

A GESTÃO DE CUSTOS E A RECUPERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO COMO ESTRATÉGIA DE COMPETITIVIDADE EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ

Palavras-Chave: SUSTENTABILIDADE DO CAFÉ, PRODUTIVIDADE, VIABILIDADE ECONÔMICA

Autores:

JEAN EDUARDO SIGNORETI, FEAGRI - UNICAMP

Prof. Dr. MARCO TÚLIO OSPINA PATINO (orientador), FEAGRI - UNICAMP

RESUMO

Dada a importância do café arábica para o estado de São Paulo, as exigências do mercado em relação à sustentabilidade e os ganhos com o sequestro de carbono da atmosfera, este estudo busca analisar estratégias de competitividade para a produção de café no estado, baseadas na comercialização de créditos de descarbonização, com foco na gestão de custos e viabilidade econômica de dois sistemas de produção agrícola: o agroflorestal (SAF) e o convencional. Uma análise de sensibilidade de cenário para cada sistema é aplicada para examinar como as variações nos diferentes parâmetros do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) afetam o indicador econômico. E uma análise de regressão múltipla é utilizada para entender a dinâmica da produção de café e definir quais fatores climáticos e produtivos afetam o custo total da produção, a produtividade e a quantidade produzida. Com base nos resultados obtidos, a adoção do sistema agroflorestal se mostrou mais vantajosa ao produtor cafeeiro do ponto de vista ambiental e econômico. Considerando a permanência de um sistema convencional, é elaborado estratégias para elevar o Valor Presente Líquido (VPL) tornando-o viável em mais cenários de preço e custo, com a adoção do chamado Mercado a Termos ou com a redução de 10% nas despesas com fertilizantes.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de práticas sustentáveis na agricultura pode mitigar os malefícios gerados pelas mudanças climáticas, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2022). Nesse contexto, a fixação de carbono em biomassas com práticas agrícolas adequadas aparece como uma ação compensatória, fornecendo, inclusive, a oportunidade de comercialização de compensações pelo produtor rural (ZARO *et al.*, 2019). Considerando esse fato, os produtores de café do estado de São Paulo podem realizar ações que sejam favoráveis ao sequestro de carbono, dando-lhes a oportunidade de comercializar este ativo.

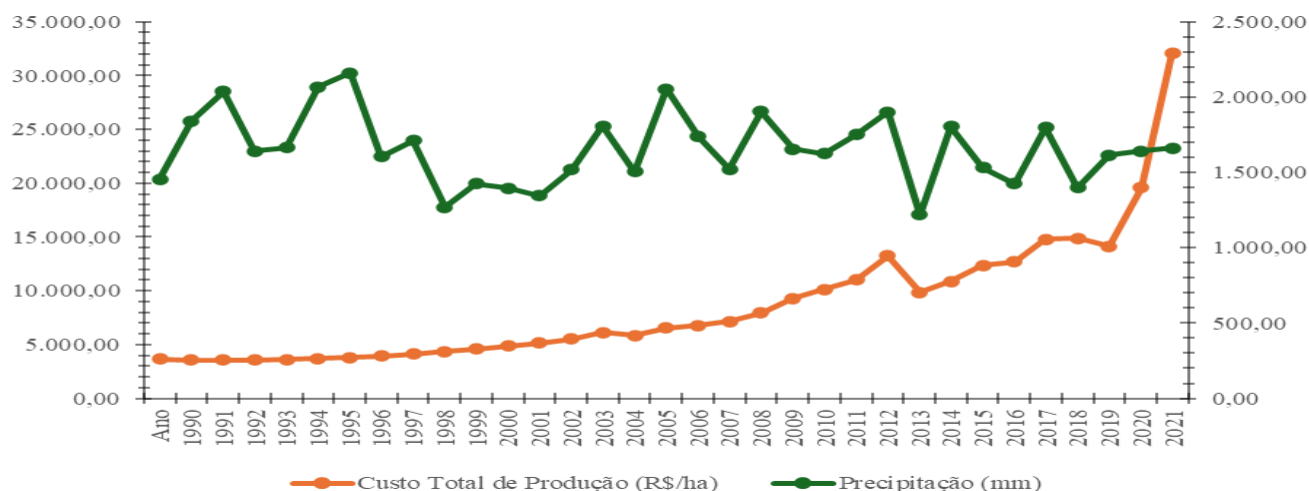
A atenção das empresas sobre o posicionamento no mercado e acordos ambientais recentes, revelam que o comércio de créditos de descarbonização permaneceu relevantes no Brasil nos próximos anos (SILVA *et al.*, 2023). Além disso, a comercialização do grão de café depende do sistema de produção adotado, que influencia diretamente na qualidade do produto e na forma como o mercado o recebe (PASETO, 2018). Com isso, a busca por mensurar a influência dos créditos de descarbonização nos indicadores econômicos da produção de café, servem como parâmetro para fundamentar estratégias de competitividade econômica aos produtores.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Considerando que a arborização do cafezal pode ser utilizada como uma tática para atenuar as temperaturas máximas do ar em até 5°C (MESQUITA *et al.*, 2016) e potencializar a pegada de carbono da atmosfera (ZARO *et al.*, 2019), evidencia-se a necessidade de apresentar uma análise dos fatores meteorológicos e produtivos com potencial de impacto sobre a produção de café no estado de São Paulo, por meio da técnica da regressão linear múltiplas. A técnica consiste na identificação de relações entre variáveis, indicando quando uma variável dependente é função linear de outras variáveis (HOFFMANN, 2006; CHEIN, 2019).

Segundo Monteiro (2009), o conhecimento das relações entre as condições físicas do ambiente permite determinar a influência do clima sobre a produtividade agrícola. De modo geral, as principais variáveis meteorológicas que afetam a produtividade, segundo o autor, são: chuva, temperatura do ar e radiação solar. Em uma análise preliminar é apresentado duas variáveis distintas, a precipitação e o custo total da produção de café, para a cidade de Franca (SP). A precipitação oscilou entre chuvas mais e menos volumosas alternando durante todo o período (1990 – 2020), com uma precipitação média anual de 1658,13 mm e desvio padrão de 242,74 mm. O custo total da produção de café, por outro lado, sofreu um aumento de aproximadamente 782,53% no mesmo período, como pode ser visto no gráfico 01.

Gráfico 01: Gráfico de dispersão do Custo Total da Produção e Precipitação ao Longo dos Anos (1990 – 2020)



Fonte: Gerado a partir dos dados fornecidos pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE, 2023) e da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023).

Como a comercialização de créditos de carbono se manterá relevante no Brasil (SILVA *et al.*, 2023), se torna importante, também, medir a influência dos créditos de descarbonização nos indicadores econômicos da produção de café, servindo como parâmetro para fundamentar estratégias de competitividade econômica para os agricultores paulistas. Neste caso, a análise de sensibilidade de cenário pode ser aplicada para examinar como as variações nos diferentes parâmetros inseridos no valor presente do fluxo de caixa operacional afetarão os indicadores econômicos para o sistema de convencional e agroflorestral de produção (LIMA, 2019; BOARDMAN *et al.*, 2018).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é determinar estratégias de competitividade para sistemas de produção de café em São Paulo, com foco na gestão de custos e na recuperação de créditos de carbono, destacando vantagens e desvantagens.

3.2 Objetivos Específicos

- Efetuar um levantamento histórico das propriedades produtoras de café do estado de São Paulo, elaborando uma base de dados sobre área plantada, rendimento, quantidade produzida, valor da produção, preços e custos de produção.
- Identificar estratégias de gestão de custos e descrever as características e o processo de recuperação de créditos de carbono para propriedades agrícolas produtoras de café.
- Identificar modelos e estratégias de competitividade baseadas na gestão de custos e na recuperação de créditos de carbono para sistemas de produção de café no estado de São Paulo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Fatores que influenciam a produção de café arábica em São Paulo

Para entender a dinâmica da produção de café no estado de São Paulo, foram coletados os dados de alguns fatores considerados importantes para a produção agrícola, como: temperatura do ar, área destinada à colheita, quantidade produzida, precipitação média, produtividade e valor bruto da produção para as unidades de produção agropecuária da cidade de Franca, cidade do interior do estado de São Paulo. A análise dos dados coletados foi realizada a partir da técnica conhecida com Regressão Linear Múltipla (RLM), que identifica a relação entre variáveis estudadas (HOFFMANN, 2006; CHEIN, 2019). A partir dos coeficientes calculados, os mesmos são submetidos à análises estatísticas para avaliar a significância e a qualidade do ajuste do modelo.

4.2 Análise de Sensibilidade de Cenário

Com a tabulação dos dados usados no cálculo dos indicadores de viabilidade econômica, foram elaborados diferentes cenários possíveis (pessimista, otimista e neutro) para alguns parâmetros do fluxo de caixa, como: custo total da produção, receita e arrecadação com o crédito de descarbonização, realizando simultaneamente uma análise de sensibilidade de cenário. Os cenários pessimistas refletem

condições desfavoráveis, com baixos preços de mercado e elevação nos custos, o neutro indica situações típicas e o otimista refletem condições favoráveis, com alto preços de mercado e redução nos custos.

Tabela 01: Parâmetros variáveis do cálculo do VPL para o sistema convencional de produção de café considerando os últimos 4 anos.

Cenário	Pessimista*	Normal**	Otimista***
Crédito de descarbonização (R\$/ha)	R\$ 29,08	R\$ 424,61	R\$ 820,14
Custo de produção (R\$/ha)	R\$ 34.448,86	R\$ 22.965,91	R\$ 11.482,95
Receita (R\$/ha)	R\$ 12.699,42	R\$ 25.398,84	R\$ 38.098,26

Legenda: * Pessimista: condições desfavoráveis, com baixos preços de mercado e elevação nos custos em até 60%; **Neutro: reflete uma situação típica; ***Otimista: condições favoráveis, com alto preços de mercado e redução nos custos em até 60%. Fonte: tabela elaborada a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), da Carbon Credits (2024), da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé LTDA (COOXUPÉ, 2024), e do estudo de Zaro *et al* (2019).

Tabela 02: Parâmetros variáveis do cálculo do VPL para o sistema agroflorestal de produção de café considerando os últimos 4 anos.

Cenário	Pessimista*	Normal**	Otimista***
Crédito de descarbonização (R\$/ha)	R\$ 72,13	R\$ 1.053,32	R\$ 2.034,50
Custo de produção (R\$/ha)	R\$ 33.629,47	R\$ 22.419,64	R\$ 11.209,82
Receita (R\$/ha)	R\$ 23.061,6	R\$ 41.285,70	R\$ 69.184,80

Legenda: * Pessimista: condições desfavoráveis, com baixos preços de mercado e elevação nos custos em até 60%; **Neutro: reflete uma situação típica; ***Otimista: condições favoráveis, com alto preços de mercado e redução nos custos em até 60%. Fonte: tabela elaborada a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2022), da Carbon Credits (2024), da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé LTDA (COOXUPÉ, 2024), do Ministério da Agricultura (PORTARIA MAPA Nº 595, de 4 de julho de 2023), e dos estudos de Pereira *et al* (1998), Souza *et al* (2005) e Zaro *et al* (2019).

Para entender como diferentes situações podem impactar os indicadores, avalia-se todas as possíveis combinações de parâmetros e o Valor Presente Líquido (VPL) para cada caso, capturando a variabilidade e a incerteza dos fluxos de caixa futuros.

5. RESULTADOS

5.1 Coleta e análise descritiva dos fatores que possuem potencial de impacto na lavoura de café

Nas análises de regressão linear múltipla, foram exploradas as variáveis a fim de entender as relações existentes. Optou-se por adotar um valor-p mínimo de 5% para determinar quais variáveis contribuem para o modelo, onde a validação foi confirmada ainda pelo teste Kolmogorov-Smirnov, teste da estatística F e análise do coeficiente de regressão, como abordado em materiais e métodos.

Uma das análises de regressão exposta no relatório final assume o custo total da produção (R\$/ha) como uma variável dependente, evidenciando a importância do clima para o ciclo de desenvolvimento do café arábica no estado de São Paulo, pois o coeficiente atrelado a temperatura média anual do ar indicou que a variável é diretamente proporcionais ao custo. Essa informação, corrobora a literatura de revisão, que afirma que a temperatura média de aptidão para o cafeeiro arábica está entre 18 e 23°C (MESQUITA *et al*, 2016), dada as condições adaptativas favoráveis da cultura do café à climas subtropicais e tropicais. Das variáveis econômicas e produtivas utilizadas na análise, o valor bruto da produção também apresentou ser diretamente proporcional ao custo. Além disso, o coeficiente multiplicador à produtividade encontrado é menor que zero, indicando ser inversamente proporcional ao custo (como pode ser observado na tabela 03).

Tabela 03: Resultados da regressão múltipla considerando o custo total de produção (R\$/ha) como variável dependente

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística-t	Valor-p
Temperatura média (°C)	3,42E+02	4,92E+01	6,963	2,15E-07
Produtividade (Kg/ha)	-1,78E+00	7,48E-01	-2,382	2,48E-02
Valor bruto da produção (t)	9,99E-05	1,42E-05	7,028	1,87E-07
Variável dependente	Custo de produção (R\$/ha)		R ² não ajustado: 0,9466	
Média da Variável dependente	7,81E+03		R ² ajustado: 0,9405	
Desvio padrão	3,87E+03		Estatística-F: 153,7	
153,7Erro padrão dos resíduos	2109		Valor-p: < 2,20E-16	
Graus de liberdade	26		Teste de Kolmogorov-Smirnov: 0,1316000	

Fonte: resultados gerados pela linguagem R, no software R Studio, a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023).

5.2 Análise de Sensibilidade do Valor Presente Líquido (VPL)

A partir dos valores expostos nas tabelas 01 e 02, é feita uma análise de sensibilidade de cenário, considerando uma taxa mínima de atratividade de 10,50% ao ano e desconsiderando-se a inflação para o período. Uma das abordagens presentes no relatório final, é a análise assumindo o valor de crédito de descarbonização como otimista, realizando a combinação dos demais parâmetros para encontrar os indicadores econômicos e o sinal atribuído aos valores, exposta na tabela 04.

Tabela 04: Indicadores econômicos estimados considerando a condição otimista da arrecadação com créditos de descarbonização

Combinação	Sistema de Produção Convencional		Sistema de Produção Agroflorestal	
	VPL	Sinal	VPL	Sinal
CDo x CPp x Rp	-R\$ 322.503,16	-	-R\$ 276.498,13	-
CDo x CPp x Rn	-R\$ 215.598,55	-	-R\$ 142.297,21	-
CDo x CPp x Ro	-R\$ 108.693,95	-	R\$ 34.926,87	+
CDo x CPn x Rp	-R\$ 214.553,63	-	-R\$ 177.785,10	-
CDo x CPn x Rn	-R\$ 107.649,03	-	-R\$ 43.584,19	-
CDo x CPn x Ro	-R\$ 744,42	-	R\$ 133.639,89	+
CDo x CPo x Rp	-R\$ 106.604,11	-	-R\$ 79.072,08	-
CDo x CPo x Rn	R\$ 300,50	+	R\$ 55.128,83	+
CDo x CPo x Ro	R\$ 107.205,10	+	R\$ 232.352,91	+

Fonte: tabela elaborada a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2022), do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2023), da Carbon Credits (2024), da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé LTDA (COOXUPÉ, 2024), do Ministério da Agricultura (PORTARIA MAPA Nº 595, de 4 de julho de 2023), e dos estudos de Pereira et al (1998), Souza et al (2005) e Zaro et al (2019). Legenda: CDp: Crédito de descarbonização pessimista; CPp: Custo total da produção pessimista; Rp: Receita pessimista; CDn: Crédito de descarbonização neutro; CPn: Custo total da produção neutro; Rn: Receita neutra; CDo: Crédito de descarbonização otimista; CPO: Custo total da produção otimista; Ro: Receita otimista.

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados das regressões expostas no relatório final, constata-se que a precipitação tem influência sobre a produtividade, indicando que essas variáveis são diretamente proporcionais. Além disso, os resultados apontam que a temperatura média e o valor bruto da produção fazem proporção direta com o custo total da produção, corroborando a literatura de revisão. Outros resultados apresentam que temperaturas máximas elevadas diminuem a quantidade produzida de café, enquanto a elevação da área destinada a colheita, da produtividade ou do valor bruto da produção, causa maiores índices de quantidade produzida de café.

Em uma segunda abordagem de análise, ocorreu a comparação dos indicadores de viabilidade econômica, para os diferentes sistemas de produção (agroflorestal e convencional). Os resultados dessa análise indicam que o sistema agroflorestal é 72,83% mais economicamente viável do que o sistema convencional. Além disso, é evidenciado uma baixa efetividade do crédito de descarbonização sobre a viabilidade econômica do empreendimento. Porém, a comercialização de créditos de descarbonização pode ser vista como uma fonte de renda extra, visto que a mesma se manterá relevante no Brasil (SILVA et al., 2023).

Seguindo o objetivo deste trabalho, a primeira estratégia de competitividade identificada para os produtores de café do estado de São Paulo é a adoção do sistema agroflorestal (SAF), que apresentou melhores indicadores econômicos (VPLs) comparado ao sistema convencional de produção. Uma segunda estratégia identificada, é a utilização do chamado Mercado a Termo, que tem como objetivo manter a qualidade do grão e possibilitar o aproveitamento das altas nos preços no período da entressafra. A terceira estratégia proposta neste trabalho, reside na redução de custos. Dessa forma, é indicada a redução da despesa com maior impacto sobre o custo total da produção. Considerando uma redução de 10% nas despesas com fertilizantes, os resultados foram promissores, indicando ser uma estratégia viável ao produtor. Para a redução dos custos deste insumo, é aconselhado a adoção de uma estratégia de negociação, como compra antecipada, compra conjunta (via cooperativas) ou participação no mercado de futuros de café, não sendo indicada a diminuição da quantidade de fertilizante utilizado.

7. REFERÊNCIAS

AMANULLAH, KHALID S., KAUSHIK P., BRAR N.S., SAINI D., SANTOS P.G.D., FERNANDEZ R.O., SEPULVEDA D., NAVAS E., ARMADA M., TANDZI L., MUNTENGWA C.S., YILDIZ M., GURKAN H., OZGEN Y., BAYRAKTAR N., BULUT H., SHARMA V., SAINI D.K., KUMAR A., KESH H., CHAUHAN J., KAMBOJ N. K. **Agronomy Climate Change and Food Security**. 1. ed. Londres: IntechOpen, 2020. v. 1. ISBN: 978-1-83881-223-2.

BOARDMAN, A.E., GREENBERG, D.H., VINING, A.R., WEIMER, D.L. **Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice**. 5. ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2018, ISBN 9781108415996.

CARBON CREDITS. **Carbon Prices**. Carbon Credits. Jan 2024. Disponível em: <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>. Acesso em: 05 Jan. 2024

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica - Custos - Café Arábica - 2003 a 2023**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/item/16300-serie-historica-custos-cafe-arabica-2003-a-2020>. Acesso em: 22 Jul. 2024.

CHEIN F.. **Introdução aos modelos de regressão linear: um passo inicial para compreensão da econometria como uma ferramenta de avaliação de políticas públicas**. 1. ed. Brasília: ENAP, 2019. ISBN: 978-85-256-0115-5.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Banco de Dados Hidrológicos**. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/site/>. Acesso em: 24 Mar. 2023.

HOFFMANN, R. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, tabela 1613**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 Jan. 2024.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Atlas do Mercado de Terras: Dados, valores e tendências do mercado de terras rurais**. Mercado Regional de Terras Norte (Sudeste - São Paulo) MRT-806.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 04 Mar. 2023.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change and Land**. 1. ed. United Kingdom: Cambridge University Press, 2022. ISBN: 978-1-009-15801-5.

LIMA, F.R.S. **Viabilidade Econômica e Financeira de Projeto**. Volta Redonda, Rio de Janeiro: FERP, 2019, ISBN: 978-85-66196-18-4.

MATTOS, M., PIZZOL, S. **Boas práticas agrícolas tornam a cafeicultura mais “carbono negativa”**. Revista Agroanalysis, São Paulo, v. 42, n. 6, pp. 42, Jun. 2022.

MESQUITA, C.M., MELO, E.M., REZENDE, J.E., CARVALHO, J.S., JUNIOR, A.F., MORAES, N.C., DIAS, P.T., CARVALHO, R.M., ARAUJO, W.G.. **Manual do café: implantação de cafezais Coffea arábica L**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016.

MONTEIRO, J.B.A. **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília: INMET, 2009.

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P. **Estimativa de Custo de Produção da Cultura da Seringueira, em Pico de Safra no Estado de São Paulo**. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 1-8, abr. 2022. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=16027#:~:text=Os%20pre%C3%A7os%20referem%2Dse%20a,Fonte%3A%20Dados%20da%20pesquisa>. Acesso em: 02 jun. 2024.

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P. **Custos de Implantação e Formação da Cultura da Seringueira na Região Noroeste do Estado de São Paulo**. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 1-7, abr. 2022. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/terTexto.php?codTexto=16026#:~:text=O%20custo%20de%20implanta%C3%A7%C3%A3o%20de,%2426.92%2C26%20por%20hectare>. Acesso em: 18 jun. 2024.

PASETO, L.A. **Estratégias de competitividade em sistemas de produção de café**. 2018. pp. 138. Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Brasil, 2018.

SILVA, M.T., NETO, J.J.M., OLIVEIRA, F.C.M., LEITE, V.G.F. **Análise de previsão dos preços de créditos de carbono (CBIOS) comercializados na B3 através de modelos univariados**. Revista Observatorio De La Economía Latinoamericana. Curitiba (PR), v.21, n.1, p.26-45, 2023. ISSN: 1696-8352..

TEIXEIRA, M.A.R. **Comercialização de Café**. Curitiba: SENAR AR-PR., 2020. ISBN 978-65-88733-07-3

ZARO, C.G., NUNES, A.L.P., PRETE, C.E.C., CARAMORI, P.H., YADA JUNIOR, G.M., FILHO, A.A., SANQUETTA, C.R., VORONEY, P. **Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open-grown coffee in southern Brazil**. Agroforestry Systems, v94, p. 799-809, Out. 2019.