

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 12/02/2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E ESTOQUE DE  
CARBONO NO SOLO EM FUNÇÃO DO MANEJO E CORREÇÃO DE  
ACIDEZ**

**MONIKI CAMPOS JANEGITZ**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Câmpus de  
Botucatu, para a obtenção do título de  
Doutora em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Fevereiro - 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E ESTOQUE DE  
CARBONO NO SOLO EM FUNÇÃO DO MANEJO E CORREÇÃO DE  
ACIDEZ**

**MONIKI CAMPOS JANEGITZ**

Orientador: Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Câmpus de  
Botucatu, para a obtenção do título de  
Doutora em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP  
- FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

J33e Janegitz, Moniki Campos, 1987-  
Emissão de gases de efeito estufa e estoque de carbono no solo em função do manejo e correção de acidez / Moniki Campos Janegitz. - Botucatu : [s.n.], 2016  
xiii, 113 f. : grafs. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016  
Orientador: Ciro Antonio Rosolem  
Inclui bibliografia

1. Calagem dos solos. 2. Dióxido de carbono. 3. Gesso. 4. Aquecimento global. 5. Química do solo. I. Rosolem, Ciro Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** "EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM FUNÇÃO DO MANEJO E CORREÇÃO DA ACIDEZ"

**AUTORA:** MONIKI CAMPOS JANEGITZ

**ORIENTADOR:** CIRO ANTONIO ROSOLEM

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. CIRO ANTONIO ROSOLEM

Dep. de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E MELHORAMENTO VEGETAL / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. ADÔNIS MOREIRA  
EMBRAPA SOJA

  
Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Dep. de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. CRISTIANO ALBERTO DE ANDRADE  
EMBRAPA MEIO AMBIENTE

Botucatu, 12 de fevereiro de 2016.

**O TEMPO amadurece  
todas as coisas. Nenhum  
homem nasce SÁBIO...**

*Cervantes*

**Se soubéssemos o que estávamos  
fazendo, não seria chamado de  
pesquisa.**

*A. Einstein*

**Sem grandes metas não é  
possível concretizar grandes  
sonhos.**

*Autor desconhecido*

*Para meus pais e a todos aos quais  
seja útil este trabalho,  
dedico.*

## **Agradecimentos**

*Primeiramente a Deus e Nossa Senhora Aparecida, por tudo e todas as conquistas alcançadas.*

*Aos meus pais, Milton Janegitz e Maria Aparecida de Campos Janegitz, pela educação, carinho, compreensão e “alicerce de vida” que sempre me ofereceram, e ao meu irmão Bruno Campos Janegitz, pelos conselhos nas horas em que mais precisei.*

*À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).*

*Em especial ao meu orientador, Ciro Antonio Rosolem, pelos valiosos ensinamentos, paciência e compreensão, para que este trabalho fosse desenvolvido, e aos membros da banca e professores do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Juliano Calonego, Rogério Peres Soratto, Edvaldo Aparecido Amaral da Silva.*

*À CAPES, pela bolsa PDSE, e ao Departamento de Biossistemas e Ciências do Solo da University of Tennessee e USDA, pela oportunidade de conhecer novas tecnologias e aprimoramento de técnicas, e aos mestres Sean Scheefer (orientador), Virginia Jin (USDA), John Stier (pelo convite para desenvolver pesquisa no exterior) e a todos os que me ajudaram no período do “sanduíche”.*

*Aos funcionários de campo do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (DPMV), que contribuíram na condução do experimento em nível de campo, principalmente ao Célio Mariano e Aparecido (Cido).*

*Aos funcionários da Secretaria do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Eliana e Vera Lúcia, e ao técnico do laboratório Relação Solo-Planta, Dorival Pires, pelos importantes auxílios e sugestões nas análises realizadas (“Muitas horas trabalhadas”).*

*Aos amigos e colegas Elialdo Alves de Souza, Natália Rodrigues Ferreira, Taty Mioni, Gabriela Raddi, Adriana Carla Oliveira, Stefani Thaís (Mukeka), Daniele de Souza, Marcela Corrêa, João Paulo Rigon, Lidong Li, Elisângela Miranda, Mirela Pereira, que, de alguma forma, cooperaram para este trabalho, fica aqui o meu indispensável “obrigada”.*

*Aos estagiários Camila da Silva Grassmann (Pedreira), Flávia Santos (Tijuro) e Gustavo Bacco (Gambit).*

*Ao Professor Dr. Rony Farto Pereira, pelo auxílio proporcionado.*

*Enfim, a todos os que colaboraram direta e indiretamente na execução deste trabalho,*

***Meus sinceros agradecimentos.***



## SUMÁRIO

|                                                                                  | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                                     | <b>VIII</b>   |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                                     | <b>XI</b>     |
| <b>1 RESUMO.....</b>                                                             | <b>01</b>     |
| <b>2 SUMMARY.....</b>                                                            | <b>03</b>     |
| <b>3 INTRODUÇÃO.....</b>                                                         | <b>05</b>     |
| <b>4 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                              | <b>08</b>     |
| 4.1 Utilização de gesso na agricultura.....                                      | 08            |
| 4.2 Utilização de silicatos como corretivos da acidez dos solos.....             | 09            |
| 4.3 Aplicação de calagem em solos ácidos.....                                    | 10            |
| 4.4 Dinâmica da matéria orgânica do solo.....                                    | 11            |
| 4.5 Sequestro de carbono e emissão de gases de efeito estufa na agricultura..... | 13            |
| <b>5. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                | <b>17</b>     |
| 5.1 Caracterização do solo.....                                                  | 17            |
| 5.2 Caracterização climática.....                                                | 19            |
| 5.3 Tratamentos e delineamento experimental.....                                 | 22            |
| 5.4 Instalação e condução do experimento.....                                    | 22            |
| 5.5 Semeadura e cultivo da soja.....                                             | 23            |
| 5.6 Semeadura e cultivo do milho + braquiária e milheto + braquiária.....        | 24            |
| 5.7 Coleta, preparo e análise das amostras.....                                  | 25            |
| 5.7.1 Solo.....                                                                  | 25            |
| 5.7.2 Planta.....                                                                | 26            |
| 5.7.3 Gases - CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> O.....          | 27            |
| 5.8 Balanço de carbono no sistema.....                                           | 29            |

|                                                                                                                                  | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 5.9 Análise estatística.....                                                                                                     | 30            |
| <b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                                                            | <b>31</b>     |
| 6.1 Fertilidade do solo.....                                                                                                     | 31            |
| 6.2 Aportes de C e N no sistema em função do manejo e aplicação de corretivos.....                                               | 51            |
| 6.3 Diagnose foliar e produtividade das culturas de soja e milho e aplicação de corretivos no solo.....                          | 53            |
| 6.4 Emissão de gases de efeito estufa até 35 dias após a correção de acidez do solo.....                                         | 60            |
| 6.4.1 Emissão de CO <sub>2</sub> .....                                                                                           | 60            |
| 6.4.2 Emissão de CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O .....                                                                        | 64            |
| 6.5 Emissões acumuladas de gases de efeito estufa em 22 meses e a capacidade dos sistemas de manejo em conservar C no solo ..... | 69            |
| 6.5.1 Os fluxos e emissão acumulada de CO <sub>2</sub> .....                                                                     | 72            |
| 6.5.2 Emissão acumulada de N <sub>2</sub> O e CH <sub>4</sub> .....                                                              | 78            |
| 6.6 Carbono no solo.....                                                                                                         | 80            |
| 6.7 Índice de conservação de carbono no sistema.....                                                                             | 88            |
| <b>7. CONCLUSÕES.....</b>                                                                                                        | <b>90</b>     |
| <b>8. REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                       | <b>91</b>     |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Página</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Tabela 1: Características químicas do solo da área experimental do sistema de semeadura direta e sistema convencional, antes da instalação dos tratamentos (julho, 2012).....                                                                                                                                                                     | 18            |
| Tabela 2: Teores de micronutrientes no solo da área experimental do sistema de semeadura direta e sistema convencional, antes da instalação dos tratamentos (julho, 2012).....                                                                                                                                                                    | 18            |
| Tabela 3: Carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAms) no solo, antes da aplicação dos tratamentos (julho, 2012).....                                                                                                                                                       | 19            |
| Tabela 4: Características físicas, granulométricas, relação C/N e estoque de carbono e nitrogênio no solo da área experimental do sistema de semeadura direta e sistema convencional (julho, 2012).....                                                                                                                                           | 20            |
| Tabela 5: Composição dos corretivos e gesso agrícola utilizado no experimento.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 22            |
| Tabela 6: Massa de matéria seca e quantidades de carbono, nitrogênio e relação C/N antes da instalação do experimento na palhada da superfície do solo (julho, 2012).....                                                                                                                                                                         | 23            |
| Tabela 7: Aporte de carbono pelas culturas através da biomassa da parte aérea em superfície no solo, radicular (0-0,6 m de profundidade) e carbono total (raiz+parte aérea) no período de novembro, 2012 – julho, 2014, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo.....                | 51            |
| Tabela 8: Aporte de nitrogênio pelas culturas através da biomassa da parte aérea em superfície no solo e radicular no sistema (0-0,6 m de profundidade) e carbono total (raiz+parte aérea) no período de novembro, 2012 – julho, 2014, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo..... | 52            |
| Tabela 9: Valores médios de nutrientes nas folhas de soja coletadas em pleno estágio de florescimento da cultura (janeiro, 2013).....                                                                                                                                                                                                             | 54            |
| Tabela 10: Valores médios de nutrientes nas folhas de milho coletadas em pleno estágio de florescimento da cultura (junho, 2013).....                                                                                                                                                                                                             | 55            |
| Tabela 11: Valores médios de nutrientes nas folhas de soja coletadas em pleno estágio de florescimento da cultura (janeiro, 2014).....                                                                                                                                                                                                            | 56            |

**Página**

|                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 12: Produtividade de grãos da soja, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo, nos dois anos agrícolas (março, 2013 e 2014).....                                         | 57 |
| Tabela 13: Produtividade milho, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo (agosto, 2013).....                                                                                   | 58 |
| Tabela 14: Carbono e nitrogênio exportado pelas culturas através da produção de grãos no período de novembro, 2012 – julho, 2014 em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo..... | 59 |
| Tabela 15: Emissão relativa e emissão acumulada de C-CO <sub>2</sub> em função da aplicação dos tratamentos e sistemas de manejo após 35 dias da aplicação dos corretivos.....                                                              | 61 |
| Tabela 16: Emissão relativa e emissão acumulada de N- N <sub>2</sub> O, em função da aplicação dos tratamentos e sistemas de manejo após 35 dias da aplicação dos corretivos.....                                                           | 66 |
| Tabela 17: Emissão relativa e emissão acumulada de C-CH <sub>4</sub> , em função da aplicação dos tratamentos e sistemas de manejo após 35 dias da aplicação dos corretivos.....                                                            | 68 |
| Tabela 18: Frequência e distribuição dos resultados obtidos de gases, umidade e temperatura do solo, em função da aplicação dos corretivos no sistema de semeadura direta, no período de outubro, 2012 – julho, 2014.....                   | 70 |
| Tabela 19: Frequência e distribuição dos resultados obtidos de gases, umidade e temperatura do solo, em função da aplicação dos corretivos no sistema convencional de cultivo, no período de outubro, 2012 – julho, 2014.....               | 71 |
| Tabela 20: Emissão relativa e emissão acumulada de C-CO <sub>2</sub> do solo, no período de 22 meses e anual, em função da aplicação dos tratamentos e sistemas de manejo .....                                                             | 76 |
| Tabela 21: Emissão de C-CO <sub>2</sub> do solo dentro de cada evento, em função da aplicação dos tratamentos e sistemas de manejo.....                                                                                                     | 78 |
| Tabela 22: Emissão relativa e emissão acumulada de N-N <sub>2</sub> O do solo, no período de 22 meses e anual, em função da aplicação dos tratamentos e sistemas de manejo.....                                                             | 79 |

**Página**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 23: Emissão relativa e emissão acumulada de C-CH <sub>4</sub> do solo, no período de 22 meses e anual, em função da aplicação dos tratamentos e sistemas de manejo.....                                                                                                                                                        | 80 |
| Tabela 24: Carbono orgânico particulado (COP), carbono associado aos minerais (COAms), carbono orgânico total (COT) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4 e 0,40-0,60m, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto e convencional de solo (novembro, 2012).....                              | 82 |
| Tabela 25: Carbono orgânico particulado (COP), carbono associado aos minerais (COAms), carbono orgânico total (COT) e labilidade de carbono (LB) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4 e 0,40-0,60m, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto e convencional de solo (novembro, 2013)..... | 84 |
| Tabela 26: Estoque de carbono no solo (Mg ha <sup>-1</sup> ) nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6, 0,6-0,8 e 0,8-1m, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto e convencional de solo (novembro, 2013).....                                                                               | 86 |
| Tabela 27: Valores médios de estoque de carbono e nitrogênio no solo de 0-1m em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo (novembro, 2013).....                                                                                                                              | 87 |
| Tabela 28: Estoque de carbono no solo após um ano da aplicação dos tratamentos e índice de conservação de carbono (ICC), considerando 1m de profundidade nos sistemas direto e convencional de cultivo.....                                                                                                                           | 88 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Figura 1: Temperatura média, mínima, máxima e precipitação mensal referente ao primeiro e segundo ano do ensaio (julho/2012 a julho/2014).....                                                                                                                                                                                                                       | 21            |
| Figura 2: Esquema de montagem das câmaras estáticas para coleta das amostras de gases do efeito estufa. Fonte: Rigon, (2013).....                                                                                                                                                                                                                                    | 28            |
| Figura 3: Valores médios de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro de 2012 e 2013 (** 1%, * 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....                                    | 32            |
| Figura 4: Valores médios de hidrogênio+ alumínio ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro de 2012 e 2013. (** 1%, * 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD))..... | 34            |
| Figura 5: Valores médios de matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (** 1%, * 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....                     | 35            |
| Figura 6: Valores médios de cálcio ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (** 1%, * 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....                  | 37            |
| Figura 7: Valores médios de magnésio ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (** 1%, * 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....                | 39            |
| Figura 8: Valores médios de potássio ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) - novembro, 2012 e 2013 (** 1%, * 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....                | 40            |
| Figura 9: Valores médios de saturação por bases (%) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (** 1%, * 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....                                     | 41            |

## Página

- Figura 10: Valores médios de capacidade de troca catiônica ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....42
- Figura 11: Valores médios de fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional de solo (SC) – novembro, 2012 e 2013 (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....45
- Figura 12: Valores médios de manganês ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....47
- Figura 13: Valores médios de cobre ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....48
- Figura 14: Valores médios de zinco ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....49
- Figura 15: Valores médios de ferro ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6m, em função da aplicação dos tratamentos após 30 dias e 12 meses e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) – novembro, 2012 e 2013 (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....50
- Figura 16: Evolução do fluxo de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) do solo e dos tratamentos em consequência da precipitação e temperatura do solo no período da amostragem nos sistemas de manejo convencional e direto (período de 03/10/2012 a 06/11/2012). (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....62
- Figura 17: Correlação de Pearson entre o fluxo de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e a temperatura do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade do solo ( $\text{m}^{-3} \text{m}^{-3}$ ) no sistema direto (a) e sistema convencional (b) de cultivo de solo. Média dos 35 dias após a aplicação dos tratamentos. \* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , ns (não significativo). .....63

**Página**

- Figura 18: Evolução do fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{ug m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) do solo e dos tratamentos em consequência da precipitação e temperatura do solo no período da amostragem nos sistemas de manejo convencional e direto (período de 03/10/2012 a 06/11/2012). (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....65
- Figura 19: Correlação de Pearson entre o fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{ug m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) e a temperatura do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade do solo ( $\text{m}^{-3} \text{ m}^{-3}$ ) no sistema direto (a) e sistema convencional (b) de cultivo de solo. Média dos 35 dias após a aplicação dos tratamentos. \* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , ns (não significativo).....67
- Figura 20: Evolução do fluxo de  $\text{CH}_4$  ( $\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) do solo e dos tratamentos em consequência da precipitação e temperatura do solo no período da amostragem nos sistemas de manejo convencional e direto (período de 03/10/2012 a 06/11/2012). (\*\* 1%, \* 5% e ns – não significativo pelo teste t (LSD)).....68
- Figura 21: Fluxo de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), em função dos 80 períodos avaliados durante 666 dias após a aplicação dos tratamentos em sistema direto de cultivo (outubro, 2012 – julho, 2014).....72
- Figura 22: Fluxo de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), em função dos 80 períodos avaliados durante 666 dias após a aplicação dos tratamentos em sistema convencional de cultivo (outubro, 2012 - julho, 2014).....73
- Figura 23: Correlação de Person a partir do fluxo de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) com a temperatura e umidade do solo, em função dos 80 períodos avaliados durante 666 dias após a aplicação dos tratamentos em sistema direto de cultivo (outubro, 2012 - julho, 2014).....74
- Figura 24: Correlação de Person a partir do fluxo de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) com a temperatura e umidade do solo, em função dos 80 períodos avaliados durante 666 dias após a aplicação dos tratamentos em sistema convencional de cultivo (outubro, 2012 – julho, 2014).....75



## 1. RESUMO

Uma opção viável para mitigação de gases de efeito estufa, na agricultura, é aumentar o aporte orgânico no sistema, através de plantas. A prática da calagem em solos ácidos é indispensável para a melhoria da acidez e contribui para o aumento de produção de grãos e biomassa; por outro lado, resulta em emissão de carbono para a atmosfera. O uso do calcário ou silicato associado ao gesso pode ser eficiente em melhorar o balanço de carbono no sistema, quando comparado apenas com a aplicação isolada desses corretivos, por proporcionar maior crescimento radicular. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a emissão de gases de efeito estufa, bem como alterações no estoque de carbono no perfil do solo, em função da correção da acidez. O experimento foi conduzido em Botucatu, SP, na Fazenda Experimental Lageado, em duas áreas pareadas, uma em semeadura direta e outra em sistema convencional de cultivo, tendo como cultura de verão a soja, seguida de safrinha com milho + braquiária (*Urochloa ruziziensis* cv. Comum), no primeiro ano, e milheto + braquiária, no segundo ano. Os tratamentos foram: testemunha, calcário, silicato, gesso + calcário, gesso + silicato. Amostras de solo deformadas e indeformadas foram coletadas até 1m de profundidade antes da aplicação dos tratamentos e na semeadura da soja, em novembro, para o cálculo de balanço de carbono no sistema. No primeiro ano, o solo foi coletado apenas de 0 - 0,6m. Foi determinada a fertilidade do solo, teor de carbono e fracionamento físico da matéria orgânica e densidade do solo. O aporte e a persistência de palha sobre o solo foram avaliados periodicamente. Foi realizada diagnose foliar, quantificação radicular, produção de grãos e teor de carbono nos grãos e raiz. As amostragens de gases para a determinação dos fluxos do CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> provenientes do solo foram realizadas após a aplicação dos tratamentos, no primeiro ano, após a semeadura da soja, nas duas safras, e em março do segundo (após semeadura do milho + braquiária) e terceiro anos (após a semeadura do milheto + braquiária) totalizando 80 amostragens, em 22 meses de experimentação. A partir dos dados de estoques de carbono (via aporte de resíduos e solo) e emissão de C-CO<sub>2</sub>, foi calculado o índice de conservação de carbono. Os dados de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foram

transformados em C-CO<sub>2</sub> equivalente segundo o IPCC. A emissão média anual de C-CO<sub>2</sub> foi de 7,8 Mg ha<sup>-1</sup>. Os corretivos foram igualmente eficientes na correção de acidez do solo. Os sistemas de cultivo influenciaram a fertilidade do solo, estoque de carbono, frações de carbono no solo e emissão de gases de efeito estufa. A semeadura direta colaborou para a melhoria do ambiente solo-planta. O uso do calcário, associado ou não ao gesso, aumentou a emissão inicial de CO<sub>2</sub> do solo, enquanto a emissão de N<sub>2</sub>O foi diminuída, na presença de silicato. Para o CH<sub>4</sub>, ocorreu influxo do gás no solo, sem diferença entre tratamentos para ambos os sistemas de manejo de cultivo, aos 35 dias após a aplicação dos corretivos, sem presença de planta. Conclui-se que o uso de corretivos de acidez do solo não aumenta a emissão de CO<sub>2</sub> da biosfera para a atmosfera em relação à testemunha, na avaliação final dos 22 meses de experimentação. A emissão de gases em função da correção de acidez do solo é inicial, e se estabiliza ao longo do tempo, mostrando que o uso do calcário, ainda que possa emitir CO<sub>2</sub> para a atmosfera, através de sua reação, causa efeito *priming* no solo. A emissão acumulada de C-CO<sub>2</sub> foi similar nos dois sistemas de cultivo (convencional e direto). O estudo a partir de emissões de gases de efeito estufa, apenas, não permite analisar o sistema de manejo de solo. A adoção da semeadura direta ainda é a principal prática de manejo conservacionista a ser considerada com efeitos diretos no aumento de carbono no sistema. Por outro lado, além da semeadura direta, o uso de calcário associado ao gesso melhora positivamente o índice de conservação de carbono no solo. O uso de gesso melhora as propriedades químicas, aumenta o aporte de C, o estoque de carbono no solo e, consequentemente, pode ser uma prática promissora, favorecendo a mitigação de C da atmosfera para a biosfera, além de promover aumentos de produtividade da soja.

**Palavras-chave:** Calagem. Estoque de carbono. Emissão de CO<sub>2</sub>. Gesso. Aquecimento global.

## **GREENHOUSE GAS EMISSION AND SOIL CARBON STOCK AS EFFECTED BY SOIL ACIDITY AMELIORATION AND MANAGEMENT SYSTEM**

Botucatu, 2016.113 fl. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MONIKI CAMPOS JANEGITZ

Adviser: CIRO ANTONIO ROSOLEM

### **2. SUMMARY**

Economically viable options to mitigate emissions of greenhouse gases include increasing the stocks of croplands. The use of liming acid soils is essential to correct soil acidity and contributes to high production resulting in carbon emission in the atmosphere. The use of lime or silicate application with gypsum may improve the balance of soil carbon through increased root growth compared to the use of lime only. The main objective of this work is to study changes in the carbon storage in the soil profile as well as changes in carbon emission affected by soil acidity amelioration. The experiment was carried out in an Oxisol in Botucatu, São Paulo at the Lageado Experimental Farm under no tillage and another in a conventional system area. Crop cultivation was soybean in the summer and corn+Urochloa in the winter in the first year, and millet+Urochloa in second year cultivation. The experimental design was a randomized block with five treatments and four replications. The treatments were: control, lime, silicate, gypsum+ lime and gypsum+ silicate. Deformed and under formed soil samples of both experimental areas were taken at a depth of one meter before treatment applications and in soybean sown in November. In the first year, soil samples were collected at depths from 0 to 0.6 m. Soil fertility, carbon content, organic matter physical fractionation and bulk density were evaluated. Contribution and the persistence of the amount of straw produced in each crop and input of carbon was also evaluated. Leaf analysis, root quantification, grain yield and carbon content in the grains and roots were also analyzed. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes were determined from the soil using static chambers and were measured after the treatment applications, soybean planting in the summer and winter crops, in March 2013 and 2014 under corn+*Urochloa* and millet+*Urochloa*. Gas fluxes were measured for 22 months, totaling 80 sampling periods. We evaluated the CO<sub>2</sub>-C/[residue- C+soil-C]; the carbon emission quotient was proposed as C retention index (CRI), in which low values indicate a high capacity of the management system to store C in the soil. According to the IPCC in CO<sub>2</sub>- equivalent factors, nitrogen oxide and the methane emission should be adjusted. The annual average emission was 7,8 Mg ha<sup>-1</sup> of C-CO<sub>2</sub>- equivalent. Soil amendments were equally efficient in soil acidity amelioration. Cultivation systems influenced the soil fertility, carbon stock, carbon fractions in soil and greenhouse gases. Conservation systems, such as no till,

contributed to the improvement of the soil-plant environment compared to the conventional system. The lime use associated or not with gypsum increased the initial CO<sub>2</sub> emission, while N<sub>2</sub>O emission was decreased in the presence of silicate. For CH<sub>4</sub> inflow into the ground, no difference between treatments was observed after 35 days of treatment applications, with no plants in the soil. However, we concluded that soil acidity amelioration did not increase the C-CO<sub>2</sub> equivalent emission from biosphere to atmosphere compared to the treatment control after 22 months of trial. Data on lime-contributed to atmospheric CO<sub>2</sub> and the effect stabilized over time. Limed treatments increased soil organic carbon confirming priming effect of liming. Accumulated C-CO<sub>2</sub> emission was similar by the both soil management systems. It is not possible to analyze the soil tillage system with a study on greenhouse gas emissions only. Regarding adopting no-till, it is still the main conservation management practice having direct effects on the carbon mitigation in the system. Chemical soil characteristics were influenced with gypsum use as soil carbon stock and soybean yields also increased with this treatment.

---

**Keywords:** Liming. Carbon stock. CO<sub>2</sub> emission. Gypsum. Global warming.

### 3. INTRODUÇÃO

Há estimativas de que a agricultura seria responsável por 15% do total de emissões por meio de ações antrópicas globais de GEEs (IPCC, 2007). No Brasil, calcula-se que a agricultura responda por 75% do CO<sub>2</sub> e 90% da emissão anual de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (EMBRAPA-CNPMA, 2006). Ainda que esses números não sejam recentes, não houve grandes alterações no cenário atual (FAO, 2014). Todavia, sistemas de manejo conservacionistas, como a Semeadura Direta (SD), apresentam potencial para mitigar a emissão de CO<sub>2</sub>, uma vez que a rotação de culturas e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporcionam a decomposição lenta e gradual do material orgânico, que, associado com a fração mineral do solo, favorece o acúmulo e a proteção da matéria orgânica (MOS). Essa alteração no ciclo de C no sistema solo-atmosfera reflete no aumento dos estoques de C orgânico no solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Como determinado por Chaves et al. (2009), diferenças entre sistemas de preparo do solo quanto à emissão de C-CO<sub>2</sub> foram verificadas somente em curto prazo; na semeadura direta, maiores emissões foram relatadas em relação ao cultivo convencional, no início, e menores, no final do período. Por outro lado, maiores teores de carbono orgânico no solo no SSD foram observados em comparação ao sistema convencional, na camada de 0-0,2 m, com cultivo de nabo forrageiro e milho, no outono (BAYER et al., 2004). Já a introdução de espécies com alta capacidade de produção de fitomassa, como o milheto, aumentou o estoque de carbono no solo no SD, ou seja, quanto maior a capacidade da planta em explorar o solo, possivelmente maior será o estoque de carbono orgânico (GARCIA; ROSOLEM et al., 2012). Dessa forma, Bayer et al. (2006)

apontam a adoção do SD como forma de contribuir com o sequestro de carbono atmosférico, auxiliando na atenuação das alterações climáticas globais.

A utilização da calagem em solos ácidos é essencial para a correção da acidez do solo, especialmente os de regiões de clima tropical, condições predominantes de baixos valores de pH, bases trocáveis, P e teores elevados de H+Al (PEIXOTO et al., 1997). Entretanto, essa prática colabora para a emissão de CO<sub>2</sub> (DUMALE JUNIOR et al., 2011). Por outro lado, ainda que trabalhos reportem o papel da calagem para a emissão de gases de efeito estufa, os resultados gerados não foram quantificados, porém, estimados através de cálculos a partir de fatores gerados pelo IPCC (BERNOUX et al., 2003; CERRI et al., 2006). Em outros estudos, as emissões foram quantificadas, mas foram poucas amostragens, o que pode levar a menor confiabilidade nos resultados, além de os sistemas de manejo se comportarem de maneira diferenciada, a cada situação (COSTA et al. 2008; SILVA et al. 2014).

Conforme Dumale Junior et al. (2011), a calagem, além de resultar na emissão de seu próprio carbono para a atmosfera, apresenta efeito *priming* no solo, ou seja, a quantidade de carbono emitida é originada também do carbono orgânico estável e lábil do solo. Todavia, aumentos significativos da mineralização do carbono orgânico do solo após a calagem não tinham sido anteriormente identificados. Considera-se ainda que esse efeito *priming* possa cooperar significativamente para as concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera, em áreas de solos ácidos que necessitam da correção da acidez, pois menores estoques de carbono orgânico no solo podem alterar significativamente a presença de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

O estudo apenas de emissão de gases, sem estar relacionada a outros fatores, como solo e planta, não é um método eficiente de analisar a prática e o índice de conservação de carbono no sistema, segundo ressaltam Costa et al. (2008).

Diferentemente do produto de formação da reação do calcário no solo, que é o CO<sub>2</sub>, os silicatos podem ser empregados como corretivos de solo, e sua reação permite liberação de íons OH<sup>-</sup>, neutralizando o Al<sup>+3</sup> fitotóxico (CASTRO, 2009). A substituição do calcário pelo silicato pode ser uma alternativa promissora, resultando em menor liberação de carbono na atmosfera e maior sequestro de C nos perfis dos solos. Por outro lado, aplicações de calcário e de gesso agrícola, assim como de silicatos, promovem modificações químicas no perfil, as quais podem melhorar o ambiente de desenvolvimento radicular das plantas (CAIRES et al., 2001). Uma das modificações é a redução da

concentração e/ou atividade do Al trocável, possibilitando maior crescimento das raízes (MCCORMICK; BORDEN, 1972). O maior crescimento radicular em profundidade pode aumentar a matéria orgânica do solo e, com a presença constante do ciclo de crescimento e morte de raízes, aumentar o estoque de carbono orgânico no solo (SANTOS et al., 2011). Já foi observada alta complexação do carbono orgânico dissolvido no solo com os cátions Ca e Mg, com o uso do gesso (ZAMBROSI et al., 2007).

A partir dessas premissas, levanta-se a hipótese de que a aplicação de silicato ou calcário junto ao gesso, em sistema de produção agrícola, possa ser eficiente em melhorar o balanço de carbono em relação ao uso somente de calcário. Com o aumento do pH do solo, ocorre aumento da mineralização do N, aumentando a concentração de nitrato e, no processo de nitrificação/desnitrificação, pode haver produção de  $N_2O$ . Além disso, o fluxo de  $CH_4$  no solo está relacionado com os processos microbianos ocorridos em situação de aerobiose ou anaerobiose, no ciclo do C.

Por conseguinte, o trabalho tem como objetivo avaliar a emissão de gases de efeito estufa do solo para a atmosfera, bem como alterações no estoque de carbono no perfil do solo, em função da correção de acidez em sistema de semeadura direta e convencional.

## 7. CONCLUSÕES

O uso de corretivos de acidez do solo não aumenta a emissão total de CO<sub>2</sub> da biosfera para a atmosfera, uma vez que, tanto no sistema de cultivo convencional como no direto, o balanço de carbono é positivo.

A simples estimativa de emissões de gases de efeito estufa não é suficiente para se extrair conclusões sobre o papel de sistemas de manejo de solo, na emissão total de gases.

A adoção da semeadura direta ainda é a principal prática de manejo conservacionista a ser considerada com efeitos diretos no aumento de carbono, no sistema.

O uso do calcário associado ao gesso melhora o índice de conservação de carbono no solo e as propriedades químicas, aumenta o aporte de C e o estoque de carbono no solo, de maneira que pode ser uma prática capaz de favorecer a mitigação das emissões de C, além de promover aumento de produtividade da soja.



## 8. REFERÊNCIAS

- ADACHI, M.; ISHIDA, A.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; OKUDA, T.; KOIZUMI, H. Spatial and temporal variation in soil respiration in a seasonally dry tropical forest. **Journal of Tropical Ecology**. Thailand, v.25, n. 5, p. 531-539, 2009.
- ADDISCOTT, T.M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**, v. 46, n.2, p.161-168, 1995.
- AGARIE, S.; AGATA, W.; KUBOTA, F.; KAUFMAN, P. B. Physiological roles of silicon in photosynthesis and dry matter production in rice plants. **Japan Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 61, p. 200-206, 1992.
- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p.115-119, 1995.
- ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n. 5, p.799-806, 2003.
- ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; KUNTZE, M. A. G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n.3, p.415-424, 2005.
- ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A. S.; ALVARES V., V.H. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.291-334.

AL-KAISI, M. M.; YIN, X. H. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotations. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.34, n.2, p.437- 445, 2005.

ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.29, p.923-934, 2005.

ALMARAZ, J.J.; ZHOU, X.; MABOOD, F.; MADRAMOOTOO, C.; ROCHETTE, P.; MA, B. L.; SMITH, D. L. Greenhouse gas fluxes associated with soybean production under two tillage systems in Southwestern Quebec. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.104, n.1, p.134-139, 2009.

ALMEIDA, V. P.; ALVES, M.C.; SILVA, E.C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 32, n. 3, p.1227-1237, 2008.

ALTMANN, N. **Plantio Direto no Cerrado**: 25 anos acreditando no Sistema. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte, 2010. 568p.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; SPAGNOLLO, E.; de CAMPOS, B. H.; da VEIGA, M. Potential of Carbon Accumulation in No-Till Soils with Intensive Use and Cover Crops in Southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 4, p.1599-1607, 2006.

AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B. V.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1351-1358, 1994.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.187-203.

AMOS, B.; ARKEBAUER, T.J.; DORAN, J.W. Soil surface fluxes of greenhouse gases in an irrigated maize-based agroecosystem. **Soil Science Society of American Journal**, Madison - WI, v. 71, p. 944-951, 2005.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. (Ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 1998. p.27-52.

ANJOS, J. L.; SOBRAL, L. F.; LIMA-JUNIOR, M. A. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 15, n. 11, p. 1138-1142, 2011.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um nitossolo vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p.515-522, 2005.

AZEVEDO, A.C.; KAMPF, N.; BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de Latossolo Bruno pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 20, p.191-198, 1996.

BAGGS, E.M.; CHEBII, J.; NDUFA, J.K. A short-term investigation of trace gas emissions following tillage and no-tillage of agroforestry residues in western Kenya. **Soil and Tillage Research**, v. 9, n. 1-2, p.69-76. 2006.

BAKER, J. M.; OCHSNER, T. E.; VENTEREA, R. T.; GRIFFIS, T. J. Tillage and soil carbon sequestration-what do we really know? **Agriculture Ecosystem & Environment**, v.118, n.1, p.1-5, 2007.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Maize root-derived soil organic carbon estimated by natural <sup>13</sup>C abundance. **Soil Biol. Biochemistry**, v. 24, p.97-101, 1992.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M., Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil Tillage Research**, v. 53, p.215-230, 2000.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p.641-649, 1998.

BARTON, L.; MURPHY, D. V.; BUTTERBACH-BAHL, K. Influence of crop rotation and liming on greenhouse gas emissions from a semi-arid soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.167, p.23-32, 2013a.

BARTON, L.; GLEESON, D. B.; MACCARONE, L. D.; ZÚNIGA, L. P.; MURPHY, D. V. Is liming soil a strategy for mitigating nitrous oxide emissions from semi-arid soils? **Soil Biology & Biochemistry**, v.62, p.28-35, 2013b.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-39.

- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n.2, p. 237-245, 2006.
- BEARE, M.H.; HENDRIX, P. F.; CABRERA, M. L.; COLEMAN, D. C. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional- and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.787-795, 1994.
- BECKER, F.C. SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., Santa Maria, 1989. **Anais...** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1989. p. 7-38.
- BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; CARVALHO, M. C. S.; CERRI, C. C. CO<sub>2</sub> emissions from liming of agricultural soils in Brazil. **Global Biogeochem. Cycles**, v.17, n. 2, p.1049-1052, 2003.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas ao campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n. 1, p.155-163, 2004.
- BIASI C.; MEYER, H.; RUSALIMOVA, O.; HAMMERLE, R.; KAISER, C.; BARANYI, C.; DAIMS, H.; LASHCHINSKY, N.; BARSUKOV, P.; RICHTER, A. Initial effects of experimental warming on carbon exchange rates, plant growth and microbial dynamics of a lichen-rich dwarf shrub tundra in Siberia. **Plant and Soil**, v.307, n.1, p 191-205, 2008.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W.; CORNELIUS, P.L. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil Tillage Research**, v.3, p.135-146, 1983.
- BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. C.; SANTOS, J. C. F.; TORRES, E.; URQUIAGA, S. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1785-1792, 2008.
- BORTOLUZZI, E.C.; GARBOZZA, L.; GUARESCHI, C.; RHEINHEIMER, D. S. Efeito da calagem na relação entre solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2621-2628, 2008.
- BORTOLUZZI, E.C.; POLETO, C.; BAGINSKI, A. J.; SILVA, V. R. Aggregation of subtropical soil under liming: a study using laser diffraction. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.725-734, 2010.
- BOWDEN, R.D.; STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M. Annual nitrous oxide fluxes from temperate forest soil in the northeastern United State. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.95, p.13997-14005, 1990.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.4, p.605-614, 2006.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. Campina Grande, v.14, n.2, 2010.

BREEMER, N.V. Soils as biotic construct favouring net primary productivity. **Geoderma**, v. 57, p. 183-211, 1993.

BRIEDIS, C.; SA, J. C. M.; CAIRES, E. F.; NAVARRO, J. F.; INAGAKI, T. M.; BOER, A.; NETO QUADROS, C.; FERREIRA, A. O.; CANALLI, L. B.; SANTOS, J. B. Changes in organic matter pools and increases in carbon sequestration in response to surface liming in an oxisol under long-term no-till. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 1, p. 151, 2012a.

BRIEDIS, C.; SA, J. C. M.; CAIRES, E. F.; NAVARRO, J. F.; INAGAKI, T. M.; BOER, A.; NETO QUADROS, C.; FERREIRA, A. O.; CANALLI, L. B.; SANTOS, J. B. Soil organic matter pools and carbon-protection mechanisms in aggregate classes influenced by surface liming in a no-till system. **Geoderma**, v.170, p.80-88., 2012b.

BUTTERBACH-BAHL, K.; PAPEN, H. Four years continuous record of CH<sub>4</sub>-exchange between the atmosphere and untreated and limed soil of a N-saturated spruce and beech forest ecosystem in Germany. **Plant and Soil**, n.240, p.77-90, 2002.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA A.F. Calagem na Superfície em Sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p.161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função de calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p.1029-1040, 2001.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.87-98, 2006.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORRÊA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008.

CALEGARI, A. et al. **Plantio direto e rotação de culturas**. Experiência em Latossolo Roso. IAPAR/COCAMAR/ZENECA, Fazenda Sto, Antonio, Floresta (PR), 1985-1992 (Relatório mimeografado).

CALONEGO, J. C.; MORA, V. S.; SANTOS, C. H.; OLIVEIRA, L. Calagem e silicatagem em solo incubado com diferentes umidades. **Colloquium Agrariae**, v. 8, n.2, p. 46-56, 2012.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1399-1407, 2008.

CAMARGO, O.A.; CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R.; QUAGGIO, J. A. Alterações de atributos químicos do horizonte superficial de um Latossolo e um Podzólico com a calagem. **Scientia Agrícola**, v.54, p.1-8, 1997.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992.

CAMPOS, B.C. **Dinâmica do carbono em Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo de solo e de culturas**. 2006. 188 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Santa Maria - RS, 2006.

CAMPOS, B.H.C.D.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; NICOLOSO, R. S.; FIORIN, J. E. Carbon stock and its compartments in a subtropical oxisol under long-term tillage and crop rotation systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.805-817, 2011.

CARDOSO, A.; POTTER, R.; DEDECEK, R.A. Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no Noroeste do estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, p.349-353, 1992.

CARDOSO, J.A.E.; PERES, G.C.M.; LAMBERT, R.A. Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.1980-1987, 2014.

CARMO, J.B. do; ANDRADE, C. A.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C. Disponibilidade de nitrogênio e fluxos de N<sub>2</sub>O a partir de solo sob pastagem após aplicação de herbicida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.735-746, 2005.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.147-157, 2009.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.99-105, 1990.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N. MELLO, C. R. CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010.

CARVALHO, M.A.C.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, 2004.

CASSOL, L.C. **Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo**, 1995. 98f. Dissertação (Mestrado em Solos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

CASTRO, G. S. A. **Alterações físicas e químicas do solo em função do sistema de produção e da aplicação superficial de silicato e calcário**. 2009. 135f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C.A.C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.12, p.1690-1698, dez. 2011.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, v.195-196, p.234-242, 2013.

CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Management Impacts on Soil Organic Matter of Tropical Soils. **Vadose Zone Journal**, v. 14, n. 1, 2015.

CERRI, C.C. et al. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: emissões e remoções de dióxido de carbono pelos solos por mudanças de uso da terra e calagem. Brasília: Ministério da Agricultura, 2006. 47p.

CERRI, C.E.P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options. **Scientia Agrícola**, v. 64, p. 83-99, 2007.

CHAVEZ, L.F.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LA SCALA, N.; ESCOBAR, L. F.; FIORIN, J. E.; CAMPOS, B. H. C. Carbon dioxide efflux in a rhodic hapludox as Affected by tillage systems in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.325-334, 2009.

CHI, C. M.; ZHAO, C. W.; SUN, X. J.; WANG, Z. C. Reclamation of saline-sodic soil properties and improvement of rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield using desulfurized gypsum in the west of Songnen Plain, northeast China. **Geoderma**, v. 187-188, p. 24-30, 2012.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 1055-1064, 2002.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica do solo e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164, 2003.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERMANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.317- 326, 2004.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 1 - Safra 2013/14, n. 9 - Nono Levantamento. Brasília, p. 1-80, jun. 2014

COSTA, A.R.D.; SATO, J. H.; RAMOS, M. L. G.; FIGUEIREDO, C. C.; SOUZA, G. P.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.1, p.55- 65, 2013.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.527-535, 2003.

COSTA, F. S. et al. **Procedimentos de avaliação e emissões de metano em solo de várzea cultivado com arroz no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Departamento de solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Instituto Rio Grandense do Arroz. Boletim Técnico, 2007. p. 1-22.

COSTA, F. S.; BAYER, C. ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoques de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 323-332, 2008.



COSTA, O.V.; COSTA, L. M.; FONTES, L. E. F.; ARAUJO, Q. R.; KER, J. C.; NACIF, P. G. S. Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de chernossolos no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.843-856, 2000.

CRUVINEL, E.B.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KOZOVITS, A. R.; ZEPP, R. G. Soil emissions of NO, N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from croplands in the savanna region of central Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 144, p. 29-40, 2011.

DAO, T.H. Tillage system and crop residue effects on surface compaction of a Paleustoll. **Agronomy. Journal**, Madison, v.88, n.2, p.141-148, 1996.

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**, v. 4, p. 217-227, 1998.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.23, n.3, p. 703-709, 1999.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KOGL KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a Southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil Tillage Research**, v. 81, p. 87-95, 2005.

DUMALE JUNIOR, W. A.; MIYAZAKI, T.; HIRAI, K.; NISHIMURA, T. SOC Turnover and Lime-CO<sub>2</sub> Evolution during Liming of an Acid Andisol and Ultisol. **Open Journal of Soil Science**, v.1, p. 49-53, 2011.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA/CNPMA. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópica de gases de efeito estufa: emissões de óxido nitroso proveniente de solos agrícolas**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; OLIVEIRA, L.C. Increase of grain and green matter of corn by liming. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 22, p. 275-280, 1998.

ESSINGTON, M. E. **Soil and water chemistry: a interactive approach**. 1. ed. New York: Taylor & Francis, 2005. 534p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Amelior ating Soil Acidit y of Tropic al Oxisols by Liming For Sustainable Crop Production. **Advances in Agronomy**, v. 99, p. 345-399, 2008.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

FAO – Organização das nações unidas para a alimentação e agricultura. **Aumenta as emissões de gases de efeito estufa da agricultura**. 2014. Disponível em: < <https://www.fao.org.br/aegeea.asp> >. Acesso em 20 janeiro 2016.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, Glycine max (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 929-931, 1971.

FIGUEIREDO, E.B.; PANOSSO, A. R.; REICOSKY, D. C.; LA SCALA , N. Short-term CO<sub>2</sub>-C emissions from soil prior to sugarcane (Saccharum, SSP.) replanting in southern Brazil. **Global Change Biology Bioenergy**. Hoboken: Wiley-blackwell, v. 7, n. 2, p. 316-327, 2015.

FISHER, J.; DIGGLE, A.; BOWDEN, B. Quantifying the Acid Balance for Broad-Acre Agricultural Systems. In: ROBSON, A. D. **Handbook of Soil Acidity**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2003.p. 117-133.

FITTIPALDI, W. L. S. L. Sistemas de cultivo e gesso nas características químicas do solo e produtividade de milho consorciado com braquiária. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Marília, Marília, 2006.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 533-542, 1999.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.

FUENTES, J.P.; BEZDICEK, D. F.; FLURY, M.; ALBRECHT, S.; SMITH, J. L. Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v.88, n.1-2, p.123- 131, 2006.

GALBALLY, I.E.; MEYER, M. C. P.; WANG, Y. P.; SMITH, C. J.; WEEKS, I. A. Nitrous oxide emissions from legume pasture and the influences of liming and urine addition. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.136, p.262-272, 2010.

GARRITY, G.M.; LILBURN, T.G.; COLE, J.R.; HARRISON, S.H.; EUZEBY, J.; TINDALL, B.J. The Archaea, Phyla Crenarchaeota and Euryarchaeota. In: GARRITY, G.M.; LILBURN, T.G.; COLE, J.R.; HARRISON, S.H.; EUZEBY, J.; TINDALL, B.J. (Ed.). **Taxonomic Outline of the Bacteria and Archaea**. Release 7.7. East Lansing: Michigan State University Board of Trustees, 2007. p.6-31.

GHINI, R.; PATRICIO, F.R.A.; SOUZA, M.D.; SINIGAGLIA, C.; BARROS, B.C.; LOPES, ME.B.M.; TESSARIOLI NETO, J.; CANTERELLA, H. Efeito da solarização sobre propriedades físicas, químicas e biológicas de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 71-79, 2003.

GLATZEL, S.; STAHR, K. Methane and nitrous oxide exchange in differently fertilized grassland in southern Germany. **Plant and Soil**, v. 231, p. 21-35, 2001.

GOMES, J. **Emissão de Gases de Efeito Estufa e Mitigação do Potencial de Aquecimento Global por Sistemas Conservacionistas de Manejo do Solo**, 2006. 129p. Tese (Doutorado em Ciência do solo) –, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GOMES, J.; BAYER, C.; COSTA, F. S.; PICCOL, M. C.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. **Soil & Tillage Research**, v. 106, p. 36-44, 2009.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 307-313, 1999.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corns roots. **Soil Science Society of America Journal**, v.32, p.180-186, 1968.

GUNES, A.; PILBEAM, D.J.; INAL, A.; COBAN, S. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.39, n.13, p.1885-1903, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **The climate change**. The science of climate change. Contribution on working group I to the second assessment report of the intergovernment Panel on Climate Change [Houghton., JT, et al. (Eds.)]. Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA: Cambridge University Press, 1995, 572 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Guidelines for National Green House Gas Inventories**. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: IGES, 2006. chapter 11.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **The physical Science basis**: Contribution on working group I to the fourth assessment report of the intergovernment Panel on Climate Change. In: SALOMÃO, S.; QIN, D.; MANNING, M.;

CHEN, Z.; MARQUIS M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (Ed.).  
Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007, 996 p.

JANZEN, H. H. Soil carbon: a measure of ecosystem response in a changing world?  
**Canadian Journal of Soil Science**, v. 85, p. 467-480, 2005

JONG VAN LIER, Q. de. **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298p.

JORIS, H.A.W.; FONSECA, A. F.; ASAMI, V. Y.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKI, GARBUIO, F. J. Adsorção de metais pesados após calagem superficial em um Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n.1, p 1-10, 2012.

KATO, N.; OWA, N. Dissolution of slag fertilizers in a paddy soil and Si uptake by rice plant. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.43, p.329-341, 1997.

KELLER, T.; HAKÅNSSON, I. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. **Geoderma**, v.154, n.3-4, p.398-406, 2010.

KORNDÖRFER, G.H.; LEPSCHI, I. Effect of silicon on plant growth and crop yield. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. Silicon in Agriculture. **Studies in plant science**. Amsterdam, v. 8, p. 133- 147, 2001.

KORNDÖRFER, G.H.; SILVA, G.C.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, A.G.; FREITAS, R. S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v 40, n.2, p.119- 125, 2010.

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

LAL, R.; SHUKLA, M. K. **Principles of soil physics**. New York: Marcel Dekker, 2004.

LAMARCA, C.C. **Rastrojos sobre el suelo: una introducción a la cero labranza**. Santiago do Chile: Editorial Universitária, 1992.

LA SCALA JUNIOR, N.; LOPES, A.; SPOKAS, K.; ARCHER, D. W.; REICOSKY, D. First-order decay models to describe soil C-CO<sub>2</sub> loss after rotary tillage. **Scientia Agricola**, v.66, p.650-657. 2009.

LEITE, G.H.M.N.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; COGO, N. P. Atributos químicos e perfil de enraizamento de milho influenciados pela calagem em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.685-693, 2006.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

LEITE, P. C. **Interação silício-fósforo em latossolo roxo cultivado com sorgo em casa de vegetação**. 1997. 84 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1997.

LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Características agronômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja “safrinha” sob semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.1, p. 69-80, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **IDESIA** (Chile) v. 29, n. 2011.

LOUZADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1987. 52p. Dissertação (Mestrado em Solos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1987.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.175-187, 2004.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono no solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.106, p. 177-184, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARCELO, A.V.; CORA, J.E.; LA SCALA, N. Influence of liming on residual soil respiration and chemical properties in a tropical no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.36, n.1, p.45-50, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 651p.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

MATIAS, M. da C.B.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F.; GALVÃO, S. R. S. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p. 356-362, 2009.

MCCORMICK, L.H.; BORDEN, F.Y. Phosphate fixation by aluminum in plant roots. *Proceedings Soil Science Society American*, v.36, n.5, p.709-802, 1972.

MELO, S.P. **Silício e fósforo para o estabelecimento do capim-Marandu num Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2005. 110f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, RS: Genesis, 1999. p.1-8.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.1-5.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solos e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. **Tópico em ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 3, p. 209-248, 2003.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, p. 411-416, 1993.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras/MG: UFLA, 2006. 729 p.

MORELLI, S.L.; DALBEN, A. E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTE, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana de açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p. 187-194, 1992.

MOSIER, A.; WASSMANN, R.; VERCHOT, L.; KING, J.; PALM, C. Methane and nitrogen oxide flux in tropical agricultural soils: Sources, sinks and mechanisms. **Environment, Development and Sustainability**, v.6, p.11-49. 2004.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p. 95-102, 1983.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p. 409-416, 2010.

NEWMAN, A. **Effect of sugarcane residue management on soil organic carbon in a Louisiana agricultural system: implications for carbon sequestration**. 2014. 63f. Dissertação – Agricultural and Mechanical College, LSU, Louisiana, 2014.

NISHI, M.H.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; NOGUEIRA, H. P.; ALVARENGA, A. P. Influência dos créditos de carbono na viabilidade financeira de três projetos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.2, p.263-270, 2005.

NOLLA, A. Correção da acidez do solo com silicatos. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA. 3.,Uberlândia, 2004. Palestras. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2004. CD-ROM

NUERNBERG, N. J.; RECH, T. D.; BASSO, C. **Usos do gesso agrícola**. 2. ed.

Florianópolis: Epagri, 2005 (Boletim técnico, 122).

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.38, p.47-57, 1996.

OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um latossolo vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 327-336, 2004.

OMONODE, R. A.; VYN, T. J.; SMITH, D. R.; HEGYMEGI, P.; GAL, A. Soil carbon dioxide and methane fluxes from long-term tillage systems in continuous corn and corn-soybean rotations. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.95, p. 182-195, 2007.

ORDONEZ A. A; COMPANY, M. L. **El cultivo del girasol**. Madrid: Ediciones Mundi – Prensas, 1990.152 p.

PAGE, K.L., ALLEN, D.E., DALAL, R.C., SLATTERY, W. Processes and magnitude of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O fluxes from liming of acidic Australian soils: a review. **Australian Journal of Soil Research**, v. 47, p. 747-762, 2009.

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA, E.S.; CANTARUTTI, R. B.; SOUZA, A. P. Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 31, n. 5, p. 1119-1129, 2007.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

PAVEI, M. A. **Decomposição de resíduos culturais e emissão de gases do efeito estufa em sistemas de manejo do solo em Ponta Grossa (PR)**, 2005. 114p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ecologia de Agroecossistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2005.

PEIXOTO R. T. G.; AHRENS D. C.; SAMAHAM, J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa, IAPAR, 1997. 275p.

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P, MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. F C. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 37, p. 1276-1287, 2013.

PÉRTILE, P. **Resíduo alcalino da indústria de celulose em solos ácidos e área degradada**. 2011. 106p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages-SC, 2011.

PES, L. Z. **Fluxo de gases do efeito estufa em sistema de preparo de solo e rotação de culturas no planalto do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado) –2009, Santa Maria - RS, 2009.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil**: estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 67p.

PRATES, F. B.S.; SAMPAIO, R. A.; SILVA, W. J.; FERNANDES, L. A.; JUNIO, G. R. Z.; SATURNINO, H. M. Crescimento e teores de macronutrientes em pinhão manso adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Caatinga (online)**, Mossoró. v. 4, p. 101-112, 2011.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2000. 111p.

QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. van. Efeito da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 6, p. 189-194, 1982.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.V.; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. Pesquisa. **Agropecuária Brasileira**, v. 28, p.375- 383, 1993.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

RAIJ, B. V. Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba, MG. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.105-120.

RAIJ, B. V. Uso do gesso na agricultura. **Informações Agronômicas**, Campinas, n.117. p.14-15. 2007.

RAIJ, B. V. Gesso na agricultura. **Informações Agronômicas**, Campinas, n.122. p.26-27. 2008.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico IAC**. 2. ed. ver. e atual. Campinas, n.100, 1997. 285p.

RAIJ, B. van.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; PETTINELLI JUNIOR, A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa v. 22, p.101-108, 1998.



RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 30, p. 849-857, 2006.

RAMPIM, L. S.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1687-1698, 2011.

RANGEL, O. L. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1609-1623, 2007.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32 n. 2, p. 429-437, 2008.

RASSE, D.P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M.F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. **Plant and soil**, Dordrecht, v.269, n.1-2, p.341-356, 2005.

REICONSKY, D.C.; DUGAS, W.A.; TORBERT, H.A. Tillage – induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. **Soil & Tillage Research**, v.41, p. 105-118, 1997.

REZENDE, L.; SOUZA, I.; BARROS, N.; MILAGRES, J. Eficiência agronômica do agrosilício, comparativamente ao calcário dolomítico, na correção do solo e na disponibilidade de Ca e Mg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007 (CD-ROM).

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.797-805, 2000.

RIGON, J. P. G. **Emissão de gases de efeito estufa em áreas de sistema de semeadura direta com aportes diferenciados de C e N**. 2013. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

ROBERTSON, G. P.; PAUL, E. A.; HARWOOD, R.R. Green-House Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere, **Science**, v.289, n.5486, p. 1922-1925, 2001.

ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, A. C.; RODRIGUES, A. N.; LIRA JUNIOR, M.; FREIRE, F. J. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.4, p.307-312, 2008.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, v. 2, n. 24, p. 34-40. 2007.

ROSCOE, R.; BODDEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304p.

ROSOLEM, C. A.; PEREIRA, H. F. M.; BESSA, M. A.; AMARAL, P. G. Nitrogen in soil and cotton growth as affected by liming and nitrogen fertilizer. In: WRIGHT, R. J. (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer, 1991. p. 321-325.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1486-1499. 2001.

SALDANHA, E. C. M.; ROCHA, T.A.; OLIVEIRA, E. C. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J. Uso do Gesso mineral em latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Caatinga**, v.20, n.1, p.36-42, 2007.

SALET, R.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R.A. Atividade do Alumínio na solução do solo do sistema plantio direto. R. **Científica Unicruz**, v 1, p. 9-13, 1999.

SAMPAIO, J.A.; ALMEIDA, S.L.M. Calcário e dolomito. In: CETEM: Rochas e minerais industriais. Rio de Janeiro, 2008. p. 363-391.

SANT'ANNA NETO, J.L.S., ALMEIDA, I. R. de. **A variabilidade das chuvas e a expansão da cultura da soja no Brasil**: cenários possíveis sob a hipótese das mudanças climáticas. Embrapa Soja, 2007.

SANTOS, N.Z.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; PIVA, J. T. Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotation to C sequestration in a subtropical Ferralsol. **Soil & Tillage Research**, v.111, p.208-218, 2011.

SARTO, M.V.M.; RAMPIM, L.; LANA, M. C.; ROSSET, J. S.; ECCO, M.; WOBETO, J. R. Atributos químicos do solo e desenvolvimento da cultura do trigo em função da adubação silicatada. **Agrarian**, Dourados, v.7, n.25, p.390-400, 2014.

SCHAUFLER, G.; KITZLER, B.; SCHINDLBACHER, A.; SKIBA, U.; SUTTON, A. M.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. Greenhouse gas emissions from European soils under different land use: effects of soil moisture and temperature. **European Journal of Soil Science**, v.6, p. 1683-1696, 2010.

SCHONINGER, E.L.; LANGE, A.; SILVA, A. F.; LEMKE, A. F.; MONTEIRO, S.; SILVA, J. A. N. Atributos químicos do solo e produtividade da cultura de soja em área de semeadura direta após calagem superficial. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, suplemento 1, p.1253-1262, 2010.

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**, v.110, p.221-229, 2010.

SERAFIM, M. S.; OLIVEIRA, G. C.; OLIVEIRA, A. S.; LIMA, J. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSTA, J. C. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto São Francisco, MG: um estudo de caso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 964-977, 2011.

SILVA, E. D.; LOURENTE, E. P. R.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2011.

SILVA, E.F.; MOITINHO, M. R.; TEIXEIRA, D. B.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Emissão de CO<sub>2</sub> do solo associada à calagem em área de conversão de laranja para cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p. 885-898, 2014.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

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 and Environment**, v. 103, p. 357-363, 2004.

SILVA, R.H. da; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.855-860, 2002.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; JUNIOR, J. A.; SILVA, J. G. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 53-59, July/Sept. 2008

SIQUEIRA NETO, M.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. CERRI. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR): I - Sequestro de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 33, n.4, p. 1013-1020, 2009.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; COSTA JR., C.C.; CERRI, C.C., BERNOUX, M. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 63-76, 2011.

SIQUEIRA, O.J.W.; STEINMETZ, S.; SALLES, L.A.B. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2001. p.33-64.

SISTI, C.P.J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in Southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v. 76, p. 39-58, 2004.

SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.63, p.1350-1358, 1999.

SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology. Biochemistry**, v. 32, p. 2099-2103, 2000.

SOBRAL, L.F.; CINTRA, F.L.D.; SMYTH, T.J. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.836-839, 2009.

SOBRAL, M.F.; NASCIMENTO, C. W. A.; CUNHA, K. P. V.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B. V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 867- 872, 2011.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.675-688, 2008a.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Métodos de determinação de cálcio e magnésio trocáveis e estimativa do calcário residual em um latossolo submetido à aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.663-673, 2008b.

SORRILHA, P. A. A.; PEREIRA, L. H. G; COSTA, F.A. Atividade microbiana de dois solos após calagem e adição de um composto orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 5, n.1, 2010. (Resumos do III Seminário de Agroecologia de MS).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: Correção do solo e adubação. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004

SOUZA, R.F.; FAQUIN, V.; CARVALHO, R.; TORRES, P. R. F.; POZZA, A. A. A. Atributos químicos de solos influenciados pela substituição do carbonato por silicato de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1563-1572, 2008.

STEUDLER, P.A.; BOWDEN, R. D.; MELILLO, J. M.; ABER, J. D. Influence of nitrogen fertilization on methane uptake in temperate forest soils. **Nature**, v. 341, p. 314-316, 1989.

STEVENS, R.J.; LAUGHLIN, R.J. Measurement of nitrous oxide and nitrogen emissions from agricultural soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 52, p. 131-139, 1998.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Efeito do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.83-91, 1999.

STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: The effect of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v. 35, p. 730-740, 2005.

STÜRMER, S. L. K.; ROSSATO, O. B.; COPETTI, A. C. C.; SANTOS, D. R.; CALEGARI, A.; BRUM, B. Variações nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 241-250, 2011.

SU, Y. Z.; WANG, X. F.; YANG, R.; LEE, J. Effects of sandy desertified land rehabilitation on soil carbon sequestration and aggregation in an arid region in China. **Journal of Environmental Management**, v.91, p.2109-2116, 2010.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical methods**. Madison: Soil Science Society America, 1996. Part 3. p.1018-1020 (Soil Science Society of America, Series, 5).

TEIXEIRA, L.G.; LOPES, A.; LA SCALA JR, N. Temporal variability of soil CO<sub>2</sub> emission after conventional and reduced tillage described by an exponential decay in time model. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.224-231, 2010.

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.6, p. 1023-1031, 2004.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.301-309, 1998.

URRUTIA, M.; MACIAS, F.; RODEJA, G. E. Evaluación del CuCl<sub>2</sub> y del LaCl<sub>3</sub> como extractantes de aluminio en suelos ácidos de Galicia. **Nova Acta Científica Compostelana (Biología)**, Santiago de Compostela, v.5, p.173-182, 1995.

USSIRI, D. A. N.; LAL, R. Carbon Sequestration in Reclaimed Minesoils. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.24, p.151-165, 2005.

USSIRI, M.K.; LAL, R.; JARECKI, M.K. Nitrous oxide and methane emissions from long-term tillage under a continuous corn cropping system in Ohio. **Soil Tillage Research**, v. 104, p. 247-255, 2009.

VAN CLEEMPUT, O. Subsoils: chemo- and biological denitrification, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 52, p. 87-94, 1998.

VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. F.; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. Fertility and acidity status of Latossolos (oxisols) under pasture in the Brazilian Cerrado. **An. Acad. Bras. Ci.**, v. 82, p. 1085-1094, 2010.

VERBURG, P. J.; LARSEN, J.; JOHNSON, D. W.; SCHORRAN.; ARNONE, J. A. Impacts of an anomalously warm year on soil CO<sub>2</sub> efflux in experimentally manipulated tallgrass prairie ecosystems. **Global Change Biology**, v.11, p.1720-1732, 2005.

VETEREA, R.T.; BIJESH, M.; DOLAN, M.S. Fertilizer source and tillage effects on yield-scaled nitrous oxide emissions in a corn cropping system. **Journal of Environmental Sciences**, v.40, p. 1521-1531, 2011.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**, 2001. 184p. Tese (Doutorado em solos) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VIANA, E.T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A, C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.6, p.2015-2114, 2011.

VOLKWEISS, S.J. Química da acidez dos solos. In: KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, J.;

WEST, T.O.; POST, W.M.; Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, 1930-1946. 2002.

WIETHÖLTER, S. Histórico e perspectivas da prática de calagem no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. (CD-ROM)

WUEBBLES, D.J.; HAYHOE, K. Atmospheric methane and global change. **Earth-Sci. Rev.**, v. 57, p. 177-210, 2002.

YAGI, K.; MINAMI, K. Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. **Soil Science & Plant Nutrition**, Tokyo, v.36, n.4, p.599-610, 1990.

YU, C.M. **Seqüestro florestal de carbono no Brasil**: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. São Paulo: Annablume IEB, 2004. 280p.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, 2007.

ZANDONA, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.