

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARIA ELISA VICENTINI

**EMIÇÃO DE CO₂ DO SOLO EM ÁREAS DE FLORESTA PLANTADA NO
CERRADO DO MATO GROSSO DO SUL**

Ilha Solteira

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA
MARIA ELISA VICENTINI**

**EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO EM ÁREAS DE FLORESTA PLANTADA NO
CERRADO DO MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação, apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Orientador:

Prof Dr. Alan Rodrigo Panosso

Co-orientador:

Prof. Dr. Newton La Scala Júnior
Prof.Dra. Glaucia Amorim Faria

Ilha Solteira

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

V633e Vicentini, Maria Elisa .
Emissão de co2 do solo em áreas de floresta plantada no Cerrado do Mato
Grosso do Sul / Maria Elisa Vicentini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
48 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia . Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2017

Orientador: Alan Rodrigo Panosso
Co-orientador: Newton La Scala Júnior.
Inclui bibliografia

1. Coeficiente respiratório. 2. Eucalipto. 3. Pinus . 4. Mata Ciliar.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO EM ÁREAS DE FLORESTA PLANTADA NO CERRADO DO MATO GROSSO DO SUL

AUTORA: MARIA ELISA VICENTINI

ORIENTADOR: ALAN RODRIGO PANOSSO

COORIENTADOR: NEWTON LA SCALA JUNIOR

COORIENTADORA: GLAUCIA AMORIM FARIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MOREL DE PASSOS E CARVALHO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / FEIS / UNESP - Ilha Solteira, SP

Prof. Dr. DANIEL DE BORTOLI TEIXEIRA
Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Ilha Solteira, 02 de março de 2017

AGRADECIMENTOS

A Deus, toda glória e louvor. A minha família, principalmente à minha mãe Rejane, irmã Fernanda e tia Jenifer, por todo amor e incentivo sempre!

Ao meu orientador professor Doutor Alan Rodrigo Panosso, pela oportunidade de trabalho, aprendizado e por toda paciência!

Aos meus coorientadores: professora Doutora Glaucia Amorim Faria e professor Doutor Newton La Scala Júnior pela disponibilidade em ajudar!

Ao Prof. Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes, pela disponibilização das áreas estudadas.

Aos professores membros da banca de qualificação, Prof. Dr Bruno Éttore Pavan e Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho. Aos professores membros da banca de defesa, Prof. Dr. Morel de Passos e Carvalho e Prof. Dr. Daniel De Bortoli Teixeira, por todos os ensinamentos e contribuições para com esse estudo!

A companheira de trabalho Carla, aos colegas que muito ajudaram nas atividades de campo: Matheus, Welinton, Laís, Hellen e aos amigos Deyvison e Leandro. Obrigada!

A Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela oportunidade de realizar o mestrado e a todos os professores pelo conhecimento compartilhado e ensinamentos!

A coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior CAPES e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e a FAPESP (Processo nº 2016/03861-5).

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho. Deus te abençoe!

RESUMO

O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera terrestre foi a principal causa do aquecimento global, representando cerca de 60% das emissões totais de gases do efeito estufa. Neste trabalho objetivou-se caracterizar os padrões temporais de emissão de CO₂, temperatura, umidade e captura de O₂ do solo, bem como, suas relações em áreas de florestas plantadas de Eucalipto, Pinus e Mata ciliar reflorestada em um Latossolo Vermelho distrófico, no Bioma Cerrado, na região do município de Selvíria – MS. O estudo foi conduzido em três áreas reflorestadas localizadas no município de Selvíria–MS. As áreas experimentais consistiam em florestas plantadas com eucalipto (EU), mata ciliar (MA), pinus (PI). A emissão de CO₂ do solo foi registrada por meio do sistema LI-COR (LI-8100) e a determinação da absorção de O₂ do solo por meio do sistema UV Flux 25%. Os resultados da emissão de CO₂, temperatura, umidade e captura de O₂, foram avaliados por meio de medidas repetidas no tempo, por meio de modelos mistos e estatística descritiva. Realizou-se comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade. Calculou-se a razão entre o CO₂ emitido e O₂ consumido (RQ). As médias de emissão de CO₂ do solo nas áreas estudadas EU, MA, PI, foram de 5,61; 5,53 e de 4,06 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente. O EO₂ não se diferenciou estatisticamente nas três áreas estudadas. A MA teve o maior valor de umidade do solo. A maior parte dos valores de RQ foram <1. A emissão total de CO₂, contabilizados em 193 dias de avaliação foram de 11,26 Mg ha⁻¹ para EU 10,99 Mg ha⁻¹, MA e 7,97 Mg ha⁻¹ PI que se diferiu significativamente ($p < 0,05$). As precipitações e a umidade do solo influenciaram nas variações das emissões de CO₂ do solo. Solos de florestas de Pinus emitem menos CO₂.

Palavras chave: Quociente respiratório. Eucalipto. Pinus e Mata ciliar.

ABSTRACT

The increase in CO₂ concentration in the Earth's atmosphere was the main cause of global warming, accounting for about 60% of total greenhouse gas emissions. The objective of this work was to characterize the temporal patterns of CO₂ emission, temperature, humidity and soil O₂ capture, as well as their relationships in areas of Eucalyptus, Pinus and Ciliary forest reforested in a dystrophic Red Latosol in the Biome Cerrado, in the region of the municipality of Selvíria - MS. The study was conducted in three reforested areas located in the municipality of Selvíria-MS. Experimental areas consisted of forests planted with eucalyptus (EU), riparian forest (MA), pinus (PI). The CO₂ emission from the soil was recorded using the LI-COR system (LI-8100) and the determination of soil O₂ uptake by means of the UV Flux 25% system. The results of CO₂ emission, temperature, humidity and O₂ capture were evaluated by means of repeated measures in time, by means of mixed models and descriptive statistics. Tukey's test was performed at a 5% probability level. The ratio of emitted CO₂ to O₂ consumed (RQ) was calculated. The mean CO₂ emission of the soil in the studied areas EU, MA, PI, was 5.61; 5.53 and 4.06. $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectively. EO₂ did not differ statistically in the three areas studied. MA had the highest soil moisture value. Most of the RQ values were <1. The total CO₂ emissions recorded in 193 days of evaluation were 11.26 Mg ha⁻¹ for EU 10.99 Mg ha⁻¹, MA and 7,97 Mg ha⁻¹ PI, which differed significantly ($p < 0, 05$). Rainfall and soil moisture influenced the variations of soil CO₂ emissions. Pinus forest soils emit less CO₂.

Keywords: Respiratory quotient . Eucalyptus. Pinus. Forest ciliary.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	EMISSÃO DE CO ₂ DO SOLO EM ÁREAS DE FLORESTA	12
2.2	EMISSÃO DE CO ₂ E A SUA RELAÇÃO COM A TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO	14
2.3	SERAPILHEIRA NOS SISTEMAS FLORESTAIS	16
2.4	RELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE CO ₂ E ABSORÇÃO O ₂	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	ÁREA EXPERIMENTAL	19
3.2	DETERMINAÇÃO DE EMISSÃO DE CO ₂	21
3.3	TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO	22
3.4	ABSORÇÃO DE O ₂	22
3.5	CÁLCULO DA ABSORÇÃO DE O ₂	23
3.6	CÁLCULO DO RQ	23
3.7	ANÁLISE DOS DADOS	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	RELAÇÃO ENTRE A EMISSÃO DE CO ₂ DO SOLO E ABSORÇÃO DE O ₂	28
4.2	EMISSÃO TOTAL DE CO ₂ E ABSORÇÃO DE O ₂ DO SOLO NO PERÍODO DE ESTUDO	30
4.3	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR SIMPLES	32
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido às atividades antrópicas, as concentrações dos gases de efeito estufa têm aumentado na atmosfera, causando alterações no clima do planeta, com a retenção do calor e o aumento da temperatura global. Este fato provoca o aumento do nível do mar devido a maior taxa de derretimento das calotas polares, impactando nos recursos hídricos, bem como, no regime de chuvas, gerando desequilíbrio dos ecossistemas o que resulta na a extinção de espécies animais e vegetais.

Aliada ao desmatamento, a agricultura é uma das principais responsáveis pela emissão dos gases de efeito estufa (GEE) e em especial o dióxido de carbono (CO_2). Segundo o relatório do painel Intergovernamental sobre Mudança do clima - (IPCC 2013), a agricultura, o desmatamento e as atividades pecuárias entre outros usos da terra, são responsáveis por um quarto de ($\sim 10\text{-}12 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$) do total de emissões, uma vez que, o manejo inadequado do solo pode levar a um rápido declínio dos estoques de carbono, colaborando para o aumento das emissões de CO_2 para atmosfera (LAL, 2005). Segundo Le Quere et al. (2015), o desmatamento apresentou 42% das emissões de CO_2 no Brasil em 2010. O bioma Cerrado é o segundo maior ecossistema da América do Sul, com extensão de 2 milhões de km^2 , perdendo apenas para a Amazônia. Quase metade da área de Cerrado (41,2%) foi convertida em pastagens ou áreas agrícolas, e apenas uma pequena parcela de (8,2%) é protegida por parques ou reservas indígenas (BRASIL, 2016).

Segundo Noojipady et al. (2017) os estoques de carbono no solo do Cerrado representam uma importante fonte nas emissões de GEE no Brasil. Uma das maneiras de auxiliar na mitigação das altas taxas de (GEE) para atmosfera é por meio do reflorestamento, dado que, o cultivo de florestas, principalmente nas regiões tropicais, tem sido apontado como meio eficiente no sequestro de carbono (C) devido ao acúmulo deste na madeira e aumento do estoque no solo (PULROLNIK et al., 2009). Segundo Gatto et al. (2011), os ecossistemas florestais representam uma das alternativas viáveis para mitigar o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, via fixação do C pelas árvores e seu armazenamento na biomassa e no solo.

Fatores como os atributos físicos e químicos do solo, umidade e temperatura influenciam na respiração do solo (BROOKES, 1995; LA SCALA et al., 2000; XU; QI 2001; EPRON et al., 2006; DAVIDSON; JASSENS, 2006; LAL, 2009; GRAF et al., 2012; SONG et al., 2013), e atuam diretamente na atividade microbiana e alteram a qualidade da matéria orgânica (BALL, 2013). No solo, a matéria orgânica, serapilheira disponível e os exsudados vegetais são transformados e mineralizados através de processos respiratórios, principalmente pelos microrganismos (DILLY, 2003). A respiração do solo e das raízes é responsável pelo maior fluxo de C dos ecossistemas para atmosfera (RAICH; SCHLESINGER, 1992; RYAN; LAW, 2005), constituindo-se um importante componente do ciclo global do carbono com uma emissão de 100 Pg C ano⁻¹ (BONDLAMBERTY; THOMSON, 2010). Para Kuzyakov (2006) e Vargas et al. (2010), a respiração do solo é composta pela respiração heterotrófica, a qual se refere à decomposição matéria orgânica do solo por bactérias e fungos; pela respiração das raízes, que contribui principalmente para a produção de CO₂; e respiração da fauna, uma vez que o CO₂ é produzido por microrganismos do solo por meio de processos metabólicos. A respiração do solo é impulsionada principalmente pela decomposição microbiana de matéria orgânica do solo e raiz de respiração (ADUAN; VILELA; KLINK, 2003; DAVIDSON; JANSSESNS, 2006), exsudados radiculares e serapilheira (RODEGHIERO et al., 2013). O aumento da oxidação da atividade microbiana tem o potencial de liberar carbono orgânico adicional para atmosfera, contribuindo para a emissão de gases do efeito estufa (MOCHAMED; TAYLOR; INUBUSHI, 2006). Na respiração aeróbia do solo, o CO₂ é produzido e o O₂ é consumido. Segundo Bookes (1995), a medida da respiração do solo é bastante variável e dependente, principalmente da disponibilidade do substrato, umidade e temperatura.

Diante do exposto a determinação da entrada (captura e ou absorção) de oxigênio nos solos (EO₂) é importante, pois pode ajudar na compreensão da relação entre as emissões de CO₂ do solo (FCO₂), especialmente em ambiente onde isso é impulsionado pela atividade microbiana aeróbia (STERN; BAISDEN; AMUNDSON, 1999). O conhecimento de como respiração do solo responde a deposição de serapilheira e fatores ambientais, principalmente em florestal tropical, é limitado (HAN, 2015) e existem poucas informações sobre as emissões de GEE provenientes de solos cultivados no Cerrado (CRUVINELA et al., 2011).

O objetivo desse trabalho foi caracterizar os padrões temporais de emissão de CO₂, temperatura, umidade e absorção de O₂ do solo bem como, suas relações, em áreas de florestas plantadas de eucalipto, pinus e mata ciliar reflorestada em um Latossolo Vermelho distrófico, no Bioma Cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO EM ÁREAS DE FLORESTA

O solo atua como uma fonte de gases de efeito estufa (GEE), tais como o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O) os quais desempenham um papel importante no aquecimento global (POURBAKHTIAR et al., 2017). Representa um compartimento chave no processo de emissão e sequestro de carbono no reflorestamento e, sobretudo na adoção de boas práticas agrícolas como o plantio direto.

O desmatamento é a maior fonte de emissão de gases de efeito estufa (HOUGHTON, 1995) e as florestas tropicais, especialmente a Amazônica, têm sido consideradas um grande sumidouro de carbono com base no sequestro de CO₂ atmosférico (FEARSINDE, 2003; GALFORD et al., 2010). Aproximadamente um terço do carbono orgânico global do solo encontra - se sob florestas (RODEGHEIRO et al., 2009). Segundo Bernoux et al. (2002), as florestas tropicais são essenciais no ciclo do carbono global porque elas estocam 20–25% do carbono terrestre global.

Para Bertani et al. (2015), a degradação das florestas liberam CO₂ para a atmosfera, enquanto a regeneração florestal devido ao acúmulo C na biomassa remove o CO₂ da atmosfera. Os autores relataram que em áreas de Cerrado no período entre os anos de 1997 a 2010 ocorreram à conversão de 1.587.626 hectares de áreas de floresta desmatadas para pasto limpo.

O reflorestamento corresponde a um importante processo de transferência de CO₂ da atmosfera para a biosfera, fixando-o (MATHEUS, 2012). O CO₂ do ar atmosférico absorvido durante o processo de fotossíntese é armazenado pelas plantas arborizadas na forma de carbono na madeira e outros tecidos até sua morte e decomposição, e posteriormente liberado como CO₂, CH₄, ou mesmo pode ser incorporado no solo como substâncias orgânicas (OKUMURAA et al., 2015). Assim, os solos de florestas tropicais são considerados um grande reservatório de C, porém, podem tornar-se uma grande fonte de C para a atmosfera, contribuindo para aumentar o efeito estufa (DENARDIN et al., 2014). Na Indonésia Mochamed, Taylor e Inubushi (2006) avaliaram o fluxo de CO₂ em três tipos de florestas tropicais (turfa), sob condições de desmatamento e queimadas, por um período de seis meses. Foi

constatado que área de floresta desmatada obteve uma maior emissão ($5,58 \pm 1,34 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), quando comparada com área de floresta queimada ($4,44 \pm 1,146 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Segundo os autores a conversão de florestas em áreas agrícolas aumentam as emissões de CO_2 na área de estudada.

O tipo de floresta influencia fortemente as propriedades físicas e químicas do solo, respiração basal, teor de carbono orgânico, nitrogênio, pH, e quantidade de serapilheira (GRAAE et al., 2004; ZHOU et al., 2015). Estudos realizados por Epron et al. (2004), no Congo em uma plantação de eucalipto sobre Neossolos Quartzarênicos, com o objetivo de investigar as variações temporal e espacial da respiração do solo do ecossistema, constataram que a respiração do solo correlacionou-se positivamente com a serapilheira e concluíram que a respiração microbiana associada à decomposição da serapilheira é provavelmente um componente importante da respiração do solo. Tree et al. (2008), estudaram a emissão de CO_2 e a sua relação com adubação nitrogenada e fosfatada em área de clones de *Pinus taeda* no Sudoeste do Estados Unidos. Nas áreas fertilizadas as emissões foram de $1.15 \pm 0.04 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e na área sem adubação de $0.97 \pm 0.04 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Houve uma diminuição da respiração do solo depois das adubações.

Estudo sobre as emissões de GEE em solos florestas tem sido conduzido por vários autores no decorrer dos anos em diferentes continentes: americano (FANG et al., 1998; BOWDEN, 1999); europeu (BREUER et al., 2000; KIESE et al., 2002; GRAND; RUBIN, 2016) e asiático (TANG et al., 2006; YANG et al., 2007; IQBAL et al., 2009; WANG et al., 2010; 2015; KUMAR et al., 2011; CHEN et al., 2012; ZHOU et al., 2013; ZHAO et al., 2015) e no Brasil (KELLER et al, 2005; SOTTA et al., 2006; PINTO JUNIOR et al., 2009;

Sousa Neto et al. (2011), Silva, (2014); Valentini et al. (2008), estudaram a emissão de CO_2 do solo e suas relações com temperatura, umidade e serapilheira em uma área de Floresta de transição no Mato Grosso, Brasil, Os autores concluíram que a umidade foi a variável que mais influenciou no fluxo de CO_2 . Zanchi et al. (2009), avaliaram a variabilidade temporal da respiração do solo, temperatura e umidade, em áreas de floresta tropical em Rondônia sob um Latossolo. A média da emissão foi de $8,0 \pm 3,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Segundo os autores, a respiração do solo variou sazonalmente e a menor emissão ocorreu na estação seca e a maior na estação úmida.

Silva Júnior et al. (2013), na Floresta Amazônica do Pará, investigaram os efeitos do estresse hídrico sobre a respiração do solo. Os autores concluíram que o impedimento da penetração da água da chuva no solo provocou uma redução de 7,23% nos fluxos de CO₂ no solo durante a condução do estudo. As médias dos fluxos de CO₂ no solo foram de 3,46±0,44 em condições naturais e 3,21±0,84 μmol CO₂ m⁻²s⁻¹ na área de estresse hídrico. Schindlbacher et al. (2007), mediram a respiração do solo em uma floresta na montanha da província do Tyrol, na Áustria. No início do inverno o fluxo de CO₂ foi de 0,64 ± 0,05 μmol de CO₂-C m² s⁻¹ e diminuiu sob condições de baixas temperaturas.

2.2 EMISSÃO DE CO₂ E A SUA RELAÇÃO COM A TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO

Fatores ambientais como a temperatura e a umidade influenciam diretamente o processo de respiração do solo (DAVISON; TRUMBORE; AMUDSON, 2000.). A temperatura, umidade do solo e a interação entre ambos são as principais variáveis que influenciam na emissão do CO₂, constituindo-se controladores da variabilidade da respiração do solo (KANG et al., 2003). Segundo Savage, Phillips e Davidson (2014), a variação da umidade do solo é um dos fatores dominantes que controlam a emissão dos gases CO₂, CH₄ e N₂O. Segundo Silva, Olaya et al. (2013), a temperatura do solo afeta diretamente a atividade microbiana e a respiração das raízes.

A respiração do solo apresenta alta variabilidade espacial e temporal, e a temperatura e a umidade explicam as variações de CO₂ ao longo do tempo (FANG et al., 1998; XU; QI, 2001; EPRON et al., 2004; EPRON et al., 2006; KOSUGI et al., 2007; USSIRI; LAL, 2009; PANOSSO et al., 2009; BRITO et al., 2009; SCHWARTZ et al., 2010; SILVA-OLAYA et al., 2013).

Diversos trabalhos relatam os efeitos da temperatura e umidade nos solos de diferentes florestas pelo mundo. No Canadá, Peng e Thomas (2006), em uma área de reserva floresta constataram que a emissão de CO₂ foi fortemente correlacionada com a temperatura do solo. Para IQBAL et al. (2009), a temperatura do solo foi a variável mais importante para controlar a variabilidade do fluxo de CO₂ em florestas de coníferas, na região subtropical no Sul da China. Também, em área

de floresta de coníferas, bem como floresta nativa, no norte da China a temperatura do solo foi a variável que mais influenciou no processo de respiração (ZHOU et al., 2015).

No Brasil, Gallon, Sanches e Paulo (2006) avaliaram um dossel da floresta de transição Amazônia Cerrado sob Neossolo quartzarênico, a variação diurna do fluxo de CO₂ nas estações úmida e seca. Os maiores valores de fluxo de CO₂ ocorreram entre as 11:00 e 13:00 horas. Os valores de FCO₂ foram de 8 μmol m⁻² s⁻¹ e 6 μmol m⁻² s⁻¹ para as estações úmida e seca, respectivamente.

Darenova, Pavelka e Macalkova (2016), avaliaram a heterogeneidade do fluxo espacial de CO₂ em quatro ecossistemas comuns na Europa central: florestas de faias (*Fagus sylvatica*) solo Cambisol Eutric, abetos (*Picea abies*) pertencentes a família dos pinheiros, áreas de pastagens (*Festuca rubra* agg.), (*Nardus stricta*), (*Veronica officinalis*), (*Hieracium laevigatum*) (*Potentilla erecta*), sob solo Gleissolos e o pântano em Organossolos. Os valores de emissões variaram entre 1,37 e 3,57 μmol CO₂ m⁻²s⁻¹ na temperatura de 10°C. A floresta de abetos possuiu os maiores valores de emissão observados, enquanto na área de pântano ocorreram os menores valores. Segundo os autores, a presença da água nessas áreas de pântano reduziu a respiração do solo.

No sudoeste da Austrália (LIVESLEY et al., 2008), mediram as emissões de CO₂, NO₂ e CH₄ em áreas de florestas de eucalipto nativo e comercial, plantações de pinus e pastagem. A emissão do CO₂ do solo aumentou após a ocorrência das chuvas nas áreas de pastagens. Porém, não houve influência da água no solo dos sistemas florestais.

Para Murphy et al. (2008), no Panamá avaliaram a emissão de CO₂ em floresta nativa com seis espécies arbóreas diferentes. Os autores constataram que a respiração do solo diminuiu com as estações chuvosas de 7,2 ± 3,5 μmol CO₂ m² s⁻¹, para uma baixa de 2,3 ± 1,9 μmol CO₂ m² s⁻¹. A menor taxa de emissão na estação mais seca com valor de 1,0 ± 0,7 μmol CO₂ m² s⁻¹.

Mande et al. (2014), na Malásia observaram a influência dos fatores ambientais no fluxo de CO₂ do solo e sua relação com a idade da floresta e densidades de povoamentos, em quatro diferentes ecossistemas (floresta primária Dipterocarp, floresta Dipterocarp secundária com 50 anos de recuperação, floresta de extração de borracha e de dendê). Embora a taxa média do fluxo de CO₂ no solo não tenha variado significativamente nas quatro áreas, as diferenças foram

evidentes nos fatores ambientais como a temperatura do solo e a umidade. A floresta de palmeira apresentou a menor taxa de emissão $3,29 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e a floresta secundária a maior taxa $5,37 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Segundo Zhang, Beicheng e Lin (2016); a idade da floresta desempenha um papel importante nas estruturas das biomassas das plantas e da formação das serapilheiras.

2.3 SERAPILHEIRA NOS SISTEMAS FLORESTAIS

A degradação da serapilheira é um dos principais mecanismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes nos sistemas florestais e agroflorestais (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003), no solo constitui um reservatório de matéria orgânica e sua degradação influencia e regula muitos processos funcionais dos ecossistemas (LOPES et al., 1990), e funciona como um bom indicador da qualidade ambiental (MACHADO et al., 2008). Segundo Caldeira et al. (1997), o acúmulo de serapilheira varia em função da procedência, da espécie, da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta, do tipo de floresta, local e dos fatores climáticos.

Estudos conduzidos por Zinn et al. (2002), em áreas de Pinus, Eucalipto e Cerrado nativo sob Latossolo e argiloso, constataram que as áreas de Pinus acumularam grande quantidade de serapilheira ($37,7 \text{ Mg ha}^{-1}$), enquanto que nas áreas de Eucalipto e de Cerrado controle, os valores foram bem inferiores ($7,6 \text{ Mg ha}^{-1}$) e ($10,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) respectivamente. Segundo os autores, o Pinus possui maior concentração de carbono em relação ao nitrogênio (razão C/N) quando comparado com o Eucalipto e vegetação de Cerrado Nativa. Para Roberts (2000), a razão da decomposição da serapilheira e a matéria orgânica do solo, dependem do conteúdo de lignina do material e do teor de nitrogênio. Chaves e Corrêa (2005), afirmam que Florestas de Pinus podem produzir quantidade significativas de serapilheira, no entanto, trabalhos têm demonstrado que o teor de matéria orgânica não é maior no sob-reflorestamento, quando este é comparado à vegetação natural, em áreas de Cerrado (LILIENFEIN et al., 2000; LEPSCH, 1980). Ribeiro et al. (2007), compararam a decomposição de acículas do pinus e do eucalipto no Mediterrâneo e observaram que na fase inicial, as folhas de eucalipto decompõem-se mais rapidamente do que as acículas do pinheiro. Carvalho et al., (2008), estudaram um

povoamento de *Pinus elliottii* e *Terminalia ivorensis*. Os autores constataram maior acúmulo de serapilheira em área Pinus, acontece devido à presença de compostos fenólicos e ligninas nas suas acículas que retardam sua degradação. Segundo Rovira e Vallejo (2002), alhos e acículas de pinus possuem grandes quantidades de compostos orgânicos e dificulta seu processo de decomposição. O que pode alterar diretamente a degradação do o carbono e a ação dos microrganismos no solo (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Bertan (2014) comparou a produção, taxa de decomposição de serapilheira e teor de matéria orgânica em áreas de floresta Nativa, *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* no Sul do Brasil. A área de Pinus apresentou o maior tempo de decomposição da serapilheira (2,83 anos), enquanto as áreas de Eucalipto e Floresta Nativa apresentaram maior coeficiente de decomposição (0,58 e 0,95, respectivamente).

2.4 RELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE CO₂ E ABSORÇÃO O₂.

No solo o principal gás consumido é o O₂ no processo respiratório das raízes das plantas e pela atividade dos microrganismos aeróbicos, ao passo que o principal gás produzido é o CO₂ nos processos metabólicos que ocorrem no solo (JONG VANLIER, 2001; FERREIRA, 2010), por isso, seu teor em geral é mais alto. A maioria da microbiota do solo é aeróbia e utiliza O₂ como receptor final de elétrons, ele é o mais forte oxidante utilizado por sistemas biológicos, pois atua fortemente no potencial de oxi – redução e nos processos bioquímicos do solo (SIQUEIRA et al., 1994). O oxigênio disponível no solo depende da sua troca rápida e contínua com atmosfera (CHEN et al., 2011).

Segundo Brady e Weill (2009), quanto mais rapidamente às raízes e os microrganismos consumirem O₂ e liberarem o CO₂, maior será a necessidade de trocas gasosas entre o solo e a atmosfera. Embora processos como infiltração de água, vento e convecção de ar do solo possam contribuir com o fluxo de ar entre solo e atmosfera, são principalmente através da difusão e fluxo de massa que os gases são trocados (JURY et al., 1991; KLEIN et al., 2008; BRADY; WEILL, 2009).

Em solos bem drenados, o oxigênio difunde através do solo até as raízes, que o utilizam para a respiração. No entanto, em ambientes alagados os processos

microbianos dependentes do O_2 são intensamente inibidos, e substâncias tóxicas oriundas do metabolismo anaeróbio das bactérias começam a se acumular (GUREVITCH; SCHEINER; GORDON, 2009), uma vez que, sua difusão através dos poros saturados é muito lenta (BERTOLINI, 2016). Na planta, a ausência de O_2 , no sistema radicular promove a quebra de moléculas de carboidrato anaerobicamente, o que resulta em uma baixa produção de energia por mol de glicose e conseqüentemente, redução do crescimento (LOBO; JOLY, 2000). Segundo Lepsch (2011), o ar do solo é tão importante quanto a água, tanto do ponto de vista ecológico, quanto nos processos pedogenéticos. Reichardt e Timm (2004) relataram que a dinâmica dos gases no solo ainda é pouco estudada, pois, o estudo físico-analítico dos processos de transferência dos mesmos no solo é bastante complexo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido no período de novembro de 2015 a maio de 2016, em três áreas de florestas plantadas sendo estas: eucalipto, pinus e mata ciliar reflorestada, situadas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira (UNESP), localizada no município de Selvíria-MS, à margem direita do rio Paraná, com coordenadas 20° 21'. 02. "64" de latitude Sul e 51° 23'. 56 64" de longitude Oeste, com 331 m acima do nível do mar.

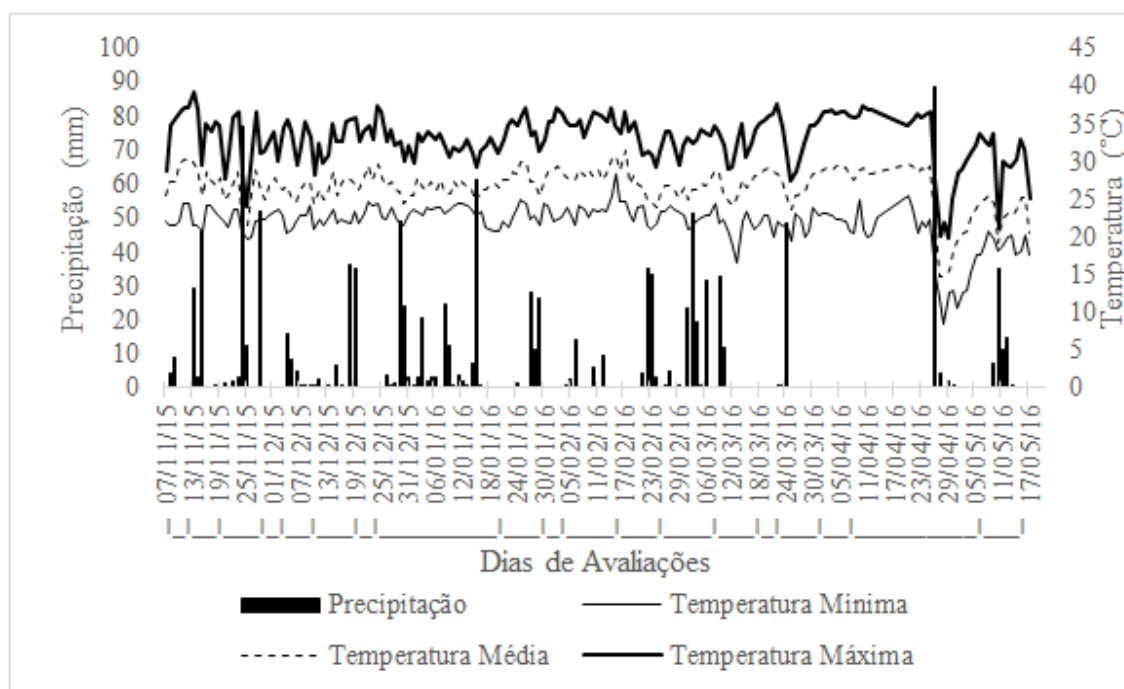
Figura 1- Localização das áreas estudadas no município de Selvíria -MS obtida via satélite



Fonte: Google (2016).

O clima da região é classificado de acordo com o sistema internacional de Köppen, tropical úmido (Aw), com estações chuvosas no verão e seca no inverno, com médias anuais de precipitação de 1370 mm, temperatura de 23,5° C e umidade relativa do ar entre 70 e 80 %. (Figura1). O solo das áreas experimentais fora classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, A moderado (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA- EMBRAPA, 2013), com declive de 0,0 25 mm⁻¹. O relevo foi caracterizado como moderadamente plano e ondulado.

Figura 2- Precipitação pluvial (mm), e temperaturas (°C) máxima, média e mínima, durante os 193 dias de condução do experimento. Selviria – MS, 2015 e 2016



Fonte: Próprio autor.

As áreas experimentais foram denominadas: (EU) corresponde a uma área de três hectares constituída por uma população base de *Eucalyptus camadulensis*, implantada em abril de 1986, sob o espaçamento de 4 x 4 m; (MA) formada pela Mata ciliar instalada desde março de 1986, sendo constituída por espécies de: *Albizia lebeck*, *Chorisia speciosa*, *Cydonia oblonga*, *Enterolobium contortisiliguun*, *Eugenia jambolaria*, *Ficus clusiaefolia*, *Holocalyx glaziovii*, *Hovenia dulcis*, *Jacaranda semisenata*, *Koelreuteria paniculata*, *Moquilea fomentosa*, *Morus nigra*, *Myroxylon balsamun*, *Peltophorum dubium*, *Psidium guajava*, *Pterocarpus quercinus*, *Pelophorum vogelianum*, *Spondias venulosa*, *Tabebuia chrysotricha*, *Tabebuia impetiginosa* e *Tabebuia odontodiscus*. Distribuídas de forma casualizadas sob o

espaçamento de 3 x 2 m entre plantas; (PI) formada por três hectares de *Pinus caribae var hondurensis*, implantado em junho de 1986 no espaçamento de 3 x 3 m (metros) .

3.2 DETERMINAÇÃO DE EMISSÃO DE CO₂.

Nas três áreas avaliadas a determinação da emissão de CO₂ (FCO₂), temperatura (Ts), umidade (Us) e captura de O₂ do solo (EO₂), foram realizadas no período de novembro de 2015 a maio de 2016, totalizando 20 avaliações por área estudada. As avaliações ocorreram uma vez por semana sempre no período da manhã e todas as áreas eram avaliadas no mesmo dia. A emissão de CO₂ do solo (FCO₂) foi registrada por meio de câmara de fluxo LI-8100 (LI-COR Bioscience, Nebraska, EUA). A câmara é um sistema fechado com volume interno de 991 cm³, com área de contato com o solo de 78,5 cm². Ela se constitui de um sistema de análise de fotossíntese, que verifica a concentração de CO₂ em seu interior, por meio de espectroscopia de absorção óptica na região espectral do infravermelho. Em cada área foram estabelecidos 25 pontos de amostragens formados por colares de PVC (cloreto de polivinilo) constituídos de 10 cm de diâmetro e 8,5 cm de altura que permaneceram fixos no local durante todo decorrer do experimento. O equipamento era acoplado a esses colares e por ponto realizou-se a leitura de FCO₂ por 120 segundos.

Figura 3- Sistema LI-8100 interligado à câmara de solos (a), e câmara para solo inserida sobre o colar de PVC (b), colar de PVC inseridos no solo na área de pinus (c)



Fonte: Próprio autor (2016).

3.3 TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO

A temperatura do solo (T_s) e a umidade do solo (U_s) foram avaliadas em todos os pontos estudados, com auxílio do sensor de temperatura do sistema ao LI-8100 e de umidade determinada por meio de um equipamento de TDR (Time Domain Reflectometry Hydrosense TM, Campbell Scientific, Austrália); duas hastes metálicas com 0,2 m inseridas perpendicularmente no solo, próximo dos pontos amostrados de avaliação de emissão de CO_2 .

3.4 ABSORÇÃO DE O_2

Para a determinação da absorção e ou (captura) de O_2 do solo foram selecionados dez pontos aleatórios em cada área, sendo a determinação de EO_2 realizada por meio de um sensor portátil UV Flux no ambiente no âmbito de 0-25%. (CO₂Meter, Inc.). Tal sistema é constituído de um sensor portátil que utiliza o princípio da fluorescência com a luz ultravioleta (UV) para determinar a concentração do oxigênio no ambiente. O mesmo é adaptado ao computador e utiliza o software GasLab® para configuração, calibração e registro dos dados em tempo real. A taxa de captura do O_2 do solo (dO_2/dt) foi calculada por interpolação linear dos valores de concentração do gás no interior da câmara durante os primeiros 300 segundos de amostragem.

Figura 4- Sistema UV Flux 25% (a), utilizado para a determinação das taxas de captura de oxigênio e monitoramento da concentração de O_2 em área de Pinus (b)



Fonte: ManualSensor UV Flux 25% Oxygen (a) Próprio autor (b) (2016).

3.5 CÁLCULO DA ABSORÇÃO DE O₂.

A absorção do EO₂ foi calculada pela equação (1) levando em consideração a pressão atmosférica, a temperatura do ar e o volume da câmara de aviação.

$$EO_2(t) \equiv \frac{dO_2}{dt} \times A \quad \text{Eq(1)}$$

Em que $EO_2(t)$ é a quantidade de O₂ medida no tempo; dO_2 é a alteração da concentração em relação a unidade de tempo (dt) na área de superfície do colar (A) (JASSAL et al., 2012, GIACOMO et al., 2014). As concentrações iniciais das leituras estiveram em parte por milhão (ppm). O volume da câmara de PVC foi 0,00066 m³ com área de 0,008 m². O volume medido pelo sensor (ppm) foi convertido em mol de O₂ utilizando a equação da lei dos gases ideais:

$$P(\Delta V) = (\Delta n)RT \quad \text{Eq(2)}$$

Em que o valor de V é o volume de captura / absorção de O₂ dado em (ppm); P corresponde à pressão atmosférica (Pa), T a temperatura do ar atmosférico (K) e R a constante dos gases perfeitos (J mol⁻¹ K⁻¹).

3.6 CÁLCULO DO RQ

O quociente respiratório é a razão entre o volume de CO₂ produzido e o volume de O₂ absorvido na respiração ao longo de um período de tempo. Seu valor pode ser um, zero, maior ou menor que um. Com os resultados das emissões de CO₂ e valores de absorção de O₂ foi calculado RQ expresso (mol mol⁻¹).

$$RQ = FCO_2 / EO_2 \quad \text{Eq(3)}$$

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados, inicialmente, por meio da estatística descritiva (média, erro-padrão da média, desvio-padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação, assimetria e curtose). Foi realizado o teste de Teste de Shapiro-Wilk, verificar a normalidade dos dados. As variáveis foram analisadas por medidas repetidas no tempo, por meio de modelos mistos. Os dados foram avaliados pelo procedimento PROC MIXED do SAS (SAS versão 9.3, SAS instituto, Cary, NC, EUA). As análises da variância e de correlação linear entre as variáveis foram

realizadas, utilizando o sistema SAS (SAS versão 9.1, SAS instituto, Cary, NC, EUA). A comparação de médias foi realizada por meio do teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade utilizando o software R (R Development Core Team, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de emissão de CO₂ do solo, ao longo do período dos 193 dias nas áreas estudadas EU, MA, PI, foram de 5,61; 5,53 e de 4,06 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente. A emissão do CO₂ em PI foi menor ($p < 0,05$) e diferenciou-se estatisticamente das demais (Tabela 1), (Figura 5a). Os valores do FCO₂ encontrados nas três áreas foram semelhantes aos encontrados por diversos autores em áreas de florestas tropicais da Amazônia (SOTTA et al., 2004); floresta de Transição Amazônica Cerrado (PINTO JUNIOR et al., 2009), florestas coníferas e áreas de pastagens localizadas em Taiwan (KAO; CHANG, 2009), florestas de bambu na China (LIU et al., 2016) e mesmo em áreas de rotação com culturas energéticas na Alemanha como salgueiro (*Salix spp.*) e álamo (*Populus spp.*) (ZURBA, 2016).

O EO₂ não se diferenciou estatisticamente nas três áreas estudadas (Figura 5d), em virtude de os dados apresentarem alta variabilidade (Tabela 1). O ocorrido impossibilitou a observação de diferenças significativas entre as áreas estudadas. Todavia, no decorrer dos 193 dias de avaliação percebe-se que os valores de EO₂ tendem a se aproximarem.

Os valores de coeficiente de variação (CV) de FCO₂ em EU, MA e PI foram de 37,80%; 33,43% e 38,25%, respectivamente, sendo considerados altos (CV > 24%), segundo os critérios de classificação proposto por Warrick e Nielsen (1980) (Tabela 1). Valores de CV altos foram observados por diversos autores em diferentes culturas (PANOSSO, et al., 2008; SIQUEIRA NETO, 2009; D'ANDRÉA et al., 2011; SILVA et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2016; TAVARES et al., 2016). Em áreas agrícolas, FCO₂ é a resultante da interação de diversos fatores químicos, físicos e biológicos, sendo alterado por práticas de manejos do solo e das culturas, além das condições edafoclimáticas locais (SILVA et al., 2014), como: teor de matéria orgânica (LAL, 2009), densidade do solo (BRITO et al., 2009), temperatura

do solo (USSIRI; LAL, 2009; SILVA-OLAYA et al., 2013), umidade (LA SCALA et al., 2006) e pH (Xu; Qi 2001).

Tabela 1- Estatística descritiva da emissão de CO₂ do solo, absorção de O₂ do solo, temperatura e umidade, nas três áreas de experimento em Selviria- MS.

Área	Média	Mediana	DP	CV(%)	Coef. Ass.	Coef. Curt.
	Emissão de CO ₂ (μmol m ⁻² s ⁻¹)					
Eucalipto	5,606 a	5,365	2,121	37,809	0,71	0,001
Mata Ciliar	5,526 a	5,140	1,848	33,438	0,876	0,002
Pinus	4,059 b	3,850	1,553	38,255	0,837	0,002
Temperatura do solo (°C)						
Eucalipto	26,52? a	26,5	1,018	3,839	-1,073	0,005
Mata Ciliar	25,765 a	25,9	1,322	5,13	-1,628	0,007
Pinus	26,0 a	26,3	1,297	4,988	-1,321	0,003
Umidade do solo (%)						
Eucalipto	10,669 a	10	4,397	41,216	0,993	0,002
Mata Ciliar	15,62 b	15	5,221	33,427	0,416	-0,001
Pinus	11,566 a	11	3,811	32,949	0,231	0
Absorção de EO ₂ do solo (mg m ⁻² s ⁻¹)						
Eucalipto	0,366 a	0,266	0,315	86,013	0,833	0
Mata Ciliar	0,344 a	0,254	0,32	93,254	1,049	0,003
Pinus	0,370 a	0,259	0,325	87,818	0,726	-0,001

¹Desvio Padrão (DP); Coeficiente de Variação (CV); Coeficiente de Assimetria (Coef. Ass.); Coeficiente de Curtose (Coef. Curt).

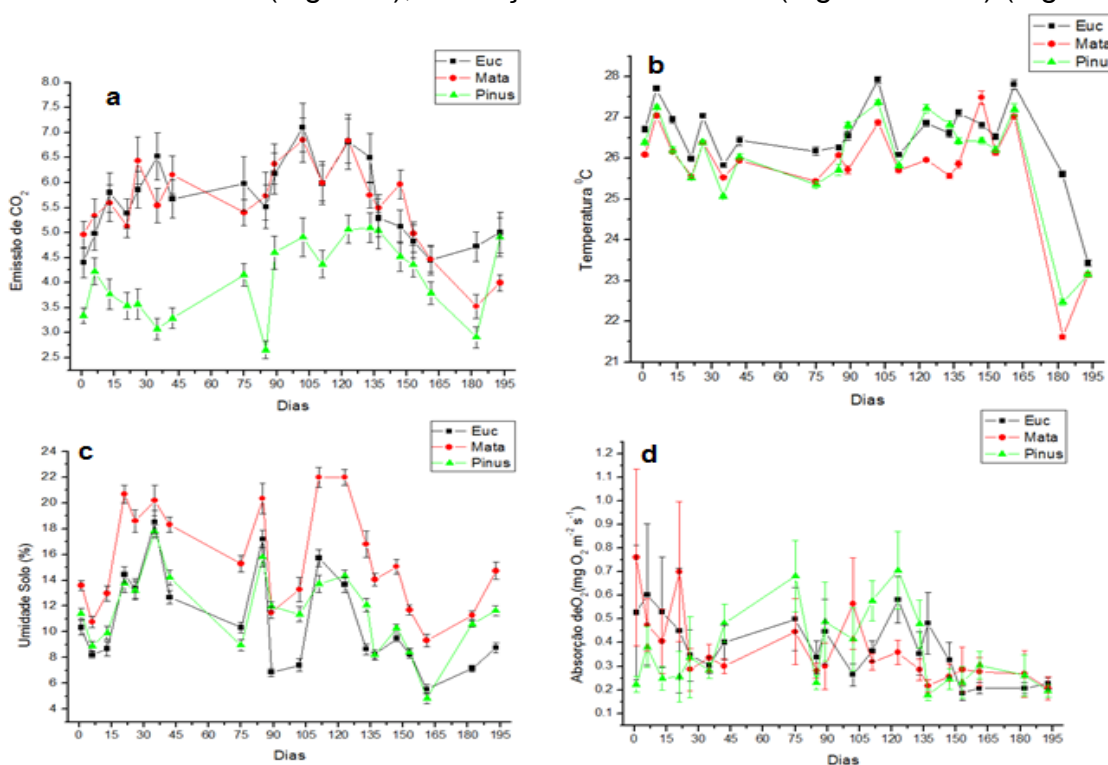
Fonte: Próprio autor.

O CV de EO₂ (Tabela 1), para EU, MA e PI também, foi elevado com valores de 86,01%; 93,25% e 87,81% respectivamente. Segundo Gill (1987), estudos nas áreas de biológicas, CV menores que 1% são raros, sendo que muitas variáveis apresentam coeficientes de variação na faixa de 5% a 50%. Os coeficientes de assimetria e curtose indicam se a distribuição dos dados de uma variável está próxima à distribuição normal (coeficientes iguais à zero) (PANOSSO et al., 2009). Na (Tabela 1), os coeficientes de assimetrias para EU, MA e PI, foram de: 0, 83, 1,049 e 0,77, respectivamente. Assim, indicaram que a distribuição está próxima da normalidade. Então, não houve necessidade de transformação de seus valores previamente a condução das análises estatísticas.

Na MA foi observado o maior valor de média de umidade do solo (Us) (15,62%) que se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) das demais medidas Us

verificada em Pi e EU de 11,56% e 10,66% respectivamente (Tabela 1). Provavelmente, o fato de a MA estar muito próxima ao rio ocorreu à formação de um microclima na área, o que proporcionou manutenção da Us. No entanto, Almeida e Soares (2003), no Espírito Santo – Brasil expõem que o balanço hídrico entre áreas de eucalipto e mata atlântica observada por um período de sete anos de estudo são similares quanto à evapotranspiração anual e ao uso de água do solo. Em relação aos valores de temperatura do solo (T_s) as médias não diferenciaram entre MA, PI e EU e apresentaram os seguintes valores, respectivamente: 25,76 °C, 25,99 °C e 26,52 °C. (Tabela1) (Figura 5b).

Figura 5- Emissão de CO_2 do solo (Figura a), Temperatura do solo °C (Figura b), umidade do solo (Figura c), Absorção de O_2 do solo ($mg\ O_2\ m^{-2}\ s^{-1}$) (Figura d).



Fonte: Próprio autor.

Nos primeiros 15 dias de estudo que correspondem às três primeiras avaliações do FCO_2 nas áreas EU e MA ocorreu um aumento do fluxo nesse período. O valor médio da precipitação nesse intervalo avaliado foi de 7,11mm (Figura 2), sendo que no 15º dia ocorreu uma precipitação de 0,5mm. A Us possuía o valor médio de 9,06% no EU e 12,44% e na MA (Figura 5c), que contribuiu para elevação das emissões.

Aos 20 dias o FCO_2 diminuiu nas áreas de EU e MA (Figura 5a), contudo, obteve os maiores valores de Us, nas proporções de 14,44% e 20,68% em EU e MA

respectivamente (Figura 5c). Provavelmente, o aumento do teor de água no solo impediu as trocas gasosas de CO_2 e O_2 com a atmosfera devido à dificuldade dos gases se difundirem pelos poros do solo. Conseqüentemente, criou-se um ambiente com condições anaeróbicas no solo (LUO; ZHOU, 2006), que conseqüentemente, comprometeu a mineralização da matéria orgânica.

A variação temporal do FCO_2 de até os primeiros 55 dias, compreendida entre a 6^o até a 17^o avaliação, obteve valores de fluxos sempre superiores ao valor do fluxo inicial observado na 1^o avaliação em EU e MA. A U_s para a MA nesse intervalo permaneceu igual ou superior ao valor inicial avaliado de 13,6%, possivelmente, devido a sua proximidade do rio e composição diversificada de serapilheira que atuou como barreira física e contribuiu para a redução da evaporação e manutenção da umidade do solo. No entanto, o mesmo não foi observado para EU que oscilou os valores de U_s com máxima 18,52% e mínima de 6,84%. A temperatura nesse período apresentou valores médios de 26^oC nas duas áreas. Segundo Straaten et al. (2009), a umidade do solo pode tanto favorecer ou inibir o fluxo do gás.

Inicialmente, o FCO_2 em PI teve um comportamento parecido com EU e MA. Da 1^o para a 2^o avaliação ocorreu um intervalo de cinco dias, e o fluxo aumentou (Figura 5a), o valor médio da U_s diminuiu de 11,4% para 8,88% (Figura 5c). No entanto, em PI no período entre 13 (3^o avaliação) até 35 dias (6^o avaliação) (Figura 5a) o FCO_2 decresceu e o valor médio de U_s elevou-se de 9,92% para 17,8%. Foi o valor mais alto observado desde o dia 01. Nesse período, a precipitação foi de 190,4 mm com uma média diária de 8,27mm (Figura 2), possivelmente, o que favoreceu o aumento das emissões de CO_2 no solo, dado que, a umidade aliada aos atributos físicos do solo tais como: textura, porosidade e densidade influenciam na concentração do gás no solo e no regime de suas trocas gasosas (SOTTA et al., 1998). Diversos autores relatam a interferência das precipitações no FCO_2 e a U_s (DUIKER; LAL, 2000; LA SCALA et al., 2001; LA SCALA et al., 2006; SCHWARTZ et al., 2010; PANOSSO et al., 2009; PANOSSO et al., 2011; LEON et al., 2014; SIGNOR et al., 2014; MOITINHO et al., 2015).

Aos 85 dias (9^o avaliação), no final do mês de janeiro de 2015, o valor de U_s estava em 15,8% (Figura 5 a e c), e ocorreu a menor emissão de PI observada ao longo dos 193 dias. (Figura 5a). No dia anterior a avaliação ocorreu uma precipitação com 26,4mm (Figura 2). Ao que tudo indica, devido à chuva, ocorreu

uma rápida expulsão de quantidades significativas do gás nos macroporos do solo (SMART; PEÑUELAS, 2005), e posteriormente uma redução do fluxo (KIM et al., 2010). Segundo os estudos de Schwendenmann et al. (2003), em áreas de floresta tropical na Costa Rica onde se estudou a variabilidade espacial e temporal do CO₂ sob dois solos distintos, constatou-se que o fluxo diminuía nos períodos em que o solo apresentava elevada umidade. Até esse período, em nenhuma das três áreas a temperatura do solo (Ts) apresentou grandes variações.

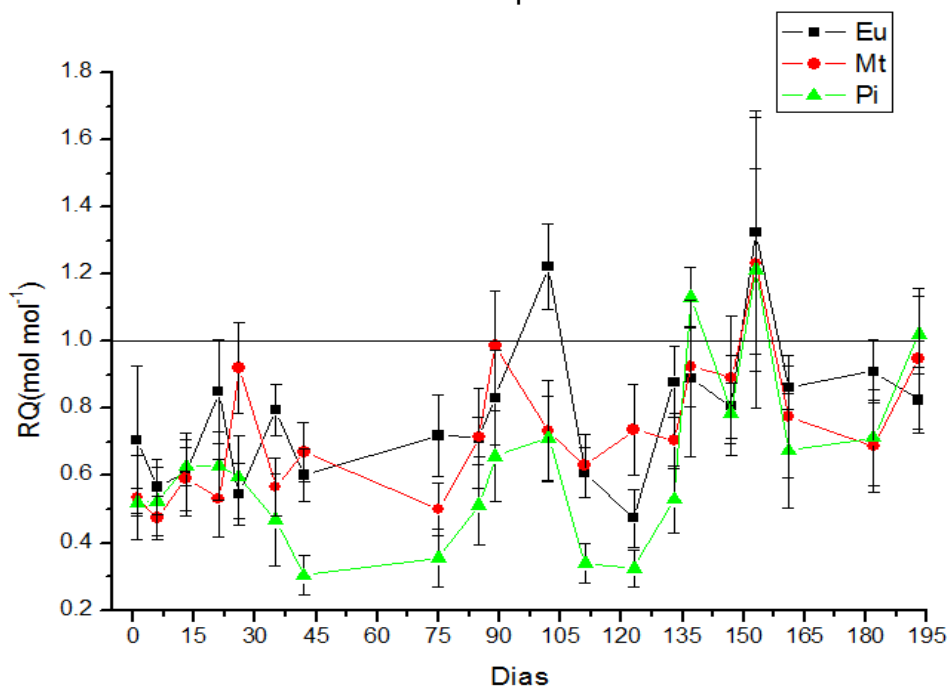
Nas três áreas, no período entre os 120 dias e 180 dias, o FCO₂ decresceu (Figura 5a). Esse intervalo compreende a 13^a a 18^a avaliação, realizadas nos meses de março e abril de 2016, onde a precipitação média foi de 243mm e 94,8mm respectivamente. No intervalo dos 180 a 193 dias a precipitação média foi de 5,74mm. Nota-se que a Ts diminui (Figura 5b) e as três áreas tiveram uma queda nos valores do FCO₂ principalmente em PI. Nesse dia ocorreu a menor média de Ts observado durante todo o experimento, com valor de 23° C para as três áreas. No entanto, mesmo com a observação desse fato, não podemos atribuir essa redução do FCO₂ ao efeito da temperatura, uma vez que aos 193 dias, mesmo com a menor Ts, a emissão de CO₂ do solo nas três áreas se elevaram (Figura 5c). Possivelmente, a baixa precipitação nesse período (Figura 1), colaborou para a estabilidade do CO₂ nos macroporos do solo uma vez que, expulsão de quantidades significativas de CO₂ do interior do solo ocorre devido à infiltração de água nos espaços porosos (LAL, 2009). A PI foi à única área onde ao longo dos 180 dias de estudo os valores de emissão ficaram abaixo de 5,5 μmol m⁻² s⁻¹. (Figura 5a). Nota-se que aos 193 dias (20^a avaliação), os valores de emissão começaram a se assemelhar nas três áreas. Segundo Silva et al. (2016), o FCO₂ nos sistemas agroflorestais é sensível a sazonalidade das precipitações.

4.1 RELAÇÃO ENTRE A EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO E ABSORÇÃO DE O₂

No decorrer dos 193 dias de estudo, os valores de RQ permaneceram em sua maioria abaixo do valor 1 (RQ <1) (Figura 6). Este fato sugere que o consumo de O₂ foi maior que a emissão de CO₂. O mesmo foi observado por Dilly (2003) e Dilly (2011) no norte da Alemanha, que avaliou o solo de diferentes ecossistemas agrícolas e floresta e frequentemente encontrava valores de RQ < 1. Segundo o

autor consumo de O_2 e a emissão CO_2 no solo e na serapilheira possuem correlação alta. No entanto, no presente estudo a alta variabilidade dos dados impossibilitou altas correlações entre todas as variáveis. EU, MA e PI por se tratarem de sistemas florestais com mais de 30 anos de idade, encontram-se estabilizados, provavelmente, devido à intensa atividade biológica no solo, principalmente devido à espessa camada de serapilheira. Segundo Primavesi (2002), Cook et al. (2007) e Lespch (2011), solos com maior atividade biológica os microrganismos consomem mais O_2 do que liberam CO_2 .

Figura 6- Razão entre a emissão de CO_2 e a absorção O_2 do solo ao longo dos 193 dias de experimento



Fonte: Próprio autor.

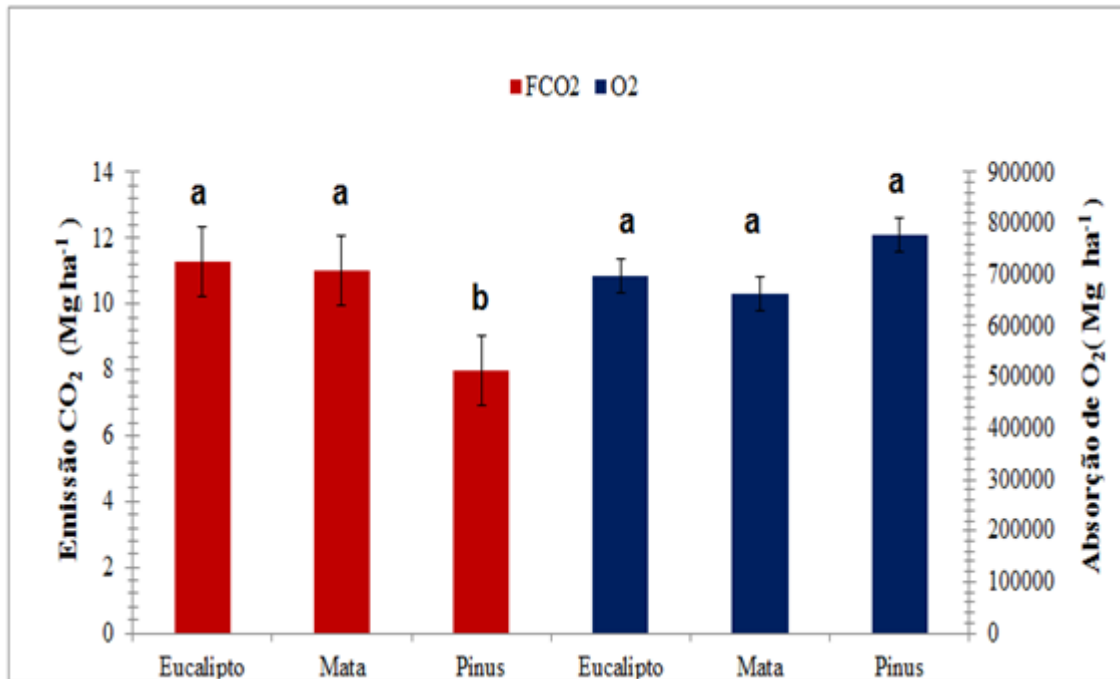
Aos 102 dias somente a área de EU teve valor de RQ acima de 1, com RQ = 1,22 (Figura 6). Este fato é compreendido de forma que no mesmo período os valores de EO_2 foram baixos e de FCO_2 foram altos (Figura 5 d e a). Valores de RQ >1 também foram observados aos 153 dias com valores de 1,32, 1,23 e 1,02 para EU, MA e PI respectivamente (Figura 6). Nessas duas avaliações, as médias das precipitações foram muito baixa ou nula (Figura 5c), o que provavelmente, comprometeu as atividades dos microrganismos no solo, e reduziu a absorção de O_2 . A água é responsável por transportar as moléculas de O_2 da atmosfera para o solo. Segundo Smith et al. (2003), a umidade do solo melhora as atividades dos

microrganismos e das raízes. Possivelmente, devido à baixa umidade do solo houve uma redução das atividades biológicas dos microrganismos e conseqüentemente, o menor consumo de O₂. No entanto, esse fato não inibiu o processo de respiração das raízes que continuaram a contribuir com respiração de solo resultando na emissão do CO₂.

4.2 EMISSÃO TOTAL DE CO₂ E ABSORÇÃO DE O₂ DO SOLO NO PERÍODO DE ESTUDO

Não houve diferença significativa para o acúmulo total da absorção de O₂. Os valores obtidos da emissão total de CO₂, contabilizados durante as 20 avaliações nos 193 dias de estudo, nas três áreas avaliadas, demonstram que PI resultou na menor emissão total de CO₂ do solo (7,97 Mg ha⁻¹) diferindo significativamente ($p < 0,05$) das áreas de EU (11,26 Mg ha⁻¹) e MA (10,99 Mg ha⁻¹), (Figura 7). Assim, área de PI emitiu 27,48% menos CO₂ quando comparado à área de MA e 29,23% e com EU. Essa menor emissão deve-se ao fato, da constituição físico química da serapilheira, uma vez que, a presença de compostos inibidores à atividade microbiana, como compostos fenólicos e resinas (ROVIRA; VALLEJO, 2002; BRAGA et al., 2016). Melo e Resck (2002), compararam a procedência de *Pinus caribaea* quanto à queda de serapilheira no Cerrado sob um Latossolo. Os autores observaram que a serapilheira foi constituída principalmente por acículas e que a velocidade de decomposição do material foi baixa, provavelmente devido presença de resina. Em adição, os autores ressaltaram que a taxa de decomposição pode variar até 629 anos, dependendo da região e do material. Segundo Bianchi et al. (2016), a dinâmica da serapilheira no ambiente florestal através do aporte, deposição e decomposição, mostram-se fortemente influenciadas pela precipitação e temperatura. Também, a espessa camada de serapilheira possivelmente, atuou como uma barreira física e conteve a emissão do CO₂. Segundo Darenova, Pavelka, Macalkova (2016), a serapilheira pode influenciar na troca de água e energia entre o solo e o ar e atuar como barreira física na interceptação da radiação solar impedindo o aquecimento do solo, e conseqüentemente contribuir para a redução da sua respiração.

Figura 7- Acúmulo de CO₂ e absorção de O₂ no solo no decorrer de 193 dias de experimento (Mg ha⁻¹)



Fonte: Próprio autor

O cultivo de pinus ao longo de 30 anos na área supostamente, pode ter contribuído para uma acidificação nos solos, (GIDDENS et al. 1997; LILIENFEIN et al., 2000; ROVIRA; VALLEJO, 2002; BRUN et al., 2009) o que consequentemente pode ter afetado de forma negativa nas populações de actinomicetos a biomassa microbiana nessa área (CRAWFORD et al. ,1993). Braga et al (2016), avaliou a fertilidade, biomassa e atividade microbiológica do solo sob coberturas florestais de eucalypto e pinus com 40 anos de idade em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Minas Gerais. Os resultados mostraram que o solo sob pinus apresentou os menores índices microbiológicos, e o nível de fertilidade foi extremamente baixo sob todos os tipos de cobertura vegetal avaliada. Segundo Oertel et al. (2016), as condições do solo ácido levam a uma redução das emissões CO₂ do solo.

4.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR SIMPLES

Na análise de correlação linear de Pearson, os atributos estudados indicaram que em EU a variável FCO₂ apresentou correlações significativas com EO₂ ($r = 0,12$, $p < 0,05$) e Us ($r=0,31$, $p < 0,05$), consideradas fracas.

Valores semelhantes de correlação de FCO₂ com os Us foram encontrados em áreas de florestas de transição entre Amazônica e Cerrado e em áreas de pastagens (PINTO JUNIOR et al., 2009). Diversos trabalhos conduzidos sob diferentes condições de clima, solo, vegetação e manejo também, constataram correlações baixas ou não significativas entre FCO₂ e atributos como Ts e Us. (LA SCALA; BOLONHEZI; PEREIRA, 2006; COSTA et al., 2008; REICOSKY; ARCHER, 2007; METCALFE et al., 2007; IAMAGUTI et al., 2015).

Em MA não foi observada correlação significativa entre FCO₂ e EO₂ ($p>0,05$), no entanto, FCO₂ apresentou correlação moderada com as variáveis Us e Ts, ($r=0,44$ $p= < 0,05$) e ($0,63$, $p= < 0,05$) respectivamente.

Em PI foi observado valores de correlações significativas e moderadas somente entre FCO₂ e os atributos Ts ($r=0,40$; $p= < 0,05$), positiva e Us ($r= -0,42$; $p= < 0,05$), negativa. O mesmo foi observado por D'Andréa et al. (2011), em um povoamento de eucalipto na região Sudeste do Brasil, verificaram correlação positiva com FCO₂, temperatura e negativa com a umidade e densidade de solo. Para Gritsch et al. (2015), que avaliaram as emissões de CO₂, em diversos solos europeus com diferentes tipos de uso da terra e sob condições de clima, o CO₂ respondeu fortemente às variações de temperatura e grau de umidade.

5 CONCLUSÃO

A floresta de pinus no Cerrado apresentou os menores valores de emissão total de CO₂ (7,97 Mg ha⁻¹) ao longo dos 193 dias de estudo. Floresta de eucalipto teve uma emissão de (11,26 Mg ha⁻¹) e área de mata ciliar (10,99 Mg ha⁻¹).

A absorção de oxigênio foi semelhante nos três sistemas florestais. Os solos da área de pinus consomem mais O₂ do que liberaram CO₂.

A precipitação e a umidade do solo influenciaram nas variações das emissões de CO₂ do solo.

REFERÊNCIAS

- ADUAN, R. E.; VILELA, M. de F.; KLINK, C. A. **Ciclagem de carbono em ecossistema as terrestres: o caso do Cerrado brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 30 p.
- ALEXANDER, C. E.; CRESSE, M. S. An assessment of the possible impact of expansion of native woodland cover on the chemistry of Scottish freshwaters. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 73, n. 1, p. 1-27, 1995.
- ALI, M.; TAYLOR, D.; INUBUSHI, K. Effects of environmental variations on CO₂ efflux from a tropical peatland in eastern Sumatra. **Wetlands**, Netherlands, v. 26, n. 2, p. 612-618, 2006.
- ALMEIDA, A. C; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, Visoça, v. 27, n. 2, 159:170, 2003.
- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre o uso da água em plantações de *eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica). **Revista Arvore**, Visoça, v. 27, n. 2, 159:170. 2003.
- ANDRADE, A.G.; CABALLERO, S. S. U.; FARIA, S. M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 22 p. (Série de documentos, 13).
- ANGERT, A; YAKIR, D; RODEGHIERO, M; PREISLER, Y; DAVIDSON, E .A; WEINER, T. Using O₂ to study the relationships between soil CO₂ efflux and soil respiration. **Biogeosciences**, Germany, v. 12, n. 16, p. 2089–2099, 2015.
- BALL, B. C. Soil structure and greenhouse gas emissions: a synthesis of 20 years of experimentation. **European Journal of Soil Science**, Chichester v. 64, n. 524, p. 357-373, 2013.
- BERTAN, C. R. **Produção e decomposição da serapilheira em sistemas florestais subtropicais no Sul do Brasil**. Erechim: URI, 2014. Disponível em: <http://www.uricer.edu.br/cursos/arq_trabalhos_usuario/2607.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2017.
- BERTANI G; ANDERSON, L.O.; ARAGÃO, L. E. O. C; FORMAGGIO, A. R. Quantificação da dinâmica de biomassa do solo nas áreas de sisonomia florestal dos Cerrados no Estado do Mato Grosso entre 1997 e 2010. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO- SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4442-4449. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4CQ2>>. Acesso em: 14 fev 2017.
- BERTOLINI, L. **Materiais de construção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. p.414. Disponível em :

<<https://books.google.com.br/books?id=ciaPDAAAQBAJ&pg=PT3&dq=BERTOLINI+Materiais+de+constru%C3%A7%C3%A3o.+Lugar+de+Publica%C3%A7%C3%A3o&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjVj9uOq8fTAhXCEZAKHfDwAYgQ6AEIJzAA#v=onepage&q=BERTOLINI%20Materiais%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o.%20Lugar%20de%20Publica%C3%A7%C3%A3o&f=false>>. Acesso em: 28 abr . 2017.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Science Society of America Journal**, Madison , v. 66, n. 3, p. 888-896, 2002.

BOND-LAMBERTY, B; THOMSON, A. A global database of soil respiration data. **Biogeosciences**, Goettingen , v. 7, n. 6, p. 1915-1926, 2010.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 704p

BRAGA, R. M.; DE SOUSA, F. F.; VENTURIN, N. ASSIS, B. F. Biomassa e atividade microbiana sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 22. n. 2, p. 137-143.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e Cerrado na Chapada, em Uberlândia (MG) . **Caminhos. da Geografia**, Uberlândia , v. 3,n. 6, p. 46:56, 2002.

BRAZIL. Third National Communication of Brazil to the United Nations Framework **Convention on Climate Change Brasilia**. [S.l.: s.n.], 2016. [Disponível em: <http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706740/MCTI_SUMARIO+EXECUTIVO_ingles.pdf/3404490b-700d-4fe0-b877-6c3511994e69>._ Acesso em: 5. jan. 2017.

BREUER, L.; PAPEN, H; BUTTERBACH-BAHL, K. N₂O emission from tropical forest soils of Australia. **Journal of Geophysical Research**, Atmospheres , v. 105, n . 21, p. 6353–26367, 2000. Missão de N₂O de solos de florestas tropicais da Austrália.

BRITO, L. F.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; LA SCALA, N. Soil CO₂ emission of sugarcane field as affected by topography. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 77-83, 2009.

BROOKES, D. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology Fertily Soils**, Berlin v. 19, n. 3, p. 269- 279, 1995.

BRUN, J. E.; BRUN, F. G. K.; MEYER, A. E.; SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P. Variação da acidez do solo sob plantios de Pinus elliottii Engelm. de diferentes idades, na região central do Rio Grande do Sul. **Synergismuss Cyentifica**, Pato Branco, v. 4, n. 1, p. 25 - 27, 2009.

BUCHMANN ET AL, N.; BUCHMANN, D.; BONAL, T. S.; BARIGAH, J. M. GUEHL, J. R.; EHLERINGER. Insights in the carbon dynamics of tropical primary rainforests

using stable carbon isotope analyses. In: GOURLET-FLEURY, S.; GUEHL, J. M.; LAROUSSINIE, O. (Ed.). **Ecology and management of a neotropical rainforest**. France: Elsevier, 2004. p. 95–113.

BUNNELL, F. L.; TAIT, D. E. N.; FLANAGRAN, P. W.; VAN CLEVE, K. Microbial respiration and substrate weight loss, I, A general model of the influences of abiotic variables. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 33-40, 1977.

CALDEIRA, M.V.W; MARQUES, R.; SOARES, R. V; BALBINOT R,
Quantificação de serrapilheira e de nutrientes - Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CARVALHO, A. M. X; VALE, H. M.; FERREIRA, E. M; CORDERO, A. ,F. ,P.; BARROS, M. D. C. Atividade microbiana de solo e serrapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliottii* e *Terminalia ivorensis*. **Rev. Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 2709- 2716, 2008.

CHAVES, R. D. Q.; CORRÊA, G. F. Micronutrientes no sistema solo-*Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, Visoça, v. 27, n. 6, p. 769- 778, 2003.

CHEN, X; CHEN, G; CHEN, L; CHEN, Y; LEHMANN, J; MCBRIDE, M. B; HAY, A. G.; Adsorption of copper and zinc by biochars produced from pyrolysis of hardwood and corn straw in aqueous solution. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 102, n. 19, p. 8877–8884, 2011.

COUTINHO, R. P; IRQUIAGA, S.; BODDEY, R. M; ALVES, B.J.R.; TORRES, A. Q. A.; JANTALIA, C.P. Carbon and nitrogen stock and N₂O emissions in different land uses in the Atlantic Forest. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 195- 203, 2010.

COOK, F. J.; KNIGHT, D. J.H.; KELLIHER, F. M. Oxygen transport in soil and the vertical distribution of roots. **Australian Journal of Soil Research**, Clayton, v. 45, n.3., p. 101–110, p. 2007.

CRAWFORD, D. L.; LYNCH, J.M.; WHIPPS, J.L.; OUSLEY, M.A. Isolation and characterization of actinomycete antagonists of a fungal root pathogen. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.11, n. 59, p. 3899:3905, 1993.

CRUVINEL, Ê. B. F.; BUSTAMANTE, M. M. D. C; KOZOVITS, A. R.; ZEPP, R. G. Emissions of NO, N₂O and CO₂ from the soil of crops in the Cerrado region of central Brazil. **Agriculture, ecosystems and the environment**, Amsterdam, v.144, n. 1, p. 29-40, 2011.

D'ANDRÉA, A.; FONSECA, A.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURI, N.; SILVA, C. A. Variabilidade espacial do fluxo de CO₂ do solo em povoamento de eucalipto. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 407- 422, 2011.

DARENOVA, E.; PAVELKA, M.; MACALKOVA, L. Spatial heterogeneity of CO₂ efflux and optimization of the number of measurement positions. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 75, n. 4 p. 123–34, 2016. Doi: 10.1016/j.ejsobi.2016.05.004.

DAVIDSON, E. A.; JANSSENS, I. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, London, v. 440, n. 7081, p. 165-173, 2006.

DAVIDSON, E. A.; BELK, E.; BOONE, R. D. Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest: **Global Change Biology**, Malden, v. 4, n. 2, p. 217-227, 1998.

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado de solos do Campus Experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 1980. 131. p.

DE BIANCHI, M.; SCORIZA, R. N.; CORREIRA, M. E. F. Influência do clima na dinâmica de serrapilheira em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 97-101, 2016. .

DE MELO, J. T.; RESCK, D. V. S. **Retorno, ao solo, de nutrientes de serrapilheira de pinus no Cerrado do Distrito Federal**. Brasília: [s.n.], 2002. p. 20. Disponível em: <www.http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2002/bolpd/bolpd_75.pdf>. Acesso em : 22. jan. 2017.

DÍAZ-PINÉS, E.; SCHINDLBACHER, A.; GODINO, M.; KITZLER, B.; JANDL, R.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; RUBIO, A. Effects of tree species composition on the CO₂ and N₂O efflux of a Mediterranean mountain forest soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 384, n. 1-2, p. 243-257, 2014.

DILLY, O. Regulation of the respiratory quotient of soil microbiota by availability of nutrients. **FEMS Microbial Ecology**, New York, v. 43, n. 3, p. 375-381, 2003.

DILLY, O. Microbial respiratory quotient during basal metabolism and after glucose amendment 446 in soils and litter. **Soil Biology e Biochemistry**. Oxford, v. 33 117-127, 2001.

DUIKER, S. W.; LAL, R. Carbon budget study using CO₂ flux measurements from a no till system in central Ohio. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1-2, p. 21-30, 2000.

EPRON, D.; BOSCH, A.; BONAL, D.; FREYCON, V. Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 22, n. 5, p. 565:574, 2006.

EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; ROUPSARD, O.; MOUVONDY, W.; MABIALA, A.; SAINT-ANDRÉ, L.; JOFFRE, R.; JOURDAN, C.; BONNEFOND, J.; BERBIGIER, P.;

HAMEL, O. Spatial and temporal variations of soil respiration in a Eucalyptus plantation in Congo. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 202, n. 1, p. 149-160, 2004.

FANG, C.; MONCRIEFF, J. B.; GHOLZ, H. L.; CLARK, K. L. Soil CO₂ efflux and its spatial variation in a Florida slash pine plantation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 205, n. 2, p. 135–146, 1998.

FEARNSIDE, P. M. **A floresta amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA, 2003. 134 p.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. van. (Ed). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

FIGUEIREDO, E. B. D.; PANOSSO, A. R.; BORDONAL, R. D. O.; TEIXEIRA, D. D. B.; BERCHIELLI, T. T.; LA SCALA, N. Soil CO₂-C emissions and correlations with soil properties in degraded and managed pastures in southern Brazil. **Land Degradation & Development**, West Sussex, 2016. Disponível em :< <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.2524/full>> .Acesso em: 28.abr .1017.

GALFORD, G. L; MELILLO, J. M.; KICKLIGHTER, D. W.; CRONIN, T. W; CERRI, C. E. ; , MUSTARD, J. F.; CERRI, C. C. Emissions of greenhouse gases from alternative deforestation futures and agricultural management in southern Amazonia. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Nova York., v. 107, n. 46, p. 19.649-19.654, 2010.

GALLON, M. M. P. ; SANCHES, L.; PAULO, S. R. de. Fluxo e perfil de dióxido de carbono no dossel uma floresta tropical de transição amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos v. 21, n. 3, p. 79-88, 2006.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da et al. Carbon, nitrogen and activity of microbial biomass in soil under eucalypt plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA; L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 159-170.

GATTO, A; NAIRAM, B.; NOVAIS, F.; FERREIRA, S. . R.; LEITE, R. I; GARCIA, H.; VILLANI, E; MERCÊS, A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 895-905. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000500015>>. Acesso: 5 jan. 2017.

GIACOMO, G.; ANGELO, F.; FABIO, B.; STEFANO, B.; RICCARDO, M. Measurements of soil carbon dioxide emissions from two maize agroecosystems at harvest under different tillage conditions. **The Scientific World Journal**, Egypt, v. 2,

n. 14, p. 141345. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4228971/>>. Acesso: 28. abr . 2017.

GIDDENS, K. M.; PARFITT, R. L.; PERCIVAL, H. J. Comparison of some soil properties under *Pinus radiata* and improved pasture. **Journal of Agricultural Research**, New Zealand, v. 40, n. 3, p. 409-416, 1997.

GILL, J. L. **Design and analysis of experiments in the animal and medical sciences**. Ames: The Iowa State University, 1987. p. 411.

GLINSKI, J.; STEPNIOWSKI, W. **Soil aeration and its role for plants**. Boca Raton: CRC, 1985. 229 p.

GRAAE, B. J.; OAKLAND, R. H. Influence of historical, geographical and environmental variables on understory composition and richness in Danish forest. **Journal of Vegetation Science**, New York, v. 15, n. 4, p. 465–474.

GRAF, A.; HERBST, M.; WEIHERMÜLLER, L.; HUISMAN, J. A.; PROLINGHEUER, N.; BORNEMANN, L.; VERECKEN, H. Analyzing spatiotemporal variability of heterotrophic soil respiration at the field scale using orthogonal functions. **Geoderma**, Amsterdam, v. 181–182, n. 2, p. 91–101, 2012.

GRITSCH, C.; ZIMMERMANN, M.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. Interdependencies between temperature and moisture sensitivities of CO₂ emissions in European land ecosystems. **Biogeosciences**, Goettingen, v. 12, n.2, p. 5981- 5993.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado goiano. **Revista Brasileira, Ciência de Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 909-920, 2012.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal-2**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 918 p.

HASHIMOTO, S.; TANAKA, N.; SUZUKI, M.; INOUE, A.; TAKIZAWA, H.; KOSAKA, I.; TANAKA, K.; TANTASIRIN, C.; TANGTHAM, N. Soil respiration and soil CO₂ concentration in a tropical forest. **Journal of Forestry Research**, Harbin v. 9, n. 4, p. 75–79, 2004.,

HÖGBERG, P.; NORDGREN, A.; ÅGREN, G. Carbon allocation between tree root growth and root respiration in boreal pine forest. **Oecologia**, Germany, v. 132, n. 4, p. 579–581, [200-].

HOLANDA, A. C. et al . Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista. Árvore**, Viçosa , v. 39, n. 2, p. 245-254, Apr. 2015 Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000200245&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 abr 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-6762201500020000>

HOUGHTON, R. A. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soils and global change**. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 1995. p. 45-65. Disponível em:
<<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=557017&biblioteca=C PAC&busca=autoria:%22T.%22&qFacets=autoria:%22T.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=9>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

JASSAL, R. S; BLACKA, T. A.; NESIC, Z.; GAUMONT-GUAY D, Using automated nonsteady-state chamber systems for making continuous long-term measurements of soil CO₂ efflux in forest ecosystems. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 161, n. 4, p. 57– 65, [200-].

JONG VAN LIER, Q. de. Oxigenação do sistema radicular: uma abordagem física. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 25, n. 1, p. 233-238, mar. 2001 . Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?scriit=sci_arttext&pid=S0100-06832001000100025&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 abr. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000100025>.

SILVA JUNIOR, J. de A. et al . Fluxos de CO₂ do solo na floresta nacional de Caxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLOR/LBA. **Revista Brasileira Meteorologia**, São Paulo , v. 28, n. 1, p. 85-94, mar. 2013 . Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862013000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 abr. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862013000100009>.

KANG, S.; DOH, S.; LEE, D.; LEE, D.; JIN, V. L.; KIMBALL, J. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. **Global Change Biology**, Malden, v. 9, n. 3, p. 1.427-1.437, 2003.

KAO, W. Y.; CHANG, K. W. Soil CO₂ efflux from a mountainous forest-grassland ecosystem in central Taiwan. **Botanical Studies**, Taiwan, v. 50, n. 3, p. 337-342, 2009.

KELLER, M.; VARNER, R.; DIAS, J. D.; SILVA, H.; CRILL, P.; DE OLIVEIRA JUNIOR, R. R. C.; ASNER, G. P. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, methane, and carbon dioxide in logged and undisturbed forest in the Tapajos National Forest, Brazil. **Earth Interactions**, Washington, v. 9, n. 23, p. 1-28, [200-].

KIM, D. G.; MU, S.; KANG, S.; LEE, D. Factors controlling soil CO₂ effluxes and the effects of rewetting in adjacent deciduous, coniferous, and mixed forests in Korea. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 42, n. 4, p. 576–585, 2010.

KLEIN, V. A.; VIEIRA, M. L.; DURIGON, F. F.; MASSING, J. P.; FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 365-371, 2008.

KUMAR, S. **Respiratory Quotient (RQ)**: study notes. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.biologydiscussion.com/respiration/respiratory-quotient-rq-study-notes/15210>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

KUZYAKOV, Y. V.; LARIONOVA, A. A. Contribution of rhizomicrobial and root respiration to the CO₂ emission from soil (a review). **Eurasian Soil Science**, Moscow, v. 39, n. 7, p. 753-764, [200-].

KIZHA, A. R.; HAN, Han-Sup. Processing and sorting forest residues: Cost, productivity and managerial impacts. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 93, n. 3 p. 97-106, 2016.

LA SCALA, N. et al. Fractal dimension and anisotropy of soil CO₂ emission in an agricultural field during fallow. **International Agrophysics**, Poland, v. 23, n. 4, p. 353-358, 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2013: mitigation**. Geneva: [s.n.], 2014. . Contribution of Working Group III. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf>. Acesso: 28 abr.2017.

INKOTTE, J.; MAFRA, Á. L.; RIOS, P. D. Â.; BARETTA, D; VIEIRA, H. C. **Deposição de serapilheira em reflorestamentos de eucalipto e florestas nativas nas regiões Planalto e Oeste do Estado de Santa Catarina**. Piracicaba: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap02.pdf>>. Acesso em: 5 jan 2017.

IQBAL, J.; LIN, S.; HU, R.; FENG, M. Temporal variability of soil-atmospheric CO₂ and CH₄ fluxes from different land uses in mid-subtropical China. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 43, n. 37, p. 5865-5875, 2009.

IAMAGUTI, J. L.; MOITINHO, M. R.; TEIXEIRA, D. D.; BICALHO, E. D. S.; PANOSSO, A. R.; LA SCALA, N. Preparo do solo e emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área canavieira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 497–504, 2015.

JURY, W. A.; GARDNER, W. R.; GARDNER, W. H. **Soil physics**. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 1991. 328 p.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BARROS, N. F.; VIANA, A. P.; SANTOS, G. A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira. Ciência de Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 1489-1499, 2008.

GRAND, S.; RUBIN, A.; VERRECCHIA, E. P.; E VITTOZ, P. Variation in soil respiration across soil and vegetation types in an alpine valley. **PloS one**, San Francisco, v. 11, n. 9, p. 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5042455/>>. Acesso em: 28 abr 2017.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 4, n. 220, p. 242–258, 2005.

LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **European Journal of Soil Science**, West Sussex, v. 60, n. 2, p. 158–169, 2009.

LAL, R. World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 71, n. 2, p. 145-191, 2000.

LA SCALA, N.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; CORÁ, J. E. Short-term temporal changes in the spatial variability model of CO₂ emissions from a Brazilian bare soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 10, p. 1459-1462, 2000.

LA SCALA JUNIOR, N.; LOPES, A.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latosol in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 62, n. 3-4, p. 163-166, 2001.

LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 91, n. 1-2, p. 244-248, 2006.

LE QUÉRÉ, C.; MORIARTY, R.; ANDREW, R. M.; PETERS, G. P.; CIAIS, P.; FRIEDLINGSTEIN, P.; BODEN, T. A. Global carbon budget 2014. **Earth System Science Data**, Germany, v. 7, n. 1, p. 47-85, 2015.

LEON, E.; VARGAS, R.; BULLOCK, S.; LOPEZ, E.; PANOSSO, A. R.; LA SCALA, N. Hot spots, hot moments, and spatio-temporal controls on soil CO₂ efflux in a waterlimited ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 77, n.4, p. 12–21, 2014.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

LILIENFEIN, J. et al. Soil acidification in *Pinus caribaea* forests on Brazilian savanna Oxisols. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 128, n. 2, p. 145-157, 2000.

LIMA, R. P.; FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. D. M.; MATRICARDI, E. A. T. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n.1, p. 42-49. 2015.

LIVESLEY, S. J.; KIESE, R.; MIEHLE, P.; WESTON, C. J.; BUTTERBACH-BAHL, K.; ARNDT, S. K. Soil-atmosphere exchange of greenhouse gases in a Eucalyptus marginata woodland, a clover-grass pasture, and Pinus radiata and Eucalyptus globulus plantations. **Global Change Biology**, Oxford, v. 15, n. 4, p. 425–440.

LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2000. p. 143-157.

LOPES, M. I. M. S.; VUONO, Y. S.; DOMINGOS, M. Serapilheira acumulada na Floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Hoehnea**, São Paulo, v. 17, p. 59-70, 1990.

LUO, Y.; ZHOU, X. **Soil respiration and the environment**. Burlington: Academic Press, 2006. p.328.

MANDE, H. K.; ABDULLAH, A. M.; ARIS, A. Z.; NURUDDIN, A. A. A comparison of soil CO₂ efflux rate in young rubber plantation, oil palm plantation, recovering and primary forest ecosystems of Malaysia. **Polish Journal of Environmental Studies**, Olsztyn, v. 23, n. 5, p. 1649-1657 2014.

MATHEUS, M. T. Sequestro de carbono sob a óptica florestal no Brasil. **Revista Trópical - Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n.3, p. 104-116. 2012.

MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M. P.; PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 143-151, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000100016>>._Acesso em: 5. Jan. 2017.

MANTOVANELLI, B. C.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; SILVA, P. C. D. S.; SILVA, D. A. P.; CUNHA, J. M. D. ; SOARES, M. D. R. distribuição espacial da emissão de CO₂ e atributos do solo sob campo nativo na Região de Humaitá, Amazonas. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 273-284, 2016

METCALFE, D. B.; MEIR, P.; ARAGAO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; Da Costa, A. C. L.; BRAGA, A.; WILLIAMS, M. Factors controlling spatio-temporal variation in carbon dioxide efflux from surface litter, roots, and soil organic matter at four rain forest sites in the eastern Amazon, **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, Goettingen , v. 112, n. 2, 2007.

MOITINHO, M. R.; PADOVAN, M. P.; PANOSSO, A. R.; TEIXEIRA, D. D. B.; FERRAUDO, A. S.; LA SCALA, N. On the spatial and temporal dependence of CO₂ emission on soil properties in sugarcane (*Saccharum* spp.) production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 148, n. 4, p. 127–132, 2015.

MURPHY, M.; BALSER, T.; BUCHMANN, N.; HAHN, V.; POTVIN, C. Linking tree biodiversity to belowground process in a young tropical plantation: impacts on soil CO₂ flux. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 7, p. 2577–2588, 2008.

N..... JUNIOR, L. S.; PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; GONZALEZ, A. P.; MIRANDA, J. G. V. Fractal dimension and anisotropy of soil CO₂ emission in an agricultural field during fallow. **International Agrophysics** Poland, v. 23, n. 4, p. 353–358, 2009.

NOOJIPADY, P.; MORTON, C. D.; MACEDO, N. M.; VICTORIA, C. D.; HUANG, C.; GIBBS, K. H.; BOLFE, L. E. Forest carbon emissions from cropland expansion in the Brazilian Cerrado biome. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 12, n. 2, p. 025004, 2017.

NUNES, P. C. **Influência do efluxo de CO₂ do solo na produção de forragem numa pastagem extensiva e num sistema agrosilvopastoril**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

OERTEL, C.; MATSCHULLAT, J.; ZURBA, K.; ZIMMERMANN, F.; ERASMI, S. Greenhouse gas emissions from soils— A review. **Chemie der Erde – Geochemistry**, Muenchen, v. 76, p. 327–352, 2016.

OKUMURA, M. H.; PASSOS, A.; NADER, B.; DE TOMI, G. Improving the monitoring, control and analysis of the carbon accumulation capacity in Legal Reserves of the Amazon forest. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 104, n. 3, p. 109–120, 2015.

PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JUNIOR, N. Variabilidade espacial da emissão de CO₂ em latossolos sob cultivo de cana-deaçúcar em diferentes sistemas de manejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n.3, p. 227–236, 2008.

PANOSSO, A. R.; MARQUES, J.; MILORI, D. M. B. P.; FERRAUDO, A. S.; BARBIERI, D. M.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Soil CO₂ emission and its relation to soil properties in sugarcane areas under Slash-and-burn and Green harvest. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 190–196, 2011..

PANOSSO, A. R.; MARQUES JR, J.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JR, N. Spatial and temporal variability of soil CO₂ emission in a sugarcane area under green and slashand-burn managements. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 275–282, 2009.

PANOSSO, A. R.; RIBEIRO, C. E. R.; ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Variabilidade espacial da emissão de CO₂, da temperatura e umidade de um latossolo desprovido de vegetação sob diferentes lâminas de molhamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 1017-1034, 2009.

PINTO JUNIOR, B; SACNCHES, O.; DALMOLIN, A. C; SOUZA DE. N. J. Efluxo de CO₂ do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 813-821, 2009.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. Barueri: NBL, 2002. 541p.

POURBAKHTIAR, A.; POULSEN, T. G.; WILKINSON, S.; BRIDGE, J. W. Effect of wind turbulence on gas transport in porous media: experimental method and preliminary results. **European Journal of Soil Science**, Chichester, v. 68, n. 1, p. 48-56, 2017.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. D.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e Cerrado no vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 33, v. 5, p. 1125-1136, 2009.

RAICH, J. W; SCHLESINGER, W. H. O fluxo global de dióxido de carbono na respiração do solo e sua relação com a vegetação eo clima. **Tellus B Chemical and Physical Meteorology**, Hoboken, v. 44, n. 2, p. 81-99. Doi: 10.1034 / j.1600-0889.1992.t01-1-00001.x. WOS: A1992HT38900001. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0889.1992.t01-1-00001.x/full>>. Acesso: 28 abr. .2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 5. Jan. 2017.

RYAN, M. G.; LAW, B. E. Interpreting, measuring and modeling soil respiration. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 73, n. 1, p. 3-27, 2005.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

REICOSKY, D. C.; ARCHER, D. W. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam , v. 94, n.2, p. 109-121, 2007.

RIBEIRO, C.; CORTEZ, N.; MARTINS, A.; AZEVEDO, A.; MADEIRA, M. Decomposição de agulhas de Pinus pinaster e de folhas de Eucalyptus globulus em regiões do interior e do litoral de Portugal. **Revista Ciência Agraria**, Recife, v. 30, n. 2, p. 144- 158, [200-].

RODEGHIERO M, HEINEMEYER A, SCHRUMPF M, BELLAMY P. **Determination of changes in soil carbon stocks. in soil carbon dynamics:** in Integrated methodology. [S.l.]: Cambridge University Press, 2009.

RODEGHIERO, M.; CHURKINA, G.; MARTINEZ, C.; SCHOLTEN, T.; GIANELLE, D.; CESCATTI, A. Components of forest soil CO₂ efflux estimated from $\Delta^{14}\text{C}$ values of soil organic matter. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 364, n.3, p. 55- 68, 2013.

ROBERTS, J. M. **Effects of temperature on soil respiration:** a brief overview. Wallingford: Center for Ecology and Hydrology, [200-]. 45 p.

ROVIRA, P.; VALLEJO, V. Ramón. Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach. **Geoderma**, Amsterdam, v. 107, n. 1, p. 109-141, 2002.

ROWLINGS, D.; GRACE, P.; KIESE, R.; WEIER, K. Environmental factors controlling temporal and spatial variability in the soil-atmosphere exchange of CO₂, CH₄ and N₂O from an Australian subtropical rainforest. **Global Change Biology**, Oxford, v. 18, n.4, p. 726–738, 2012.

SAVAGE, K.; PHILLIPS, R.; DAVIDSON, E. High temporal frequency measurements of greenhouse gas emissions from soils. **Biogeosciences**, Goettingen, , v. 11, n. 10, p. 2709, 2014.

SIGNOR, D. P; MAGALHÃES L. L ; CERRI, C. E. P. Emissões de gases de efeito estufa pela deposição de palha de cana-de-açúcar sobre o solo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 113-122, 2014.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 467:524

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J. ; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. **Agriculture, ecosystems & environment** , Amsterdam, v. 103, n. 3, p. 357- 363, 2004.

SILVA, C. **Variação temporal do efluxo de dióxido de carbono (CO₂) do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo (*Elaeis guineensis*) na Amazônia Oriental**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Genesis, 2004. p. 73:99.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. D. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo:** perspectiva ambiental. [S.l.]: EMBRAPA-SPI, 1994.142 p.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; FEIGEL, B. J.; VENZKE FILHO, S. de P.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). II - Emissões de CO₂ e N₂O. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2., p.1023-1029, 2009.

SCHLESINGER, W. H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. **Tellus**, v. 44B, n. 2, p. 81-99, 1992.

SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. E. P.; LA SCALA JUNIOR., N.; DIAS, C. T. S.; CERRI, C. C. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2013.

SCHWARTZ, R. C.; BAUMHARDT, R. L.; EVETT, S. R. Tillage effects on soil water redistribution and bare soil evaporation throughout a season. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 110, n. 2, p. 221–229, 2010.

SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E.; BRENES, T.; O'BRIEN, J. J.; MACKENSEN, J. Spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an old-growth neotropical rain forest, La Selva, Costa Rica. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 64, n. 1, p. 111-128, 2003.

SCHINDLBACHER, A.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; GLATZEL, G.; JANDL, R. Winter soil respiration from an Austrian mountain forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 146, n. 3, p. 205-215, 2007.

SIGNOR, D.; PISSIONI, L.; LORENTZ, M.; CERRI, C. E. PELLEGRINO. Emissões de gases de efeito estufa pela deposição de palha de cana-de-açúcar sobre o solo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 113–122, 2014.

SILVA JÚNIOR, J. A. et al . Fluxos de CO₂ do solo na floresta nacional de Caxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLOR/LBA. **Revista brasileira de meteorologia**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 85-94, mar. 2013 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862013000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 abr 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862013000100009>.

SMITH, K. A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, K. E.; MASSHEDER, J.; REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Oral Sciences**, Hoboken, v. 2 n. 54, p. 2003. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1351-0754.2003.0567.x/abstract>>. Acesso: 29. Abri.2017.

SMART, D. R.; PENUELAS, J. Short-term CO₂ emissions from planted soil subject to elevated CO₂ and simulated precipitation. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 3, n. 28, , p. 247- 25, 2005.

SMITH, P.; JANZEN, H.; MARTINO, D.; ZUCONG, Z.; KUMAR, P.; MCCARL, B. A.; OGLE, S.; O'MARA, F.; RICE, C.; SCHOLLES, B.; SIROTENKO, O.; HOWDEN, M.;

MCALLISTER, T.; GENXING, P.; ROMANEKOV, V.; SCHNEIDER, U. A.; TOWPRAYOON, S.; WATTENBACH, M.; SMITH, J. Greenhouse gas mitigation in agriculture. **Philosophical transactions of the Royal Society of London**, London, v. 363, n. , 2, p. 789-813, 2008.

SONG, X.; YUAN, H.; KIMBERLEY, M. O.; JIANG, H.; ZHOU, G.; WANG, H. Soil CO₂ flux dynamics in the two main plantation forest types in subtropical China. **Science of the Total Environment** , Amsterdam, v. 444,n. 1, p. 363-368. 2013.

SOTTA, E. D.; MEIR, P.; MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; HODNETT, M.; GRACE, J. Soil CO₂ efflux in a tropical forest in the central Amazon. **Global Change Biology**, Oxford, v. 10, n. 2, p. 601-617, 2004.

SOTTA, E. D.; VELDKAMP, E.; GUIMARÃES, B. R.; PAIXÃO, R. K.; RUIVO, M. L. P. ; ALMEIDA, S. S. Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an Eastern Amazonian rainforest, Caxiuanã, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 237, n. 2, p. 57-64, 2006.

STERN, L.; BAISDEN, W. T.; AMUNDSON, R. Processes controlling the oxygen isotope ratio of soil CO₂: Analytic and numerical modeling. *Geochimica et Cosmochimica*. **Acta at ScienceDirect**, Oxford , v. 63, n. 2, p. 799- 814, 1999.

TANG, X .; LIU, S .; ZHOU, G .; ZHANG, D .; ZHOU, C. Sodium-atmospheric exchange of CO₂, CH₄ and N₂O in three subtropical forest ecosystems in southern China. **Global Change Biology**, Oxford , v. 12, n. 3, p. 546-560, 2006.

TAVARES, R. L. M.; SIQUEIRA, D. S.; PANOSSO, A. R.; CASTIONI, G. A. F.; SOUZA, Z. M. D.; SCALA JUNIOR, N. L. Soil management of sugarcane fields affecting CO₂ fluxes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 73, n. 6, p. 543-551, 2016.

VALENTINI, C. M. A.; SANCHES, L.; PAULO, S. R. de; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S.; PINTO JÚNIOR, O. B.; LOBO, F. de A. Soil respiration and aboveground litter dynamics of a tropical transistional forest in northwest Mato Grosso, Brazil. **Journal of Geophysical Research**, Hoboken, v. 113, G00B10, 2008. doi:10.1029/2007JG000619.

VAN DER WERF, G. R.; MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; OLIVIER, J. G.; KASIBHATLA, P. S.; JACKSON, R. B.; RANDERSON, J. T. CO₂ emissions from forest loss. **Nature Geoscience**, London, v. 2, n. 11, p. 737-738, 2009..

VARGAS, R.; CARBONE, M. S.; REICHSTEIN, M.; BALDOCCHI, D. D. Frontiers and challenges in soil respiration research: from measurements to model-data integration. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 102, n.2, p. 1–13, 2011.

WANG, W.; PENG, S.; WANG, T.; FANG, J.; Winter soil CO₂ efflux and its contribution to annual soil respiration in different ecosystems of a forest-steppe ecotone, north China. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 42, n. 3, p. 451–458, 2010.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.) **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 319:344.

WINTER, HANNA M. **Temperature and moisture effects on respiration in the organic horizon of a Pacific Northwest forest soil**. . Bellingham: [s.n.], 2014. . p. 373.

WWU Masters Thesis Collection. Disponível em : <<http://cedar.wvu.edu/wwuet/373>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

WANG, J.; LIU, Q. Q.; CHEN, R. R.; LIU, W. Z.; SAINJU, U. M. Soil carbon dioxide emissions in response to precipitation frequency in the Loess Plateau, China. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 96, n. 4, p. 288–295, 2015.

USSIRI, A. N.; LAL, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 39-47. 2009.

XU, L. ; BALDOCCHI, D. D.; TANG, J. How soil moisture, rain pulses, and growth alter the response of ecosystem respiration to temperature. **Global Biogeochemical**, Hoboken, v. 18, n. 4, 2004.

XU, M; CHEN, J; QI, Y. Growing-season temperature and soil moisture along a 10 km transect across a forested landscape. **Climate Research**, Oldendorf, v. 22, n. 4, p. 57- 72, 2002.

XU, M.; QI, Y. Soil-surface CO₂ efflux and its spatial and temporal variations in a young ponderosa pine plantation in northern California. 2001. **Glob Change Biology**, Chichester, v. 7, n. 6, p. 667-677, 2001.

XU, X.; SHI, Z.; LI, D.; REY, A.; RUAN, H.; CRAINE, J. M.; LUO, Y. Soil properties control decomposition of soil organic carbon: Results from data-assimilation analysis. **Geoderma**, Amsterdam , v. 262, n. 4, p. 235- 242, 2016.

XU, M.; QI, Y. Soil-surface CO₂ efflux and its spatial and temporal variations in a Young ponderosa pine plantation in northern California. **Global Change Biology**, O Chichester, v. 7, n. 6, p. 667-677, 2001.

YANG, K.; ZHU, J. Impact of tree litter decomposition on soil biochemical properties obtained from a temperate secondary forest in Northeast China. **Journal of Soils and Sediments** , Heidelberg, v.15, n. 3, p. 13–23, 2015.

YANG, Y.; CHEN, G.; GUO, J.; XIE, J.; WANG, X. Soil respiration and carbon balance in a subtropical native forest and two managed plantations. **Plant Ecology**, Dordrecht , v. 193, n. 4, p. 71–84, 2007.

YIN, S.; ZHANG, X.; PUMPANEN, J.; SHEN, G.; XIONG, F.; LIU, C. Seasonal variation in soil greenhouse gas emissions at three age-stages of dawn redwood (*metasequoia glyptostroboides*) stands in an alluvial Island, Eastern China. **Forests**, Cambridge I, v. 7, n. 1, p. 256, 2016.

ZANCHI, F. B.; ROCHA H. R.; FREITAS, H. C.; KRUIJT, B.; WATERLOO, M. J.; MANZI, A. O. Measurements of soil respiration and simple models dependent on moisture and temperature for an Amazonian southwest tropical forest. **Biogeosciences** , Goettingen , v. 6, p. 6147-6177, 2009.

ZHAO, Y.; WANG, Y. Z.; XU, Z. H.; AND FU, L. Impacts of prescribed burning on soil greenhouse gas fluxes in a suburban native forest of south-eastern Queensland, Australia. **Biogeosciences**, Goettingen, v. 12, n. 4, p. 6279-6290, 2015. doi:10.5194/bg-12-6279-2015.

ZHOU, Z.; ZHANG, Z.; ZHA, T.; LUO, Z.; ZHENG, J.; SUN, O. J. Predicting soil respiration using carbon stock in roots, litter and soil organic matter in forests of Loess Plateau in China. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 57, n. 4, p. 135-143, 2013.

ZURBA, K. **Is short rotation forestry biomass sustainable?** Germany: [s.n.], 2016. Disponível em: <http://www.qucosa.de/recherche/frontdoor/?tx_slubopus4frontend%5bid%5d=urn:nbn:de:bsz:105-qucosa-212162>. Acesso em: 5 jan 2016.