

## SEQUESTRO DE CARBONO EM CULTIVOS DE *Coffea spp.* COMO ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Lima Deleon Martins<sup>1</sup>; Fernando Coelho Eugenio<sup>2</sup>; Moisés Savedra Omêna<sup>3</sup>; Wagner Nunes Rodrigues<sup>4</sup>; Sebastião Vinicius Batista Brinate<sup>5</sup>; Tafarel Victor Colodetti<sup>6</sup>; Daniel Soares Ferreira<sup>7</sup>; Adan Dezan Côgo<sup>8</sup>; Marcio Antonio Apostolico<sup>9</sup>; José Francisco Teixeira do Amaral<sup>10</sup>; Waldir Cintra de Jesus Júnior<sup>11</sup>; José Cochicho Ramalho<sup>12</sup>; Alexandre Rosa dos Santos<sup>13</sup>; Marcelo Antonio Tomaz<sup>14</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Doutorando em Produção Vegetal, deleon\_lima@hotmail.com

<sup>2</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Doutorando em Ciência Florestal, coelho.fernando@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Campus Serra-UFES, Mestre em Produção Vegetal, moisesomena@gmail.com

<sup>4</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Doutor em Produção Vegetal, wagnernunes86@hotmail.com

<sup>5</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Doutorando em Produção Vegetal, brinatesvb@gmail.com

<sup>6</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Mestrando em Produção Vegetal, tafarecolodetti@hotmail.com

<sup>7</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Iniciação científica, danielufes@live.com

<sup>8</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Iniciação científica, adancogo@gmail.com

<sup>9</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Iniciação científica, marcioapostolico84@yahoo.com.br

<sup>10</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Professor Adjunto, jfamaral@cca.ufes.br

<sup>11</sup>Centro de Ciências Naturais-UFSCar, Professor Adjunto, wcintra@yahoo.com

<sup>12</sup>Instituto Investigação Científica Tropical, Portugal/Doutor em Fisiologia e Bioquímica, cochichor@mail.telepac.pt

<sup>13</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Professor Adjunto, mundogeomatica@yahoo.com.br

<sup>14</sup>Centro de Ciências Agrárias-UFES, Professor Adjunto, tomaz@cca.ufes.br

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estimar o sequestro de carbono em sistemas de produção de café, como estratégia para mitigar as alterações climáticas. Espacializou-se a área plantada com cafeeiros (ha), o estoque de carbono, a pegada de carbono e sequestro de carbono (todos em Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> equivalente) para as quatro regiões de cultivo (Sul, Centro, Noroeste e Norte) no Estado do Espírito Santo, Brasil, entre os anos 2001 a 2012. Os resultados indicam que a região Noroeste possui um elevado potencial de sequestro de carbono, devido principalmente pela larga área plantada com *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner cv. Conilon. Durante os anos analisados foram sequestrados aproximadamente 9.147.646,22 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>-eq, sendo em média proximamente 762.303,85 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>-eq por ano, o que representa uma mitigação de cerca de 0,19% da pegada de carbono emitida pelo Brasil anualmente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Café, Estoque de carbono, Mudança climática, Pegada de carbono.

## CARBON SEQUESTRATION IN *Coffea spp.* CULTIVATION AS A MITIGATION STRATEGY FOR CLIMATIC CHANGES

**ABSTRACT:** This study aims at analyzing how the carbon sequestration in coffee production systems could contribute to mitigate climate change, using the coffee cultivation in the state of Espírito Santo, Brazil as a case study. It was spatialized the coffee planted area (ha), the carbon stock, the carbon footprint and carbon sequestration (all in Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> equivalent) for the four growing regions (South, Central, North and Northeast) in the Espírito Santo State, Brazil, from 2001 to 2012. The results indicate that the Northeast region has a high carbon sequestration potential, mainly due to extensive planted area with *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner cv. Conilon. For the analyzed years carbon sequestration reached approximately 9,147,64.22 Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-eq, averaging 762,303.85 Mg ha<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub>-eq per year, representing ca. 0.19% of the annual Brazilian carbon footprint emission.

**KEYWORDS:** Carbon stocks, Carbon footprint, Climate change, Coffee.

### INTRODUÇÃO

Recente estudo global indica que América do Sul, assim como outras regiões do mundo na mesma latitude, poderão enfrentar perdas graves de área adequada para o cultivo do café no futuro, devido, entre outros fatores, ao aumento das temperaturas médias do ar e variabilidade das temperaturas intra-sazonais (IPCC 2013; Bunn et al., 2015).

Entre as potenciais estratégias de mitigação e adaptação à vulnerabilidade climática em áreas produtoras de café, as ações que visam o aumento do sequestro de carbono ou redução da pegada de carbono do café merecem uma especial atenção. Esta constatação é justificada, (i) pois apesar do cultivo dos cafeeiros sofrerem os efeitos das alterações climáticas, no passado recente também houve uma elevada contribuição para as emissões de gases com efeito de estufa a partir de mudanças no uso da terra (Humbert et al., 2009; Tchibo, 2008; Rikxoort et al., 2014); (ii) porque os estoques de carbono da biomassa viva não estão incluídos na pegada de carbono do produto, que só considera fluxos de carbono

entre o sistema e seu ambiente (Humbert et al., 2009; Tchibo, 2008); paralelamente, (iii) as estratégias potenciais de mitigação e adaptação à vulnerabilidade climática em áreas produtoras de café convergiram esforços para incremento do sequestro do carbono e diminuição da pegada de carbono do produto.

Existem poucos relatos sobre esta estratégia na cafeicultura, sendo a maioria descritos para a América Central em condições específicas de cultivo (Hergoualch et al., 2012; Soto-Pinto et al., 2010), ressaltando que a maioria dos estudos foram realizados em regiões entre 0° a 30° de latitude Norte. No Brasil, o Estado do Espírito Santo se destaca como maior produtor de café Conilon (*Coffea canephora*) e segundo maior produtor de café. Desta forma, quaisquer modificações previstas (Bunn et al., 2015) causará grande impacto socio-econômico local e nacional.

Este trabalho tem como objetivo estimar o sequestro de carbono em sistemas de produção de café no período de 2001 a 2012, no Estado do Espírito Santo, como estratégia para mitigar as mudanças climáticas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Estado do Espírito Santo (46.184,1 km<sup>2</sup>), localizado entre os meridianos 39°38' e 41°50' de longitude oeste e os paralelos 17°52' e 21°19' de latitude Sul. A estratificação geográfica da área plantada com cafeeiros (ha) foi realizada com base em dados de 2001 a 2012 (IBGE, 2012). Os estoques de carbono (Mg ha<sup>-1</sup>) das áreas de cultivo de café foram calculados com base no coeficiente médio determinado para cafeeiros em monoculturas de 10,5 kg de CO<sub>2</sub>-equivalente kg<sup>-1</sup>. Para o cálculo da pegada de carbono (Mg ha<sup>-1</sup>) foi utilizado o coeficiente médio de 9,0 kg de CO<sub>2</sub>-equivalente kg<sup>-1</sup> (Rikxoor et al., 2014). O sequestro de carbono das áreas de cultivos de cafeeiros foi calculado pela diferença entre os estoques de carbono e emissões de carbono (Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-eq). Para os cálculos foram considerados 12 anos consecutivos de cultivo, pois é o período de acúmulo máximo de carbono em plantas de café (Rodrigues et al., 2000). Os dados de área plantada com cafeeiro, estoques de carbono, pegada de carbono e sequestro de carbono foram agrupados por regiões (Sul, Centro, Nordeste e Norte) e analisados estatisticamente para a verificação de normalidade (Kolmogorov-Smirnov, p>0,05) através do programa Genes (Cruz, 2013) e espacializados com o programa ArcGIS (versão 10.2, ESRITM).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas indicam que durante doze anos consecutivos nas áreas plantadas com cafeeiros dos tipos Arábica (*C. arabica* L.) e Robusta (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner) foram sequestrados aproximadamente 9.147.646,22 Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-eq, com média anual de 762.303,85 Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-eq, o que mitigou cerca de 0,19% da pegada de carbono emitida pelo Brasil (Tabela 1). Foi possível observar que a região Noroeste do Espírito Santo apresentou o maior potencial de fixação de carbono por plantas de café (Tabela 1). Isto pode ser justificado pelo fato desta região estar acima de 300 metros de altitude em relação ao nível do mar, o que eleva o grau de aptidão para o cultivo de *C. arabica*, visto que naturalmente é uma região de cultivo de *C. canephora*, havendo uma maximização do potencial de uso da terra e, consequentemente, maior fixação de carbono pelas plantas de café.

Tabela 1 – Valores médios estimados de carbono (fixado, emitido e sequestrado) expressos em Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-equivalente, para monocultura de café dos tipos Arábica (*C. arabica*) e Robusta (*C. canephora*) no Estado do Espírito Santo, durante 12 anos de cultivo (2001 a 2012).

Região do Estado do Espírito Santo	Fixado	Emitido	Sequestro
Sul	16.405.463,67	14.061.826,74	2.343.637,99
Central	14.040.860,55	12.035.023,96	2.005.837,33
Norte	13.377.082,59	11.466.071,40	1.911.011,90
Noroeste	20.210.113,34	17.322.955,20	2.887.159,20
Total	64.033.520,16	54.885.877,29	9.147.646,22

A estimativa da distribuição espacial do sequestro de carbono (Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-eq) em monocultura de plantas de café (*C. arabica* e *C. canephora*) revelou que a região Sul apresentou maiores estoques de carbono durante os anos de 2005 e 2006; para a região Central e Norte os anos de maiores sequestros de carbono foram os anos 2005, 2006 e 2007 e para a região Noroeste os anos de 2004 e 2005 (Figura 1). Esta constatação pode ser explicada, em parte, pelo fato do início da década de 2000 (entre 2000 e 2004), ter sido marcado por um extenso trabalho de adoção de novas tecnologias na cafeicultura do Estado do Espírito Santo, principalmente pelo lançamento e recomendação de novas cultivares de café Robusta (principalmente novos clones de Conilon) e Arábica, o que possivelmente aumentou a área plantada e, consequentemente, a fixação de carbono.

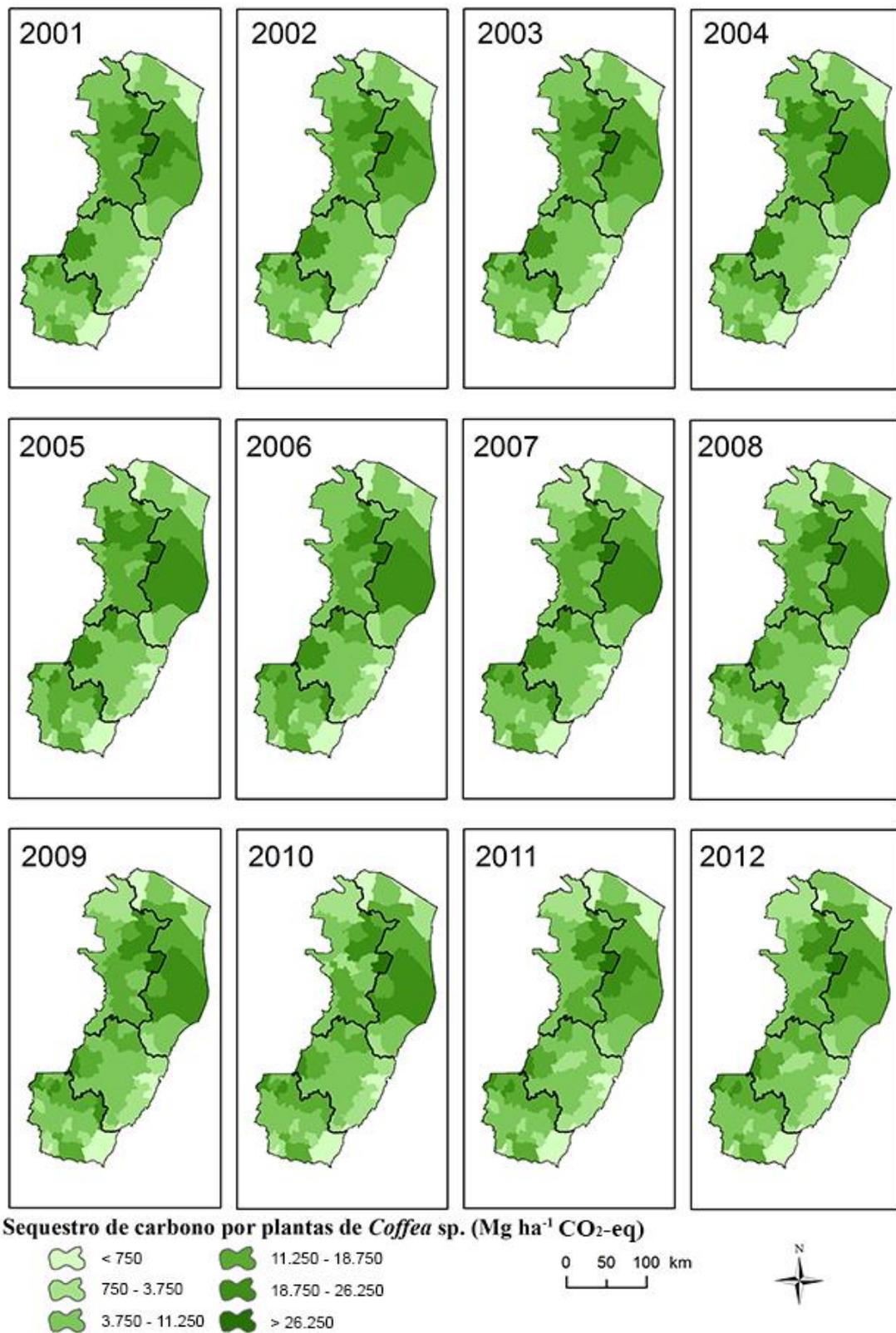


Figura 1 - Distribuição espacial do sequestro de carbono (Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-eq) em monocultura de café dos tipos Arábica (*C. arabica*) e Robusta (*C. canephora*) nas regiões Sul, Centro, Norte e Noroeste do Estado do Espírito Santo, durante 12 anos de cultivo (2001-2012).

Hergoualch et al. (2012) relataram estoques de carbono de 14,1 Mg ha<sup>-1</sup> de café a pleno sol (acima e abaixo do solo) e 32,4 Mg ha<sup>-1</sup> em café sombreado com Inga (*Inga vera* subsp. *affinis*) na Costa Rica. Ademais, Soto-Pinto et al. (2010) estimaram estoques de carbono abaixo de 46,3 Mg ha<sup>-1</sup> em um sistema de café sombreado com Inga e 39,4 Mg ha<sup>-1</sup> em um sistema de cultivo de café sombreado com diversas árvores. Globalmente, estes resultados revelam que, para além do potencial do cafeeiro no sequestro do carbono atmosférico, a adoção de cultivos consorciados, em que se preconiza a manutenção do carbono no sistema e a diminuição no uso de insumos capazes de elevar a pegada de carbono do café, configuram uma sinergia ideal para elevar o sequestro de carbono em cafeeiros.

## CONCLUSÕES

A Região Noroeste do Estado do Espírito Santo possui elevado potencial de sequestro de carbono. No decorrer de 2001 a 2012 foram sequestrados aproximadamente 9.147.646,22 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>-eq, sendo em média proximamente 762.303,85 Mg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>-eq por ano o que mitigou cerca de 0,19% da pegada de carbono emitida pelo Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUNN C, LÄDERACH P, RIVERA OO, KIRSCHKE D (2015) A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, v. 129(1-2): 89-101.
- CRUZ CD (2013) GENES - software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Sci Agron* 35:271-276.
- HERGOUALCH K, BLANCHART E, SKIBA U, HÉNAULT C, HARMAND JM (2012) Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. *Agric Ecosyst Environ* 148:102–110.
- HUMBERT S, LOERINCIK Y, ROSSI V, MARGNI M, JOLLIET O (2009) Life cycle assessment of spray dried soluble coffee and comparison with alternatives (drip filter and capsule espresso). *J Clean Prod* 17: 1351–1358.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2012) Perfil dos Municípios Brasileiros – 2012. Available:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2012/>.
- IPCC (2013) *Climate change 2013: Regional Aspects - Central and South American*. Geneva: IPCC, p. 102.
- RIKXOORT HV, SCHROTH G, LÄDERACH P, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ B (2014) Carbon footprints and carbon stocks reveal climate-friendly coffee production. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 887– 897.
- RODRIGUES VGS, CASTILLA C, COSTA RC, PALM C (2000) Estoque de carbono em sistema agroflorestal com café em Rondônia – Brasil. In: simpósio de pesquisa dos cafés do brasil, 1º, 2000, Poços de Caldas.
- SOTO-PINTO L, ANZUETO M, MENDOZA J, FERRER GJ, DE JONG B (2010) Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. *Agrofor Syst* 78:39–51.
- TCHIBO (2008) Case Study Tchibo Privat Kaffee Rarity Machare. PCF Pilot Project Germany. Öko-Institut e.V, Berlin.