24
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ARTIGO 2: Estimativa da emissão de CO₂ equivalente em operações mecanizadas na cultura do café	41
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

É grande a preocupação com as questões ambientais, e em especial no que se refere à possibilidade de ocorrerem mudanças climáticas drásticas nos próximos anos. O aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, devido às atividades humanas, como a mudança no uso da terra, queima de combustíveis fósseis tem contribuído consideravelmente para o aquecimento do planeta (LESSIN; GHINI, 2009).

É estimado que as atividades dos setores agrícolas e mudanças no uso do solo respondam por 35% e 22% respectivamente das contribuições brasileiras de gases de efeito estufa (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

O dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) são os gases de efeito estufa presentes na atmosfera que mais têm sido discutidos e estão diretamente relacionados às emissões das atividades antrópicas (BELIZARIO, 2013).

O Brasil está sujeito aos efeitos das mudanças globais, podendo ter impactos diretos nos ecossistemas, distribuição de biomas, e na biodiversidade, na agricultura e recursos hídricos (JACOBI et al., 2011).

O café é um dos mais tradicionais produtos da agricultura brasileira, contribuindo para a estrutura econômica e para a geração de divisas do país ao longo do tempo. A cafeicultura mineira tem se destacado pela busca contínua por maior eficiência, aumentando a competitividade, influenciando e sendo influenciada por toda cadeia produtiva em função dos padrões de evolução tecnológicos e também dos preços (SANTOS et al., 2009).

A cafeicultura moderna exige o uso racional e sustentável dos recursos naturais e insumos agrícolas, sendo fundamental a adoção de práticas ambientalmente corretas na realização dos tratos culturais e condução de todo o processo produtivo. Neste sentido, as ações de sustentabilidade devem estar pautadas no equilíbrio ecológico, estabilidade econômica e desenvolvimento social (FERMAM, 2012).

Os cenários extremos de mudança projetados pelo IPCC, estão ligados diretamente à continuidade das emissões, portanto as restrições ou redução das emissões podem contribuir positivamente para controle das mudanças climáticas decorrentes do efeito estufa (MORAES, 2010).

A realização de operações, uso de insumos, transporte e escoamento da produção na cafeicultura em seu processo produtivo, contribuem para a emissão de gases de efeito estufa, sendo necessário, estimar estas emissões através da realização de inventários que permitam determinar a fonte, bem como a contribuição da mesma para estabelecer estratégias de reduções futuras no processo de produção.

O objetivo do presente estudo foi inventariar e estimar as emissões de gases de efeito estufa no processo de produção do café, considerando as fontes de emissões diretas e indiretas do processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gases de Efeito Estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural que mantém a temperatura média do planeta constante em torno de 14° C, fundamental para manter a vida no planeta terra, visto que caso contrário a temperatura seria de aproximadamente 33° C, negativos; o que seria uma condição muito adversa para a vida (GOMES, 2012).

Entretanto as atividades antrópicas, tem elevado a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera como CO₂, CH₄ e N₂O (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014). Embora estes gases sejam encontrados em pequena parcela na atmosfera, pequenas alterações de suas concentrações podem representar mudanças significativas no clima do planeta ao longo do tempo (MAPA, 2012).

O agravamento do efeito estufa pode quebrar o equilíbrio energético no planeta e originar um fenômeno complexo chamado de aquecimento global (GOLDEMBERG; GUARDAZASSI, 2012).

Na agricultura, existem várias etapas que resultam em emissões de GEE, sendo que os três principais GEE diretamente relacionados com a atividade são: dióxido de carbono, o metano e óxido nitroso (DUXBURY, 1994).

Os fluxos de CO₂ na atmosfera e nos ecossistemas são controlados basicamente pelo processo de fotossíntese das plantas. O CO₂ é o principal gás de efeito estufa tendo apresentado aumento expressivo de concentração na atmosfera, principalmente em função da queima de combustíveis fósseis e desmatamentos (LESSIN; GHINI, 2009).

O metano é um importante gás de efeito estufa, que apresenta um potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o CO₂ (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014). O metano é o segundo composto de C mais presente na atmosfera depois do CO₂ (LIMA; PESSOA; VILELLA, 2013)

O óxido nitroso (N₂O) é um gás de efeito estufa emitido direta e indiretamente na agricultura, fortemente associado à utilização de fertilizantes sintéticos nitrogenados, constituindo-se como produto das reações de nitrificação e desnitrificação (CARVALHO, 2006).

2.2 Mudança climática

O IPCC foi criado em 1988 e possui como característica demonstrar uma visão científica das mudanças climáticas, bem como seus possíveis impactos no ambiente (ABREU; ALBUQUERQUE; FREITAS, 2014). Os relatórios do IPCC descrevem dados, fatores de emissão e projetam cenários futuros, caso não sejam adotadas medidas de controle do aumento da emissão de gases de efeito estufa (JACOBI et al., 2011).

Em 1990, o IPCC lançou seu primeiro relatório, descrevendo que a mudança climática era uma ameaça real e os cientistas afirmaram que as atividades humanas estavam aumentando significativamente as emissões de gases de efeito estufa, tendo influência direta no aquecimento global (JURAS, 2008).

No século 21, as possíveis alterações climáticas têm alcançado grandes destaques nos debates, tendo em vista sua influencia a nível global nas sociedades e economias do mundo todo (MORAES, 2010). O aquecimento global é o processo pelo qual a temperatura atmosférica está aumentando ao longo dos anos, em função do aumento da concentração dos gases de efeito estufa (MAPA, 2012).

As mudanças climáticas podem trazer vários efeitos negativos à sociedade como um todo, atingindo as diversas regiões do planeta. O grande problema é que a intensidade e consequências das mudanças nem sempre são percebidas e ocorrem de forma desigual ao longo do espaço e tempo (SCHONS, 2012).

Segundo IPCC (2007), vários são os efeitos do aumento da temperatura média da terra, entre os quais se podem destacar influência direta no volume e distribuição das chuvas bem, como previsão de aumento da frequência da ocorrência de eventos extremos que podem trazer vários danos à agricultura.

Na agricultura, os resultados produtivos estão ligados diretamente às variações climáticas, sendo que os cenários futuros projetados de mudanças, demonstram a possibilidade de alterações no zoneamento agrícola de algumas culturas dentro mesmo território; sendo que o café, por exemplo, estaria sujeito à estas alterações existindo a possibilidade do deslocamento da cultura das regionais tradicionais para regiões mais ao sul, em especial no caso da elevação da temperatura (MORAES, 2010).

Embora a agricultura demonstre um grande avanço tecnológico, muitas culturas poderão sofrer graves consequências, caso os cenários futuros projetados se confirmem, visto

sua interdependência das condições e variáveis climáticas (MORAES, 2010). Cerri et al., (2007) relataram que alterações climáticas têm influência direta na quantidade e qualidade da produção agrícola, influenciando-as, em muitos casos, de forma negativa; como por exemplo: o desequilíbrio dos inimigos naturais, mudança e variações nos regimes hídricos.

Se forem comprovados os cenários projetados pelo IPCC, para elevação da temperatura entre 1 a 5,8° C neste século, em Minas Gerais o cultivo do café arábica será reduzido para 28 dos 702 municípios contabilizados no ano de 2001 (ASSAD et al.,2004)

É evidente que os impactos ambientais decorrentes desta projeção de cenários influenciam a sociedade e economia, demonstrando a necessidade de busca de uma cadeia produtiva mais sustentável (ABREU; ALBUQUERQUE; FREITAS, 2015).

2.3 Cafeicultura

O café destaca-se por ser uma das principais culturas agrícolas do país, possuindo uma área total plantada das espécies arábica e conilon de 2.246,7 hectares. Desse total, 316,6 mil hectares (14,1%) estão em formação e 1.930,1 mil hectares (85,9%) estão em produção. Em Minas Gerais concentra a maior área com a espécie, 1.181,3 mil hectares da espécie arábica. A área total estadual representa 52,5% da área cultivada com café no país (CONAB, 2015).

A cafeicultura mineira tem se destacado pela busca continua por maior eficiência, aumentando a competitividade, influenciando e sendo influenciada por toda cadeia produtiva em função dos padrões de evolução tecnológicos e também dos preços (SANTOS et al, 2009).

Entretanto a cafeicultura moderna exige o uso racional e sustentável dos recursos naturais e insumos agrícolas, sendo fundamental a adoção de práticas ambientalmente corretas na realização dos tratamentos culturais, uso de insumos e condução de todo o processo produtivo. Neste sentido as ações de sustentabilidade devem estar pautadas no equilíbrio ecológico, estabilidade econômica e desenvolvimento social (FERMAM, 2012).

Nos últimos anos, a cultura do café vem passando por mudanças profundas, em especial no que se refere ao processo de mecanização das operações agrícolas, que anteriormente eram realizadas de forma manual (CUNHA, 2015).

A mecanização das operações agrícolas tem se intensificado, iniciando na etapa de plantio, passando pelos tratamentos culturais anuais e chegando a colheita. A mecanização tem

contribuído para que o produtor possa aumentar sua eficiência nas operações, otimizando o tempo de realização das atividades e reduzindo custo de produção nas áreas mecanizáveis.

A cafeicultura possui em seus processos de produção, algumas etapas responsáveis por emissões de carbono e seus equivalentes, como emprego de energia elétrica, combustíveis fósseis para as operações agrícolas, uso de fertilizantes nitrogenados e de calcário (BELIZÁRIO, 2013).

Entretanto, embora as tecnologias de produção na cafeicultura estejam evoluindo ao longo do tempo, a crescente exigência dos mercados internacionais em busca de uma cadeia produtiva de baixo carbono, faz com que as propriedades cafeeiras, busquem compreender melhor como suas atividades contribuem para a emissão de GEE. Esta necessidade também está ligada à preocupação mundial em relação às mudanças de clima do planeta que têm ocorrido nas últimas décadas (BELIZÁRIO, 2013).

O desafio da cafeicultura e da agricultura brasileira como um todo é o de reduzir as emissões de GEE enquanto aumenta a produção e produtividade. Portanto, inventariar as emissões de gases de efeito estufa na cafeicultura é fundamental para compreender o perfil de suas emissões e estabelecer a gestão estratégica de boas práticas agrícolas; reduzindo consequentemente suas emissões diretas. As empresas que se destacam por longos períodos e nos mais diferentes setores possuem como característica em comum a habilidade de medir o seu próprio desempenho e de usar a medição para promover a gestão estratégica (PELOIA, 2010).

2.4 Inventários de Gases de Efeito Estufa

O inventário de gases de efeito estufa é uma ferramenta fundamental para ações de mitigação de emissões e adaptação aos cenários de mudança climática. Siqueira (2011), afirma que é necessário conhecer as fontes de emissão de gases de efeito estufa, a fim de permitir tomadas de decisões que contribuam para a mitigação do aquecimento global.

Frente às incertezas dos cenários ambientais na relação com os aspectos econômicos, os inventários de GEE, permitem também que as organizações repensem suas ações organizacionais, inclusive na eficiência do uso energético. Uma análise da matriz energética, exige a necessidade de estratégias que podem gerar vantagens competitivas, tornando um cenário desfavorável como oportunidades econômicas (ABREU; ALBUQUERQUE; FREITAS, 2015).

Um inventário de emissões pode ser utilizado como uma ferramenta administrativa que permite aumentar a eficiência operacional, econômica, energética e redução de riscos. As ações de redução de emissões a partir de inventários se verificam, por mudanças em processos de produção através do uso de tecnologias (ABREU; ALBUQUERQUE; FREITAS, 2015).

Para a realização de inventários, as emissões são divididas em três escopos, que devem ser descritos em função da responsabilidade ou controle da organização. No escopo 1, estão as fontes de emissão direta que tem origem ou são controladas pela própria organização. No escopo 2, estão as fontes de emissão consideradas indiretas como a aquisição e consumo de energia elétrica. No escopo 3, estão as fontes de emissão que não pertencem e não são controladas pela empresa, mas são consequências de suas atividades como o transporte da produção (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Para que a agricultura possa promover ações para a redução das emissões de GEE é necessário que seja realizado o inventário das referidas emissões, bem como sua origem. Vale destacar que durante a conferência das partes COP -16, o Brasil confirmou o compromisso de ações voluntárias para a redução de gases de efeito estufa com valores entre 36,1% a 38,9% em relação às emissões brasileiras projetadas para o ano de 2020 (CNA, 2012).

Um inventário de emissões deve ser estabelecido como um processo contínuo, que permita identificar e calcular as emissões de gases de efeito estufa, como um resultado de uma atividade ou processo produtivo, por um fator de emissão adequado (GHG PROTOCOL, 2013).

Um inventário de emissões adota metodologias ou protocolos reconhecidos, como é o caso do GHG Protocol, originalmente desenvolvido nos Estados Unidos, em 1998, pelo World Resources Institute (WRI), sendo hoje a metodologia mais usada no mundo por empresas e governos, compatível com as metodologias do IPCC. Estas metodologias facilitam a gestão corporativa dos GEE e melhoraram a qualidade e a consistência dos dados (GHG PROTOCOL, 2013).

O Programa Brasileiro GHG Protocol, foi iniciado em 2008, sendo adaptada a metodologia internacional ao contexto nacional (GHG PROTOCOL, 2013).

No Brasil, alguns trabalhos de GEE na agricultura têm sido realizados (CERRI et al., 2007, 2009), principalmente com o seguimento da agroindústria canavieira (CLAROS

GARCIA; VON SPERLING, 2010; FIGUEIREDO; LA SCALA JUNIOR, 2011; GOUVEIA et al., 2009; MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008).

2.5 Fatores de emissão

O Fator de emissão é um indicador estabelecido que deve ser multiplicado pela quantidade de insumos utilizados no processo produtivo ou em determinada atividade realizada (CUNHA, 2010).

Entretanto somente é possível aplicar o fator de emissão após determinação das fontes diretas e indiretas, além da quantificação e padronização das unidades requeridas. O CO₂ eq é uma unidade que permite realizar a conversão das emissões de gases de efeito estufa pela multiplicação do potencial de aquecimento global, após determinação individualizada de cada um dos gases (LOPES, 2012).

O potencial de aquecimento global, conhecido como GWP é um índice divulgado pelo IPCC, como parâmetro de referência, permitindo assim somar quantidades de diferentes gases de efeito estufa (LOPES, 2012).

O dióxido de carbono (CO₂) tem um potencial de aquecimento global de 1, visto que o mesmo, apresenta um tempo de vida curto na atmosfera e um baixo potencial para absorver a radiação infravermelha, quando comparado aos demais gases de efeito estufa como o CH₄, N₂O que possui o potencial de aquecimento global de 25 e 298 vezes maior que uma molécula de CO₂, respectivamente, para um período de 100 anos (IPCC, 2007).

REFERÊNCIAS

ABREU, MCS de; ALBUQUERQUE, AM; FREITAS, ARP de. Posicionamento estratégico em resposta às restrições regulatórias de emissões de gases do efeito estufa. **Revista de Administração**, São Paulo. v. 49, n.3, p. 578-590, jul. 2014.

ABREU, MCS de; ALBUQUERQUE, AM; FREITAS, ARP de. Uso do Greenhouse Gas Protocol para mensurar emissões de gases do efeito estufa e desenvolver projetos de mitigação. **Revista Pretexto**, São Paulo, v.16, n.2, p. 11-30, abr. 2015.

ASSAD, E. D. et al. Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004.

BELIZÁRIO, M. **Estoque de carbono no solo e fluxo de gases de efeito estufa no cultivo de café**. 2013. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2013.

CARVALHO, AM de et al. Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de ureia sob plantio convencional e direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p. 679-685, abr.2006.

CUNHA P.E.V. **Aplicação da metodologia para estimativa do fator de emissão - nutrientes e metais pesados - para avaliar a contribuição dos efluentes de carcinicultura no estuário do rio Potengi, Natal (RN)**. 2010. 238f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CUNHA, J. P. **Análise Técnica e Econômica da Mecanização da Cafeicultura** 2015. 103f. Tese (Doutorado em Máquinas e Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CERRI, C. E. P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 1, p. 83-99, jan/fev.2007.

CERRI, C. C. et al. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, nov/dez.2009.

CLAROS GARCIA, J. C.; VON SPERLING, E. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p. 217-222, set.2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_16_08_47_43_boletim_setembro_2015.pdf>. Acesso em 04 out.2015.

DUXBURY, J. M. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. **Fertilizer Research**, Oxford, v. 38, n. 2, p. 151-163,1994.

FERMAM, R, K, S.; O papel da metrologia no desenvolvimento sustentável: o caso das emissões de gases de efeito estufa. **Revista Libero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.3, n.2, p. 112-124, dez.2012.

FIGUEIREDO, E. B. de ; LA SCALA JUNIOR, N. Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v. 141, p. 77-85, 2011.

GHG PROTOCOL DA AGRICULTURA. **Metodologia GHG protocol para agricultura**. São Paulo: UNICAMP; WRI Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/Agriculture-Guidance/Visão-Geral%3A-Projeto-Brasil-Agropecuária>>. Acesso em: 7 jul. 2014.

GOLDEMBERG, J.; GUARDAZASSI, P. M. Climate change and historical responsibilities. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 201-206, abr.2012.

GOMES, V M G; FARIA, A M de M. Consumo de combustíveis no Brasil e Mato Grosso: estimativa do custo ecológico da emissão de gases de efeito estufa. **Revista Estudos do CEPE**, Santa Cruz do Sul, n.35, p.82-107, jan.2012

GOUVÊIA, J. R. F. et al. Climate changes and technological advances: impacts on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 5, p. 593-605, out.2009.

IPCC (2007) Climate change 2007: the physical science basis - Summary for policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.

JACOBI, P R et al. Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v.16, n.46, p. 135-148, abr.2011.

JURAS, L.A.G.M. Aquecimento Global e mudanças climáticas: uma introdução. **Revista Prenarium**, Brasília, v. 5, n.5, p.34-46, out.2008.

LESSIN, R C ; GHINI, R. Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o oídio e o crescimento de plantas de soja. **Tropical Plant Pathology**, Campinas, v.34, n.6, p. 385-392, dez.2009.

LIMA, M. A. de; PESSOA, M. C. P. Y.; VILLELA, O. V. Emissão de metano em cultivo de arroz irrigado por inundação. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, n. 3, p. 94-139, ago.2013.

LOPES, C J R. **Comparando as emissões de gases de efeito estufa nas etapas da cadeia produtiva do etanol**. 2012. 238f. Dissertação Mestrado (Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 32, p. 582-595, 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura : plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)** 2012. 173p. Brasília. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf> Acesso em: 26 ago.2015.

MORAES, G.I. **Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável** 2010. 267f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de Piracicaba, São Paulo, 2010.

MMA, Ministério do Meio Ambiente et al. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**, 2013. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/publicacoes2/>> Acesso em: 06 set.2015.

PELOIA, Paulo R.; MILAN, Marcos. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 681-691, ago.2010.

SANTOS, V E dos et al. Análise do setor de produção e processamento de café em Minas Gerais: uma abordagem matriz insumo-produto. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.47, n.2, p. 363-388, jun. 2009.

SIQUEIRA NETO, Marcos et al. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.1, p. 63-76, fev.2011.

SCHONS, Selma Maria. A questão ambiental e a condição da pobreza. **Revista Katálisis**, Florianópolis, v.15, n.1, pp. 70-78, jun.2012.

CAPÍTULO 2

ARTIGO 1 (Recebido: 13 de outubro 2014 ; aceito: 06 de abril de 2015)

Publicado - Coffee Science, Lavras, v. 10, n. 4, p. 412 - 419, out./dez. 2015

Levantamento de Emissão de Gases de Efeito Estufa pela Metodologia do Carbono Equivalente na Cultura do Cafeeiro

RESUMO: A cultura do cafeeiro é uma das principais atividades do sul de Minas Gerais. Na produção do café ocorrem emissões de gases de efeito estufa (GEE) de diferentes fontes. A realização de um Inventário de Emissões de GEE é fundamental para que uma propriedade cafeeira possa avaliar como as suas atividades impactam o meio ambiente em relação a estas emissões. Objetivou-se, no presente trabalho, identificar, inventariar e quantificar as principais fontes emissoras de GEE na cultura do café, no sul de Minas Gerais, e convertê-las em carbono equivalente (CO_2 eq), por hectare. O inventário foi realizado utilizando-se parâmetros do GHG Protocol, Ministério da Ciência e Tecnologia e dados do IPCC. O inventário demonstrou que os principais GEE gerados na cafeicultura corresponderam a 2,13 tCO_2 eq ha^{-1} , sendo que o consumo de adubos nitrogenados contribuiu com 1,01 tCO_2 eq ha^{-1} (47,5%), o calcário com 0,65 tCO_2 eq ha^{-1} (30,8%), os combustíveis fósseis com 0,35 tCO_2 eq ha^{-1} (16,9%), o GLP residencial 0,049 tCO_2 eq ha^{-1} (2,3%) e o consumo de energia elétrica 0,050 tCO_2 eq ha^{-1} (2,4%).

Palavras-chave: Cafeicultura, dióxido de carbono, emissões GEE.

**LIST OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS BY CARBON EQUIVALENT
METHODS IN COFFEE 'S Crop**

ABSTRACT: *Coffee culture is one of the main activities of the South of Minas Gerais State. Greenhouse gases emissions (GHG) in coffee production occur from different sources. Inventory of GHG emissions is essential for a coffee farm to assess how their activities impact the environment in relation to these emissions. The aim of this study was to identify and quantify the main sources GHGs emissions in the coffee culture in the South of Minas Gerais State, and converts them into carbon equivalent per hectare ($tCO_2eq\ ha^{-1}$). The inventory was conducted using parameters of the GHG Protocol, Ministry of Science and Technology and IPCC data. The inventory showed that GHG emissions generated in coffee production to $2.13\ tCO_2eq\ ha^{-1}$, whereas nitrogen fertilizers issued $1.01\ tCO_2eq\ ha^{-1}$ (47,5%), lime issued $0.65\ tCO_2eq\ ha^{-1}$ (30,8%), fossil fuels contributed with $0.35\ tCO_2eq\ ha^{-1}$ (16,9%), residential GLP issued $0.049\ tCO_2eq\ ha^{-1}$ (2,3%) and electric power contributed with $0.050\ tCO_2eq\ ha^{-1}$ (2,4%).*

Index terms: *Coffee production; carbon dioxide, GEE emission.*

INTRODUÇÃO

As lavouras cafeeiras assim como todos os segmentos econômicos são responsáveis por emissões de gases de efeito estufa, em especial o gás carbônico. O aumento rápido da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), decorrente de atividades humanas tem contribuído para a preocupação mundial acerca das mudanças climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2006; TZILIVAKIS et al., 2005).

O agravamento do efeito estufa pode quebrar o equilíbrio energético no planeta e originar um fenômeno complexo chamado de aquecimento global (GOLDEMBERG; GUARDAZASSI, 2012). O IPCC projeta um aumento da temperatura do planeta entre 1 e 6°C até o ano de 2100 (STRECK; ALBERTO, 2006). Assad et al. (2004) relataram que, considerando o aumento da temperatura em 1 a 5,8°C, o cultivo de café será reduzido para apenas 9 dos 455 municípios produtores de café no estado de São Paulo, e se essa projeção de elevação de temperatura atingir 3 °C o cultivo de café pode ser uma atividade de alto risco ,mesmo em áreas irrigadas.

A cafeicultura possui em seus processos de produção, algumas etapas responsáveis por emissões de carbono e seus equivalentes, como: emprego de energia elétrica, combustíveis fósseis para as operações agrícolas, uso de fertilizantes nitrogenados e de calcário (BELIZÁRIO, 2013). De acordo com Apps et al. (1999), as emissões de GEE causadas pelo homem estão associadas à mudança no uso da terra e à queima de combustíveis fósseis.

Na agricultura, existem várias etapas que resultam em emissões de GEE, sendo que os três principais GEE diretamente relacionados com a atividade são: dióxido de carbono, o metano e óxido nitroso (DUXBURY, 1994).

Para que a agricultura possa promover ações para a redução das emissões de GEE é fundamental que seja realizado o inventário das referidas emissões, bem como sua origem. Um inventário de emissões deve ser estabelecido como um processo contínuo, que permita identificar, bem como calcular as emissões de gases de efeito estufa, como um produto de uma dada atividade, por um fator de emissão adequado (GHG PROTOCOL, 2013).

Na prática, um inventário de emissões adota metodologias ou protocolos reconhecidos, como é o caso do GHG Protocol, originalmente desenvolvido nos Estados Unidos, em 1998, pelo World Resources Institute (WRI), sendo hoje a metodologia mais usada mundialmente

pelas empresas e governos, sendo compatível com as normas da ISO 14.064 e com as metodologias do IPCC. Estas metodologias podem facilitar a gestão corporativa dos GEE, melhorar a qualidade e a consistência de seus dados (GHG PROTOCOL, 2013). No Brasil, alguns trabalhos de GEE na agricultura têm sido realizados (CERRI et al., 2007, 2009), principalmente com o seguimento da agroindústria canavieira (CLAROS GARCIA; VON SPERLING, 2010; FIGUEIREDO; LA SCALA JUNIOR, 2011; GOUVEIA et al., 2009; MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008).

Objetivou-se, no presente estudo, identificar, inventariar e quantificar as principais fontes emissoras de GEE na produção de café e convertê-las em carbono equivalente, por hectare de café.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em quatro fazendas produtoras de café (Onça, Alvorada, Nossa Senhora do Rosário e Nova Floresta), pertencentes ao Grupo Fazenda da Onça, apresentando 1828,58 ha, sendo que 462,94 ha são ocupados pela cultura do cafeeiro, plantados no sistema adensado e mecanizado, localizadas nos municípios de Guaranésia, Guaxupé e Monte Santo de Minas, sul de Minas Gerais. O sistema adensado apresenta espaçamento predominante de 1,80 x 0,80m e o mecanizado de 3,80 x 0,60m. A mecanização ocupa 337,11 ha, correspondendo a 73% do total da área, apresentando, aproximadamente, dois milhões de pés de café, sendo que 80% da área é ocupada com lavouras de café com mais de 6 anos de idade e produção de 11.770 sacas de café beneficiadas, no ano de 2012 (Tabela 1).

TABELA 1 - Caracterização das fazendas do Grupo Fazenda da Onça, em relação à área, população de plantas, idade da lavoura, mecanização e produção no ano de 2012.

Fazendas ⁽¹⁾	Local	Área (ha)	Número de plantas	Idade (%)			Área Mecanizada (ha)	Produção (sacas)
				0-3	4-6	>6		
Onça	Guaranésia	163	868.439	6	-	94	63,86	3.606
Alvorada	Guaranésia	58	245.762	10	-	89	45,98	1.025
Rosário	Monte St*	187	650.366	-	13	86	172,81	4.894
Nova**	Guaxupé	55	227.773	48	52	-	54,46	2.175
Total		463	1.992.310	9	11	80	337,11	11.700

*Monte de Santo de Minas; **Floresta. ⁽¹⁾ Fazendas manejadas, no sistema de cultivo convencional, de acordo com as recomendações técnicas do corpo de agrônomos do Grupo Fazenda da Onça.

A região é caracterizada por clima, segundo Koppen, tropical de altitude (CWA). Os dados pluviométricos indicam que a região possui dois períodos bem característicos, sendo um chuvoso, outubro a março com precipitações bem distribuídas e outro seco, entre os meses de abril e setembro. A precipitação média anual está em torno de 1.500 mm, temperatura média de 18 °C e altitude de 887 metros.

A área produtiva é manejada com as melhores práticas agrônômicas, sendo determinadas desde a adubação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, manejo de

podas e tratos pós-colheita, a partir de recomendações do corpo técnico, de acordo com as necessidades das diferentes lavouras de cada fazenda, sendo conduzidas no manejo convencional, visando alta produtividade.

Para a realização dos cálculos, foi levantado o consumo de energia nas instalações das propriedades em Megawatts (MWh), consumo de combustível para deslocamento e realização das atividades agrícolas em litros (L), consumo de GLP nas residências das propriedades em quilogramas (kg), consumo de lenha para a secagem do café em toneladas (t), consumo de nitrogênio nas adubações do café em quilogramas (kg) e consumo de calcário para correção do solo em quilogramas (kg). Exceto para o consumo de energia elétrica, todos os dados foram coletados em conjunto para as quatro fazendas do Grupo Fazenda da Onça.

Os dados foram coletados no ano de 2012, sendo que a partir destas informações foi realizada a quantificação do carbono equivalente, considerando os GEE: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), utilizando-se como referência para o cálculo os parâmetros do Programa Brasileiro GHG Protocol (GHG PROTOCOL, 2013), referências do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2012), além de metodologias do IPCC (IPCC, 2006) e metodologia do GHG da Agricultura (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Consumo de energia elétrica

Para estimar as emissões indiretas de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq), do consumo de energia elétrica em cada fazenda, foi verificada a quantidade de energia elétrica gasta em Quilowatt hora (KWh), sendo posteriormente convertida para Megawatt hora (MWh) e calculada a emissão em dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq), multiplicando-se os valores encontrados pelo fator médio de emissão anual de $0,0653 \text{ tCO}_2 \text{ eq/MWh}$ (BRASIL, 2012).

Consumo de combustíveis

Para quantificar as emissões de CO_2 , CH_4 e N_2O devido ao consumo de combustíveis fósseis, foi realizado o levantamento do volume de combustível (gasolina e óleo diesel), nos veículos, tratores, máquinas e equipamentos, visando à produção do café. Posteriormente, foi determinada a emissão de CO_2 , CH_4 e N_2O multiplicando-se os valores obtidos pelos parâmetros apresentados na Tabela 2. No Brasil, o diesel comercializado apresenta em sua

composição 5% de biodiesel, conforme resolução ANP N° 14, de 11/05/2012 (SANTANA; TININIS, 2013). Da mesma maneira, a gasolina comum comercializada tem uma mistura de álcool anídrico, conforme portaria MAPA n° 678, de 31/08/2011 (BRASIL, 2011). Em ambos os casos, a mistura visa estimular o consumo de biocombustíveis. No presente estudo, no consumo de diesel e gasolina, levou-se em consideração estes fatores para a elaboração dos cálculos de emissão de GEE e CO₂eq.

Os fatores de emissão médios de CO₂, CH₄ e N₂O, para o uso de combustíveis fósseis, utilizados no inventário, têm como objetivo estimar a quantidade de CO₂ eq dos diferentes veículos utilizados para a produção da cafeicultura.

Nas emissões para o consumo de GLP nas residências dos colaboradores, foi realizada a estimativa do consumo médio por residência, obtendo-se o valor de 16,25 Kg GLP/Residência/Mês, sendo determinada a emissão CO₂, CH₄ e N₂O multiplicando-se os valores obtidos pelo total de residências ao longo de um ano, obtendo o resultado em toneladas, sendo posteriormente multiplicados pelos dados da Tabela 2.

TABELA 2 - Parâmetros de Referência para o cálculo das emissões de gases efeito estufa (GEE).

Combustível	Fatores de conversão (kg GEE.unidade ⁻¹)			Fonte
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Gasolina	2,2690	0,00010	0,000100	GHG Protocol (2012)
Álcool Anidro	1,2330	-	-	GHG Protocol (2012)
<i>Óleo Diesel</i>	-	-	-	-----
-Caminhões Médios	2,6710	0,00030	-	GHG Protocol (2012)
-Ônibus	2,6710	0,00030	-	GHG Protocol (2012)
-Tratores*	2,6810	0,00030	0,000020	GHG Protocol Agricultura (2014)
-Biodiesel	2,4990	-	-	GHG Protocol Agricultura (2014)
GLP	2.932	0,23237	0,004647	GHG Protocol (2012)
Lenha	1.917	5,42609	0,072348	GHG Protocol (2012)

*Tratores, máquinas agrícolas e colheitadeiras.

As emissões do consumo de biomassa foram determinadas a partir da quantidade de lenha gasta no processo de secagem de café, em quilogramas (kg) e para obtenção da emissão CO_2 , CH_4 e N_2O multiplicaram-se os valores obtidos em toneladas pelos valores da Tabela 2.

Consumo de fertilizantes nitrogenados e calcário

Para estimar as emissões de N_2O no consumo de adubos nitrogenados, foi determinada a quantidade de nitrogênio, em kg, nos fertilizantes empregados, que foi convertida para kg de $\text{N}_2\text{O-N}$; sendo multiplicado pelo fator de emissão direta de 0,01 (IPCC, 2006) e razão 44/28.

As emissões de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ no consumo de calcário foram determinadas, a partir da quantidade de calcário (kg), sendo convertido de kg de calcário para kg de carbono, usando o fator 0,12, sendo encontrada a emissão CO_2 equivalente, multiplicando-se os valores obtidos por 3,66 (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Nos parâmetros de *Consumo de combustíveis e Consumo de fertilizante nitrogenado e calcário*, as emissões de CO_2 , CH_4 e N_2O , foram transformadas de kg para toneladas, sendo posteriormente, convertidas em CO_2eq , pelo emprego dos fatores de conversão 1, 25 e 298, respectivamente (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

O conjunto de dados utilizado no presente estudo foi baseado nos insumos empregados nas práticas agrícolas, visando à produção de café nas fazendas do Grupo Fazenda da Onça, sendo realizada a estatística descritiva em que foram contabilizadas as fontes emissoras de GEE, e todos os valores de emissão foram convertidos em carbono equivalente (BRASIL, 2012; GHG PROTOCOL, 2013; GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014; IPCC, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo de energia elétrica

As emissões de GEE, geradas pelo consumo de energia elétrica totalizaram 23,36 tCO₂ eq (Tabela 3). As fazendas, no presente estudo, apresentaram valores diferentes de emissão. No período de colheita, ocorre um aumento significativo do consumo de energia elétrica, em função do beneficiamento de café em lavadores, secadores e no processamento final.

TABELA 3 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente, proveniente do uso de energia elétrica, no ano de 2012.

Propriedade	Total Megawatt (MWh)*	Emissão tCO ₂ eq
Fazenda Onça	273,456	17,85
Fazenda Alvorada	30,94	2,02
Fazenda N.S. do Rosário	48,40	3,16
Fazenda Nova Floresta	5,14	0,33
Total	357,936	23,36

*Fator de emissão 0,0653 tCO₂ MWh⁻¹

Consumo de combustíveis fósseis

Nas últimas décadas, a cultura do cafeeiro sofreu grande impacto devido ao emprego de técnicas modernas de processos produtivos. Entre estes processos, pode-se citar o espaçamento de plantio, que permitiu os tratamentos culturais como adubação, controle de pragas e doenças com o uso de máquinas e implementos agrícolas, sendo ainda necessário relatar o emprego de colhedoras mecanizadas e o transporte da colheita.

As emissões de GEE devido às fontes móveis, atingiram 166,52 tCO₂eq, sendo o óleo diesel a fonte com a maior contribuição, aproximadamente 86% do total de emissões e o emprego de tratores e caminhões contribuíram com aproximadamente 77%, ou seja, o uso de mecanização na cafeicultura gerou a maior parte das emissões de GEE (Tabela 4). O

transporte de pessoal teve participação de 8,27% e o gasto de gasolina para as atividades administrativas contribuiu com cerca de 9,84% (Tabela 4).

TABELA 4 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente de combustível, no ano de 2012.

Fonte	Consumo	Emissão GEE (Kg)*			tCO ₂ eq ⁽²⁾	% ⁽³⁾
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Gasolina ⁽¹⁾	6.166,40	13.991,56	0,61664	0,61664	14,022	8,42
Álcool Anidro ⁽¹⁾	1.541,60	1.900,79	-	-	1,90	1,14
<i>Óleo Diesel</i>	-	-	-	-	-	-
-Caminhões ⁽⁴⁾	13.585,66	36.287,29	4,075	-	36,389	21,85
-Ônibus ⁽¹⁾	5.146,15	13.745,36	1,543	-	13,783	8,27
-Tratores ⁽¹⁾	34.732,57	93.118,02	10,419	0,694	93,395	56,08
-Biodiesel ⁽¹⁾	2.813,91	7.031,96	-	-	7,031	4,22
Total					166,52	100,00

⁽¹⁾ Consumo litros, ⁽²⁾ estimativa de emissão CO₂, CH₄, N₂O, em carbono equivalente, aplicando-se fator de correção 1, 25, 298, respectivamente (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014), ⁽³⁾ representação em %, em relação às emissões totais, ⁽⁴⁾ caminhão médio, *fatores de conversão na Tabela 1.

Belizário (2013), realizando trabalho sobre estoque de carbono no solo e fluxo de GEE na cultura do cafeeiro, concluiu que o resultado apresentado, referente ao aumento do consumo de óleo diesel, justifica-se em função da substituição da mão de obra pelo processo de mecanização. Segundo o mesmo autor, a fonte de maior emissão no inventário, foi devido à queima de óleo diesel, correspondendo a 1,52 tCO₂ eq ha⁻¹, sendo que o valor encontrado no presente estudo foi de 0,32 tCO₂ eq ha⁻¹. Estas diferenças, quando comparadas a do presente trabalho, podem estar relacionadas à topografia favorável que possibilita a mecanização em área total, aumentando o consumo de diesel, uma vez que Belizário (2013) realizou seu estudo na região de Patrocínio, Minas Gerais.

Consumo de combustíveis estacionários

As fontes estacionárias de emissões referem-se ao emprego de gás liquefeito de petróleo (GLP), na residência dos colaboradores e ao uso de lenha advinda de eucalipto certificado ou poda do cafeeiro, visando ao processo de secagem do café colhido. As emissões GEE atingiram valores de 22,93 e de 340,5 tCO₂ eq, respectivamente, para GLP e queima de lenha (Tabela 5). Vale ressaltar que, de acordo com GHG Protocol da Agricultura (2014), a queima de biomassa (lenha) resulta em emissões consideradas neutras em termos de impacto climático, pois este CO₂ é gerado através de um ciclo biológico e não um ciclo geológico, como no caso do CO₂ de origem fóssil. Entretanto, outro fator a ser observado é que o emprego de lenha e o GLP também contribuíram de maneira significativa para emissões de CO₂ eq (Tabela 5), bem como o uso o uso de adubos nitrogenados para emissão de N₂O (Tabela 6), quando comparado com as emissões das fontes móveis (Tabela 4).

Signor e Cerri (2013) relataram que os principais gases de efeito estufa são o CO₂, CH₄ e N₂O, sendo que o CH₄ e N₂O apresentam o potencial de aquecimento global 25 e 298 vezes maior que o CO₂, respectivamente. No presente trabalho, as emissões pela queima de lenha não foram computadas no balanço final, entretanto, as emissões de CH₄ e N₂O devem ser mais bem exploradas em pesquisas futuras.

TABELA 5 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente à fonte de emissão combustão estacionária - ano 2012

Fonte	Consumo	Emissão GEE (Kg)			tCO ₂ eq
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Lenha ⁽¹⁾	164.16	314.694,7	890,75	11,88	340,50
GLP Residencial ⁽¹⁾	7.8	22.869,60	1,81	0,04	22,93
Total					363,43

⁽¹⁾ consumo em toneladas

Corretivos e fertilizantes nitrogenados

O emprego de calagem visando à correção do solo foi responsável pela emissão de 303,33 tCO₂ eq (Tabela 6). As fontes de adubo nitrogenado emitiram 468 tCO₂ eq (Tabela 6). Carmo et al. (2013) e Mattos Junior, Cantarella e Quaggio (2002) afirmaram que a maior parte da emissão de N₂O ocorre pelos processos biológicos de desnitrificação.

TABELA 6 - Estimativas de emissão de CO₂ equivalente corretivo calcário e fertilizante sintético nitrogenado- ano 2012.

Fonte	Consumo (Kg)	Emissão de GEE		tCO ₂ eq
		CO ₂ (Kg)	N ₂ O (Kg)	
Calcário ⁽¹⁾	690.649	82.877,88	-	303,33
Adubo Sintético Nitrogenado ⁽²⁾	100.211	-	1.002,11	468,84
Total				772,17

⁽¹⁾ Consumo em Kg, ⁽²⁾ Consumo em Kg total de N em Fertilizantes sintéticos nitrogenados, utilizados na lavoura cafeeira.

Belizário (2013) relata que o nitrogênio é um nutriente exigido em grande quantidade pela cultura do cafeeiro, sendo as adubações nitrogenadas apontadas como o fator que mais contribui para a emissão de GEE e, na agricultura, de forma geral (MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA; QUAGGIO, 2002).

Claros Garcia e Von Sperling (2010), realizando trabalho sobre a emissão de GEE no ciclo de vida do etanol, nas fases de agricultura e industrialização; afirmaram que as emissões de N₂O, pelo uso de fertilizantes contribuem, de forma significativa na emissão de GEE, sendo que a emissão total é sensível à quantidade de fertilizantes aplicada ao solo. No presente estudo, o uso de corretivos e fertilizantes nitrogenados na cultura do cafeeiro, contribuíram de forma significativa para as emissões de GEE, da ordem de 78,37% do total de emissões verificadas.

O total de emissões, desconsiderando as relativas à queima de lenha, foi de 984,14 tCO₂eq, que, quando dividido pelo área total (462,94 ha) de cafeeiro plantado nas diferentes localidades, corresponderam à emissão de 2,13 tCO₂eq ha⁻¹. Belizário (2013), em trabalho semelhante, obteve como resultado 2,91 tCO₂ eq ha⁻¹. Entretanto, Silva et al. (2013) relataram

que uma lavoura de café com 4 anos de idade é capaz de sequestrar da atmosfera 8,45 tCO₂eq ha⁻¹ ano⁻¹, a partir de processos fotossintéticos, valor que também deve ser levado em conta em estudos de emissões de GEE, bem como em processos de certificação de produção (BRANDÃO et al., 2012).

CONCLUSÕES

A condução da lavoura cafeeira emite 2,13 tCO₂ eq ha⁻¹ de gases de efeito estufa. O emprego da adubação nitrogenada e o uso de corretivos são as fontes de maior contribuição para essas emissões, sendo seguidas pelo consumo de óleo diesel.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Fazenda da Onça e aos Senhores Mário de Freitas Eiras Garcia e Célio Montagnini pela possibilidade e apoio na realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPS, M. J. et al. Carbon budget of the Canadian forest product sector. **Environmental Science & Policy**, Carouge, v. 2, n. 1, p. 25-41, 1999.

ASSAD, E. D. et al. Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004.

BELZÁRIO, M. **Estoque de carbono no solo e fluxo de gases de efeito estufa no cultivo de café**. 2013. 143 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2013.

BRANDÃO, F. S. et al. O papel do agronegócio brasileiro na redução dos gases de efeito estufa. **Agroambiental**, Barreiras, v. 6, n. 1, p. 84-90, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 678**, de 31 de agosto de 2011. Fixa em vinte por cento, o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível a gasolina, a partir de zero hora do dia 1º de outubro de 2011. Brasília, 2011. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=234338>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Fatores de emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html>> . Acesso em: 2 maio 2014.

CARMO, J. B. D. et al. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. **GCB Bioenergy**, Urbana, v. 5, n. 3, p. 267-280, 2013.

CERRI, C. C. et al. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

CERRI, C. E. P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 1, p. 83-99, 2007.

CLAROS GARCIA, J. C.; VON SPERLING, E. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p. 217-222, 2010.

DUXBURY, J. M. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. **Fertilizer Research**, Oxford, v. 38, n. 2, p. 151-163, 1994.

FIGUEIREDO, E. B. de; LA SCALA JUNIOR, N. Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v. 141, p. 77-85, 2011.

GHG PROTOCOL. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP/WRI. **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa**: especificações do programa brasileiro GHG protocol. 2. ed. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima/inventario-de-gee-empresendimentos/385-inventarios-corporativos>>. Acesso em: 5 maio 2013.

GHG PROTOCOL. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP/FGV. **Ferramenta de cálculo 2012**. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 18 nov. 2012.

GHG PROTOCOL DA AGRICULTURA. **Metodologia GHG protocol para agricultura**. São Paulo: UNICAMP; WRI Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/Agriculture-Guidance/Visão-Geral%3A-Projeto-Brasil-Agropecuária>>. Acesso em: 7 jul. 2014.

GOLDEMBERG, J.; GUARDAZASSI, P. M. Climate change and historical responsibilities. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 201-206, 2012.

GOUVÊIA, J. R. F. et al. Climate changes and technological advances: impacts on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 5, p. 593-605, 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and other land use**. Hayama: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006. v. 4, 110 p.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 32, p. 582-595, 2008.

MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 1, p. 263-270, 2002.

SANTANA, K. O.; TININIS, A. G. Biodiesel: mercado, tendências, panoramas e lacunas do setor industrial. **Sinergia**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 114-125, 2013.

SIGNOR, D.; CERRI, C. E. P. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 322-338, 2013.

SILVA, A. B. et al. Estoques de carbono no solo e em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Interciência**, Caracas, v. 18, n. 4, p. 286-291, 2013.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento do trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, set. 2006.

TZILIVAKIS, J. et al. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in UK. **Agricultural Systems**, Washington, v. 85, p. 101-119, 2005.

ARTIGO 2

ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE CO₂ EQUIVALENTE EM OPERAÇÕES MECANIZADAS NA CULTURA DO CAFEIEIRO

RESUMO: As atividades agrícolas, além de contribuírem para as mudanças climáticas globais, através de suas emissões de Gases de Efeito Estufa, acabam sendo vítimas diretas de seus impactos negativos como exemplo: desequilíbrio dos inimigos naturais, mudança e variações nos regimes hídricos. A cultura do cafeeiro vem passando por mudanças profundas, em especial no que se refere ao emprego do processo de mecanização das operações agrícolas. Entretanto, embora as tecnologias de produção na cafeicultura estejam evoluindo, a crescente exigência dos mercados internacionais em busca de uma cadeia produtiva de baixo carbono, faz com que as propriedades cafeeiras busquem compreender melhor como suas atividades contribuem para a emissão de GEE. O objetivo do presente estudo foi estimar a emissão de kg CO₂ eq ha⁻¹ para as principais operações mecanizadas, realizadas nos tratos culturais anuais do café, quantificar a emissão de kg CO₂ eq h⁻¹, em diferentes modelos de tratores e colhedoras utilizados e determinar a emissão de kg CO₂ eq km⁻¹ para o escoamento da produção de café. A estimativa de CO₂ eq foi realizada através da utilização dos parâmetros da ferramenta do GHG Protocol e metodologia do GHG Protocol Agricultura. Os resultados mostram uma emissão total de 465,26 kg CO₂ eq ha⁻¹, com maior proporção para as emissões decorrentes das operações mecanizáveis do plantio com 242,58 kg CO₂ eq ha⁻¹, que representam 52,14% das emissões totais. As operações realizadas na colheita mecanizada emitiram 124,3 kg CO₂ eq ha⁻¹ contribuindo com 26,72% do total das emissões e representando 55,82% do total emitido nas operações realizadas nos tratos culturais anuais. O trator 105 cv, com 21,94 kg CO₂ eq h⁻¹, apresentou-se como sendo a maior fonte de emissão de CO₂ eq h⁻¹ em comparação aos demais tratores pesquisados. Para o escoamento da produção de café da fazenda ao armazém foram emitidos 0,76 kg CO₂ eq km⁻¹ e do armazém ao porto 0,99 kg CO₂ eq km⁻¹.

Termos para indexação: Cafeicultura, efeito estufa, mecanização agrícola;

ESTIMATE OF CO₂ EQUIVALENT IN ISSUE IN MECHANIZED OPERATIONS COFFEE CULTURE

ABSTRACT: Agricultural activities besides contributing to global climate change, through its Greenhouse gas emissions end up being direct victims of its negative impacts as an example imbalance of natural enemies, change and changes in water regimes. The coffee culture has undergone profound changes, especially with regard to the process of mechanization of agricultural operations. However, while production technologies in coffee have been evolving, the growing demand of international markets for a production chain of low-carbon, makes the property seek to better understand how their activities contribute to GHG emissions. The aim of this study was to estimate the emission of CO₂ eq kg ha⁻¹ for the main mechanized operations carried out in the annual cultivation of coffee, quantify the emission kg CO₂ eq h⁻¹, different models of tractors and harvesters used and determine the emission of CO₂ eq kg⁻¹ km to the flow of coffee production. The estimated CO₂ eq was accomplished through the use of the GHG Protocol tool parameters and methodology of the GHG Protocol Agriculture. The results show a total emission of 465.26 kg CO₂ eq ha⁻¹, with a greater proportion of emissions from the mechanized planting operations with 242.58 kg CO₂ eq ha⁻¹, representing 52.14% of total emissions. The operations carried out in mechanized harvesting issued 124.3 kg CO₂ eq ha⁻¹ accounting for 26.72% of total emissions and representing 55.82% of the total issued in operations carried out in the annual cultivation. Tractor 105 hp, with 21.94 kg CO₂ eq h⁻¹, presented itself as the largest source of CO₂ emission eq h⁻¹em compared to the other surveyed tractors. For disposal of the farm to the store coffee production were emitted 0.76 kg CO₂ eq km⁻¹ and warehouse at the port 0.99 kgCO₂eqkm⁻¹.

Keywords: Coffee Production, agricultural mechanization, greenhouse;

INTRODUÇÃO

O aumento da concentração de gases de efeito estufa GEE tem gerado grande preocupação na população mundial. As atividades agrícolas, além de contribuírem para as mudanças climáticas globais, através de suas emissões, acabam sendo vítimas direta de seus impactos em função da vulnerabilidade que as culturas agrícolas manifestam aos cenários inadequados de distribuição de chuvas e variações de temperaturas (BORDONAL et al., 2012).

Cerri et al. (2007) relataram que alterações climáticas têm influência direta na quantidade e qualidade da produção agrícola, influenciando-as, em muitos casos, de forma negativa, como por exemplo o desequilíbrio dos inimigos naturais, mudança e variações nos regimes hídricos.

O café destaca-se por ser uma das principais culturas agrícolas do país, possuindo uma área total plantada das espécies arábica e conilon de 2.246,7 hectares. Desse total, 316,6 mil hectares (14,1%) estão em formação e 1.930,1 mil hectares (85,9%) estão em produção. Em Minas Gerais concentra a maior área com a espécie, 1.181,3 mil hectares da espécie arábica. A área total estadual representa 52,5% da área cultivada com café no país (CONAB, 2015).

Cunha (2015) cita que, nos últimos anos, a cultura do cafeeiro vem passando por mudanças profundas, em especial no que se refere ao processo de mecanização das operações agrícolas, que anteriormente eram realizadas de forma manual. A mecanização das operações agrícolas tem se intensificado, iniciando na etapa de plantio, passando pelos tratos culturais anuais e chegando a colheita. A mecanização tem contribuído para que o produtor possa aumentar sua eficiência nas operações, otimizando o tempo de realização das atividades e reduzindo custo de produção nas áreas mecanizáveis.

A mecanização agrícola está em um processo de melhoria e desenvolvimento contínuo, que busca novas tecnologias exigindo assim cada vez mais o uso racional de seus sistemas e recursos (MERCANTE et al., 2010), representando um fator de grande importância para a competitividade e lucratividade (PELOIA, 2010). Embora as tecnologias de produção na cafeicultura estejam evoluindo ao longo do tempo, a crescente exigência dos mercados internacionais em busca de uma cadeia produtiva de baixo carbono, faz com que as propriedades busquem compreender melhor como suas atividades contribuem para a emissão

de GEE. Esta necessidade também está ligada à preocupação mundial em relação às mudanças de clima do planeta que têm ocorrido nas últimas décadas (BELIZÁRIO, 2013).

O desafio da cafeicultura e da agricultura brasileira como um todo é reduzir as emissões de GEE e ao mesmo tempo aumentar a produção e produtividade. Vale destacar que, durante a conferência das partes (COP -16), o Brasil confirmou o compromisso de ações voluntárias para a redução de GEE com valores entre 36,1% a 38,9% em relação às emissões brasileiras projetadas para o ano de 2020 (CNA, 2012).

Portanto, inventariar as emissões de GEE em operações mecanizáveis na cafeicultura é fundamental para compreender o perfil de suas emissões e estabelecer a gestão estratégica de boas práticas agrícolas no uso eficiente da fonte de energia de combustão móvel, reduzindo consequentemente suas emissões diretas. As empresas que vem se destacando ao longo do tempo nos mais diferentes setores apresentam como característica comum, a habilidade de medir o seu próprio desempenho e de usar a medição para promover a gestão estratégica (PELOIA, 2010).

O objetivo do presente estudo foi estimar a emissão de $\text{Kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ para as principais operações mecanizadas realizadas no manejo da cafeicultura, bem como determinar as emissões para o escoamento da produção de café.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em fazendas produtoras de café, pertencentes ao Grupo Fazenda da Onça, apresentando 1828,58 ha, sendo que 462,94 ha são ocupados pela cultura do cafeeiro, plantados no sistema adensado e mecanizado, localizadas nos municípios de Guaranésia, Guaxupé e Monte Santo de Minas, Sul de Minas Gerais (Figura 1).

O sistema adensado apresenta espaçamento predominante de 1,80 x 0,80m e o mecanizado de 3,80 x 0,60m. A mecanização ocupa 337,11 ha, correspondendo a 73% do total da área, apresentando aproximadamente dois milhões de plantas de cafeeiros, sendo que 80% da área é ocupada por lavouras de café com mais de 6 anos de idade e produção média de 11.770 sacas de café beneficiadas.

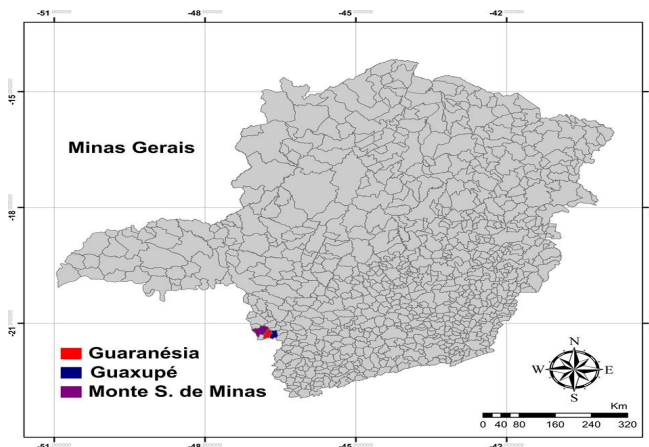


Figura 1 - Identificação geográfica grupo fazenda da Onça

A região é caracterizada por clima, segundo Koppen, tropical de altitude (Cwa). Os dados pluviométricos indicam que a região possui dois períodos bem característicos, sendo um chuvoso, outubro a março com precipitações bem distribuídas e outro seco, entre os meses de abril e setembro. A precipitação média anual está em torno de 1.500 mm, temperatura média de 18 °C e altitude média de 887 metros.

A estimativa do carbono equivalente, foi realizada considerando os GEE: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), utilizando-se como referência para o cálculo fatores de emissão da ferramenta do GHG Protocol (GHG PROTOCOL, 2013), referências da metodologia do GHG da Agricultura (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Os dados de consumo de hora máquina ha^{-1} , do presente estudo, foram coletados dos registros das operações mecanizadas, do Grupo Fazenda Onça, buscando refletir a média da capacidade de campo operacional.

Estimativa de emissão de $kg CO_2 eq ha^{-1}$ das operações mecanizáveis no plantio de café.

As emissões de $kg CO_2 eq ha^{-1}$, das operações mecanizáveis do plantio do café, foram realizadas através de um estudo de caso, no talhão, O-17, identificado como Palmeiras, de espaçamento $3,6 \times 0,7$, área total 2,15 hectares localizado na propriedade Fazenda da Onça, ano de plantio 2013.

Foi realizado o levantamento dos registros das operações mecanizadas que aconteceram na etapa de plantio, utilizando tratores específicos (Tabela 1), sendo estimado o consumo médio de $h ha^{-1}$, através da divisão das horas efetivamente trabalhadas em cada operação pela área total em hectares.

A determinação do total de L Diesel ha^{-1} e a quantificação dos $kg CO_2 eq ha^{-1}$, seguiram as mesmas etapas descritas no material e métodos utilizados para estimar a emissão de $kg CO_2 eq ha^{-1}$, das operações mecanizáveis dos tratos culturais do café

Estimativa de emissão de $kg CO_2 eq ha^{-1}$, operações mecanizáveis dos tratos culturais do café

A quantificação da emissão de $kg CO_2 eq ha^{-1}$ das aplicações de corretivos e fertilizantes, aplicações de defensivos e roçadas realizadas de forma mecanizada, foi efetuada através do levantamento dos registros das atividades que aconteceram ao longo do ano de 2012, em diferentes talhões mecanizáveis, utilizando trator específico (Tabela 1), sendo estimado o consumo médio de $h ha^{-1}$, através da divisão das horas efetivamente trabalhadas nos talhões pela sua respectiva área em hectares.

Posteriormente, foi determinado o consumo médio de combustível para cada trator, obtendo-se a quantidade gasta de L Diesel h^{-1} , através da divisão do total de litros de óleo diesel consumido, pelo total de horas trabalhadas para os anos de 2012, 2013 e 2014.

Logo após, foi realizada a multiplicação das $h ha^{-1}$, de cada atividade pelo consumo médio de L Diesel h^{-1} , do trator utilizado, obtendo-se o resultado, de L Diesel ha^{-1} , para cada operação mecanizada. Em seguida, foi realizado o fracionamento dos 95% de diesel e 5% de

biodiesel presente na quantidade L Diesel ha⁻¹ em cada operação conforme resolução ANP N° 14, de 11/05/2012 (ANP, 2012).

O cálculo da estimativa de emissão de kg CO₂ eq ha⁻¹ foi obtido a partir do somatório do potencial de aquecimento global de cada um dos gases GEE. Este cálculo foi realizado com o resultado das emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, valor obtido multiplicando-se o consumo de Diesel e biodiesel, pelos fatores de emissão apresentados na tabela 2. Este resultado foi ainda multiplicado pelo potencial aquecimento global de cada um dos gases 1, 25 e 298, respectivamente (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Tabela 1 - Tratores utilizados nas operações mecanizáveis dos tratos culturais e plantio do café

Operação Mecanizada	Trator®	Ano	Potencia ⁽¹⁾
<i>Tratos culturais</i>			
Aplicação de calcário	MF 250 X®	1995	50
Aplicação de gesso	MF 250 X®	1995	50
Aplicação de fertilizante	MF 250 X®	1995	50
Aplicação de herbicida	MF 250 X®	1995	50
Aplicação dreench	MF 250 X®	1995	50
Pulverização	MF 250 X®	1995	50
Colheita	Case A-2000®	2004	55
Varrição	John Deere®	2011	78
Recolhedoura	John Deere ®	2011	78
Roçada	MF 250 X®	1995	50
<i>Plantio</i>			
Aração	New Holand TL 70®	2000	71
Gradagem	MF 620®	1994	105
Sulcagem	New Holand TL 70®	2000	71
Aplicação de calcário	MF 250 X®	1995	50
Aplicação matéria orgânica	MF 620®	1994	105
Bater Covas	New Holand TL 70®	2000	71
Aplicação de herbicidas	MF 250 X®	1995	50

⁽¹⁾ Potencia em cv.

Tabela 2 - Parâmetros de referência para o cálculo das emissões de kg CO₂ eq

Combustível	Fatores de conversão (kg GEE unidade ⁻¹)			Fonte
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Tratores	-	-	-	
Óleo diesel	2,6810	0,00030	0,000020	GHG Protocol Agricultura, 2014
Biodiesel	2,4990	-	-	GHG Protocol Agricultura, 2014
Caminhões	-	-	-	-
Óleo diesel	2,6710	0,00030	-	GHG Protocol, 2013
Biodiesel	2,4990	-	-	GHG Protocol, 2013

Estimativa da emissão de kg CO₂ eq h⁻¹ modelos de tratores usados na cafeicultura

As emissões de kg CO₂ eq h⁻¹, de alguns modelos de tratores usados na cafeicultura, foram obtidas através do levantamento do consumo de óleo diesel e quantidade de horas máquinas, trabalhadas ao longo dos anos de 2012, 2013 e 2014, visando à produção de café, nos grupos Fazenda da Onça e Monte Alegre Cofees localizados no Sul de Minas Gerais, obtendo o consumo médio de L. Diesel h⁻¹ através da divisão dos valores de litros de diesel pelo total de horas máquina trabalhadas.

Os modelos de tratores utilizados na estimativa foram Agrale 4100 ano 2000 (15 cv), MF 250X ano 1995 (50 cv), MF 235 ano 1993 (50 cv), Yanmar YB 44TI ano 2002 (55 cv), MF 265 2 E ano 2000 (65 cv), MF 270 ano 1979 (70 cv), New Holand TL 70 ano 2000 (71 cv), Valtra BF 75 4 x4 ano 2012 (75 cv), MF 275 ano 1995 (75 cv), John Deere JD 5425 ano 2011 (78 cv), MF 620 ano 1994 (105 cv). As colhedeiças utilizadas na estimativa foram Case A 2000 ano 2004 (55 cv) e Korvan ano 2004 (70 cv).

O fracionamento da % biodiesel presente no diesel consumido em uma hora de trabalho, bem como a determinação do valor de kg CO₂ eq h⁻¹, seguiram as mesmas etapas descritas no material e métodos utilizados para determinar a emissão de kg CO₂ eq ha⁻¹, das operações mecanizáveis dos tratos culturais do café.

Estimativa da emissão de kg CO₂ eq do escoamento da produção de café

Para quantificar as emissões de kg CO₂ eq referente ao transporte de café em caminhões, foi realizado um estudo de caso específico, considerando duas etapas de transporte.

Na primeira etapa, foi considerado o transporte de café da propriedade fazenda da Onça em Guaranésia - MG até o armazém em Guaxupé - MG utilizando o caminhão Mercedes-Benz L-1214, Ano 1995, transportando 9000 kg de café a granel onde foi determinado o rendimento de km L. Diesel⁻¹, sendo que os dados foram fornecidos pela propriedade Fazenda da Onça.

Na segunda etapa, foi considerado o transporte de café do Armazém em Guaxupé - MG até o Porto de Santo - SP, utilizando o caminhão Iveco Stralis HD 450S 4 x 2, Ano 2006, transportando container de 20 pés, com 21.600 kg a granel, onde foi determinado o rendimento de km L. Diesel⁻¹ sendo que os dados foram fornecidos pela empresa Cooxupé, através de coleta junto a Covre Transportes e Logística.

Posteriormente, foi determinada a distância em km, das duas etapas, sendo encontrado o valor de 22 km, para o transporte de café da propriedade fazenda da Onça em Guaranésia - MG, até o armazém em Guaxupé - MG e 388 km para o transporte de café transporte de café do Armazém em Guaxupé - MG até o Porto de Santo - SP.

Com as distâncias definidas, foi calculado o consumo de combustível do transporte e estimada a emissão de CO₂, CH₄ e N₂O, fazendo o fracionamento da % do biodiesel presente no diesel ANP (2012) e multiplicando os valores encontrados pelos fatores de emissão descritos na tabela 1 e pelo potencial de aquecimento global de cada um dos gases 1, 25 e 298 respectivamente.

Avaliação estatística

No presente estudo foi realizada a estatística descritiva em que foram contabilizadas as fontes emissoras de GEE, sendo que todos os valores de emissão foram convertidos em carbono equivalente (GHG PROTOCOL, 2013; GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014; IPCC, 2006).

Os dados da estimativa da emissão de kg CO₂ eq h⁻¹ dos modelos de tratores usados na cafeicultura foram submetidos à análise de variância, por meio do teste F. Nos casos em que o valor do teste F foi significativo, foram realizados testes de comparação de médias (Tukey ao

nível de 5% de probabilidade). Para tanto, empregou-se o software estatístico computacional “SISVAR” (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativa da emissão de kg CO₂ eq ha⁻¹ das operações mecanizáveis do plantio do café

As emissões de gases de efeito estufa em atividades ou operações que consomem combustíveis e são originadas ou controladas pela propriedade, são consideradas como emissões diretas (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014). A operação de aração da etapa plantio foi a que mais contribuiu para as emissões diretas com 77,51 kg CO₂ eq ha⁻¹, representando 31,95% da etapa, seguido pela aplicação de matéria orgânica 23,50%, bater covas 18,46%, gradagem 12,57%, sulcagem 8,65%, aplicação de herbicida 2,96% e aplicação de calcário 1,89% respectivamente.

O rendimento de h há⁻¹, para a operação de aração do presente trabalho pode ser considerado alto, sendo necessário destacar que este resultado pode estar relacionado à dificuldade de aração, presença de restos de culturas como raízes da lavoura anteriormente instalada que dificulta a realização da operação.

Tabela 3 - Emissão de kg CO₂ eq ha⁻¹, das principais operações mecanizáveis do plantio do café.

Operação Mecanizada	Trator Cv	Consumo Médio		kg CO ₂ eq ha ⁻¹	fr% ⁽⁴⁾
		h ha ⁻¹	L Diesel ha ⁻¹		
Aração ⁽¹⁾	71	7,72	28,87	77,51	31,95
Gradagem ⁽²⁾	105	1,39	11,36	30,50	12,57
Sulcagem ⁽¹⁾	71	2,09	7,82	20,99	8,65
Aplicação de calcário ⁽³⁾	50	0,74	1,71	4,59	1,89
Aplicação de M. Orgânica. ⁽²⁾	105	2,6	21,24	57,02	23,50
Bater covas ⁽¹⁾	71	4,46	16,68	44,78	18,46
Aplicação de herbicida ⁽³⁾	50	1,16	2,68	7,19	2,96
Total			90,36	242,58	100%

⁽¹⁾ Consumo médio de 3,74 L Diesel h⁻¹, ⁽²⁾ Consumo médio de 8,17 L Diesel h⁻¹, ⁽³⁾ Consumo médio de 2,31 L Diesel h⁻¹, ⁽⁴⁾ Frequência relativa percentual.

Considerando que foram plantadas 8515 mudas de café ha^{-1} , na área objeto do presente estudo e que foram emitidos 242,58 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$, nas operações mecanizadas do plantio, os resultados demonstram a emissão de 0,028 $\text{kg CO}_2 \text{ eq planta}^{-1}$.

Souza, (2013) realizando trabalho de inventário dos gases de efeito estufa associado ao manejo da cana-de-açúcar na localidade de Barretos-SP, cita que na etapa do plantio foram gastos 166,72 L Diesel ha^{-1} , correspondendo a uma emissão de 661,67 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ de acordo com os fatores de emissões utilizados. No presente estudo realizado na cultura do café, os resultados demonstram que foram gastos 90,36 L Diesel ha^{-1} , estimando uma emissão de 242,58 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ através da utilização dos fatores de emissão descritos na metodologia GHG Protocol Agricultura, 2014.

As emissões de $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$, na etapa de plantio, tiveram maior contribuição para a cultura do café, em comparação às demais emissões das operações mecanizadas realizadas nos tratos culturais anuais. As emissões na etapa de plantio representaram 52,13% do total obtido, considerando a somatória das operações realizadas nos tratos culturais anuais e plantio. Esta maior contribuição pode estar relacionada à velocidade inferior que as operações são realizadas nesta etapa e conseqüentemente um maior consumo L Diesel ha^{-1} , e uso de implementos que necessitam de maior potência para a realização das atividades e conseqüentemente o maior consumo de L Diesel ha^{-1} . Cabe considerar que a cultura do café é perene e, portanto as operações de plantio não ocorrem com alta frequência.

Estimativa da emissão de $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ das operações mecanizáveis dos tratos culturais do café

Foram emitidos diretamente 222,68 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$, nas operações mecanizáveis dos tratos culturais anuais do café (Tabela 4). As operações realizadas na colheita se posicionaram como sendo as maiores fontes de emissão de GEE dos tratos culturais mecanizáveis, contribuindo com 124,3 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ que representaram 55,82% das emissões, quando comparado as operações de aplicação de corretivos e fertilizantes 11,85 %, aplicação de defensivos agrícolas 22,97 % e controle de plantas daninhas através de roçadas 9,35 %.

Tabela 4 - Emissão de kg CO₂ eq ha⁻¹, das principais operações mecanizáveis dos tratos culturais do café.

Operação Mecanizada	Trator Cv	Consumo Médio		kg CO ₂ eq ha ⁻¹	fr% ⁽⁷⁾
		h ha ⁻¹	L Diesel ha ⁻¹		
<i>Corretivos e Fertilidade</i>	-	-	-	-	-
Aplicação Calcário ⁽¹⁾	50	1,10	2,54	6,82	3,06
Aplicação de Gesso ⁽¹⁾	50	0,64	1,48	3,97	1,78
Aplicação de Fertilizantes ⁽¹⁾	50	0,84	5,82 ⁽⁴⁾	15,62 ⁽⁴⁾	7,01
<i>Sub – Total</i>	-	2,58	9,84	26,41	11,85
<i>Aplicação de Defensivos</i>	-	-	-	-	-
Aplicação de Herbicidas ⁽¹⁾	50	1,20	5,54 ⁽⁵⁾	14,87 ⁽⁵⁾	6,68
Aplicação Drench ⁽¹⁾	50	1,29	2,98	8,00	3,59
Pulverização ⁽¹⁾	50	1,14	10,53 ⁽⁶⁾	28,27 ⁽⁶⁾	12,70
<i>Sub – Total</i>	-	3,63	19,05	51,14	22,97
<i>Colheita Mecanizada</i>	-	-	-	-	-
Colheita ⁽²⁾	55	3,35	19,33	51,89	23,30
Varrição ⁽³⁾	78	3,25	11,08	29,75	13,36
Recolhedoura ⁽³⁾	78	4,66	15,89	42,66	19,16
<i>Sub – Total</i>	-	11,26	46,30	124,3	55,82
<i>Outras Operações</i>	-	-	-	-	-
Roçada ⁽¹⁾	50	1,68	7,76 ⁽⁵⁾	20,83 ⁽⁵⁾	9,35
<i>Sub – Total</i>	-	1,68	7,76	20,83	9,35
Total		19,15	82,95	222,68	100%

⁽¹⁾ Consumo médio de 2,31 L Diesel h⁻¹, ⁽²⁾ Consumo médio de 5,77 L Diesel h⁻¹, ⁽³⁾ Consumo médio de 3,41 L Diesel h⁻¹, ⁽⁴⁾ Valor total considerando a realização de 3 aplicações de fertilizantes, ⁽⁵⁾ Valor total considerando a realização de 2 aplicações de herbicidas no controle de ervas daninhas e 2 roçada. ⁽⁶⁾ Valor total considerando a realização de 4 pulverizações, ⁽⁷⁾ Frequência relativa percentual.

A utilização da colhedeira automotriz contribuiu com 51,89 kg CO₂ eq ha⁻¹, representando 41,74% das emissões na etapa de colheita mecanizada e 23,30 % do total emitido em todas as outras operações dos tratos culturais. Claros (2010) realizando trabalho sobre a emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol, afirma que a segunda maior fonte de emissão de gases ocorre pelo uso de combustíveis fósseis, com maior proporção para as operações de colheita mecanizada, carregamento e transporte da cana-de-açúcar. Neste mesmo trabalho, Claros (2010) relatou que as emissões decorrentes da etapa de colheita, carregamento e transporte de cana de açúcar foi de 219,93 kg CO₂ eq ha⁻¹ ano.

No presente estudo as operações de aplicação de defensivos agrícolas se posicionaram como sendo a segunda maior fonte de emissões kg CO₂ eq ha⁻¹, decorrentes dos tratos culturais do café, contribuindo com **22,97 %** do total emitido (Tabela 3). Entretanto, vale

considerar que o deslocamento até o local de abastecimento de água para o preparo da calda, bem como a vazão de trabalho utilizada, pode aumentar ou diminuir a eficiência operacional de campo, contribuindo assim diretamente para o aumento ou diminuição das emissões de CO_2 eq ha^{-1} .

Estimativa da emissão média de kg CO_2 eq h^{-1} , de alguns modelos de tratores/colhedoiras usados na cafeicultura

O consumo do diesel e a emissão de CO_2 eq possuem relação direta entre si, uma vez que a emissão de CO_2 é estimada em função do consumo de diesel. Entretanto, vale destacar que o trator de potência de 105 cv, apresentou emissões de 21,94 Kg CO_2 eq h^{-1} (s 2,12) sendo a maior fonte de emissão de CO_2 eq. Por sua vez, o trator 15 cv, demonstrou a menor emissão de CO_2 eq, com 2,9 Kg CO_2 eq h^{-1} (s 0,73). Os resultados demonstram que estatisticamente as emissões dos tratores de 50, 55, 65 cv não possuem diferenças significativas, bem como os tratores 55, 65, 70, 71, 75 e 78 cv, figura 1.

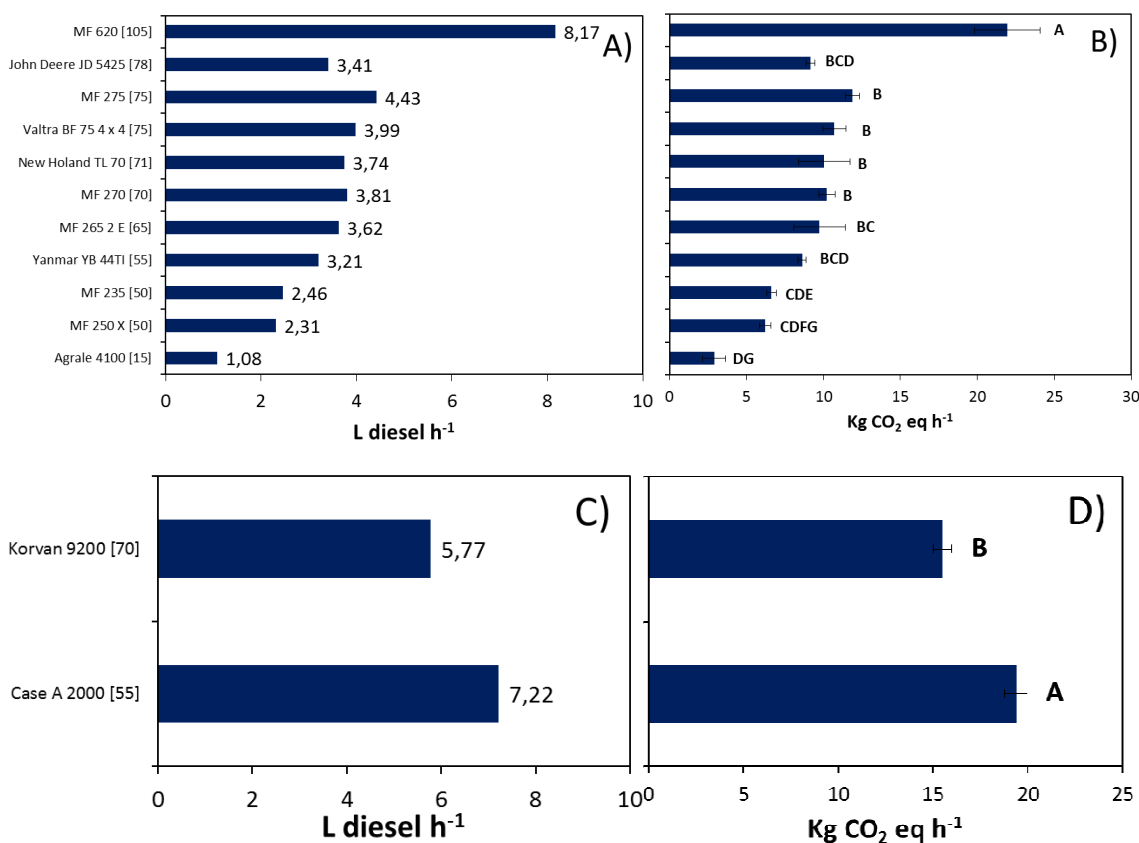


Figura 2 - Consumo de diesel (L h^{-1}) e emissão de kg CO_2 eq h^{-1} dos tratores (A e B) e colhedouras (B e D). Legenda: Barra de erro = desvio padrão; []= Potência (cv). Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na realização da colheita do café, a emissão de 15,49 Kg CO₂ eq h⁻¹ da colhedeira 55 cv, foi menos significativa em comparação à colhedeira de 70 cv, que emitiu 19,38 Kg CO₂ eq h⁻¹. É evidente que quanto maior a eficiência no desempenho L Diesel h⁻¹ do trator colhedeira menor será a contribuição do mesmo para a emissão de CO₂ eq. Neste sentido, a capacidade e desempenho de um equipamento na realização de uma atividade, afeta diretamente as decisões sobre seu gerenciamento (TAYLOR; SCHROCK; STAGGENBORG, 2002).

Vale destacar que os valores médios de consumo L Diesel h⁻¹, que deram origem aos resultados de Kg CO₂ eq h⁻¹, para os modelos de tratores e colhedeira do presente estudo referem-se à capacidade de campo efetiva que se diferencia da capacidade de campo teórica. Vários fatores podem influenciar na eficiência de campo de uma máquina agrícola, como por exemplo, o método de operação, manobras, comprimento das ruas, topografia, porte da planta, uso de velocidades diferentes das consideradas adequadas aos equipamentos, deslocamentos internos, condições da cultura, dentre outras (SILVEIRA; YANAI; KURACHI, 2006).

A redução da emissão de gases de efeito estufa na mecanização está diretamente ligada à gestão eficiente das operações mecanizáveis que consiste em otimizar a eficiência dos processos de produção agrícola e consequentemente reduzir custos. Neste sentido, inventariar as emissões de GEE para as atividades agrícolas é uma importante ferramenta de gerenciamento e controle dos sistemas de produção para mitigar as emissões. Vale ressaltar que as ações diretas que reduzem as emissões do CO₂ eq estão integradas às condições locais variando em função de cada região (SMITH et al., 2007).

Portanto, considerando as operações mecanizadas da etapa plantio e as operações realizadas nos tratos culturais anuais como aplicação de corretivos e fertilizantes, aplicação de defensivos, realização de roçadas e colheita mecanizada do café, com a queima do combustível óleo diesel, ocorrerá a emissão média de 465,26 kg CO₂ eq ha⁻¹.

Estimativa da emissão de CO₂ eq para escoamento da produção do café

As emissões decorrentes do transporte de café beneficiado da fazenda ao armazém e do mesmo ao porto são consideradas emissões indiretas, que ocorrem em fontes que não pertencem e nem são controladas pela propriedade cafeeira, entretanto elas existem em função da atividade de produção do café (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Tabela 5 - Estimativa da emissão de CO₂ eq do transporte de café em caminhões

Descrição	Carga ⁽¹⁾	Rendimento ⁽²⁾ km L diesel ⁻¹	Emissão média		
			kg CO ₂ eq km ⁻¹	kg CO ₂ eq total ⁽³⁾	kg CO ₂ eq kg café ⁽⁻¹⁾
Fazenda -armazém ⁽⁴⁾	9000	3,52	0,76	33,44 ⁽⁶⁾	0,0037
Armazém- porto ⁽⁵⁾	21.600	2,70	0,99	768,24 ⁽⁶⁾	0,0356
Total				801,68	0,0393

⁽¹⁾Carga em Kg de café beneficiado ⁽²⁾ Rendimento médio de Km rodados com um litro de diesel, ⁽³⁾ Emissão de CO₂ eq para o total de Km do percurso, ⁽⁴⁾ Fazenda Onça Guaranésia (MG) ao armazém em Guaxupé (MG). ⁽⁵⁾ Guaxupé (MG) ao Porto de Santos (SP). ⁽⁶⁾ Considerando ida e volta do transporte.

No presente estudo, as emissões decorrentes das etapas de transporte da fazenda ao armazém ; armazém ao porto para escoamento da produção de café totalizaram 801,68 kg CO₂ eq, sendo que em função da distância bem como do rendimento do caminhão em km por litro de diesel, o transporte do armazém (Guaxupé - MG) ao porto (Santos - SP), foi a fonte de emissão com maior contribuição representando 95,83% do total.

Os resultados kg CO₂ eq km ⁻¹, também revelam que quanto maior for o rendimento de km L diesel ⁻¹ do caminhão utilizado no transporte do café, menor será a representatividade desta etapa nas emissões totais. O relatório síntese brasileiro, divulgado do balanço energético nacional 2015, apontou que no ano de 2014, a maior parte da emissão de carbono equivalente do total de emissões antrópicas associadas à matriz energética foi gerada pelo setor de transporte (BRASIL, 2015).

Os resultados demonstram que o bom gerenciamento logístico do transporte rodoviário pode agir de forma positiva para reduzir as emissões de CO₂ eq km ⁻¹, e consequentemente a redução dos custos e economia no transporte.

CONCLUSÕES

Para a realização do plantio, tratos culturais anuais e colheita na cultura do cafeeiro de forma mecanizada foram emitidos 465,26 kg CO₂ eq ha⁻¹. O plantio de cafeeiro emitiu 242,58 kg CO₂ eq ha⁻¹, sendo responsáveis por 52,14% das emissões totais.

As operações realizadas de colheita mecanizada emitiram 124,3 kg CO₂ eq ha⁻¹ sendo consideradas as maiores emissões de GEE durante a realização dos tratos culturais, acompanhadas pelas aplicações de defensivos e aplicação de corretivos e fertilizantes respectivamente. O trator de maior potência (105 cv), consome mais combustível e consequentemente emite mais kg CO₂ eq h⁻¹ quando comparado aos de menor potência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Resolução nº 14, de 11 de maio de 2012.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 maio. 2012.

BELIZÁRIO, M. **Estoque de carbono no solo e fluxo de gases de efeito estufa no cultivo de café** 2013. 143p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

BORDONAL, R.O.; FIGUEIREDO, E.B.; LA SCALA N.; Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to Green harvest, considering other conservationist management practices. **Global Change Biology. Bioenergy**, Oxford, n. 4, p. 846-858, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional.** Rio de Janeiro, 2015. 62 p.

CERRI, C.E.P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.64, n.1, p.83-99, jan.2007.

CLAROS GARCIA, J. C. ; VON SPERLING, E. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.15, n.3, p. 217-222, set.2010.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Guia de financiamento para a agricultura de baixo carbono** CNA. 2012 Disponível em: <<http://www.faemg.org.br/Content.aspx?Code=3526&Portal=2&ParentCode=53&ParentPath=None&ContentVersion=R>> . Acesso em 02 maio 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café.** Brasília, 2014. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_16_08_47_43_boletim_setembro_2014.pdf>. Acesso em 04 out.2014.

CUNHA, J. P. **Análise Técnica e Econômica da Mecanização da Cafeicultura** 2015. 103p. Tese (Doutorado em Máquinas e Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, nov.2011.

GHG PROTOCOL. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP; WRI. **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa.** Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. 2ª ed. 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima/inventario-de-gee-empresendimentos/385-inventarios-corporativos>>. Acesso em: 05 maio 2013.

GHG PROTOCOL DA AGRICULTURA. **Metodologia GHG protocol para Agricultura.** São Paulo: Unicamp; WRI Brasil, 2014. Greenhouse Gas Protocol. Disponível em: <www.ghgprotocol.org/Agriculture-Guidance/Visão-Geral%3A-Projeto-Brasil-Agropecuária>. Acesso em: 07 jul. 2014.

MERCANTE, E. et al. Praprag - software para planejamento racional de máquinas agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.322-333, abr.2010.

PELOIA, P. R.; MILAN, Marcos. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 681-691, ago.2010.

SILVEIRA, G. M.da. ;YANAI, K.; KURACHI, S.A.H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 220-224, mar. 2006.

SMITH, P. et al. Agriculture. In: Metz, B. (Ed.). **Climate chance 2007**: mitigation of climate change, contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 497-540

SOUZA, Willians Luiz Bueno de. **Inventário dos gases de efeito estufa associado ao manejo da cana-de-açúcar na localidade de Barretos-SP**, Brasil. 2013. 49 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2013.

TAYLOR, R. K.; SCHROCK, M.D.; STAGGENBORG, S.A. **Extracting machinery management information from GPS data**. Saint Joseph: ASAE 2002.