



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NAGIB JORGE MELÉM JÚNIOR

**BIOMASSA MICROBIANA, NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE
DE MILHO E FEIJÃO EM SOLO MANEJADO COM E SEM
QUEIMA DE RESÍDUOS**

Londrina
2009

NAGIB JORGE MELÉM JÚNIOR

**BIOMASSA MICROBIANA, NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE
DE MILHO E FEIJÃO EM SOLO MANEJADO COM E SEM
QUEIMA DE RESÍDUOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação,
em Agronomia da Universidade Estadual de
Londrina, como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito
Co-Orientador: Dr. Júlio Cezar Franchini

Londrina
2009

NAGIB JORGE MELÉM JÚNIOR

**BIOMASSA MICROBIANA, NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE
DE MILHO E FEIJÃO EM SOLO MANEJADO COM E SEM
QUEIMA DE RESÍDUOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação,
em Agronomia da Universidade Estadual de
Londrina, como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenaghi Prete – UEL

Dra. Diva de Souza Andrade – IAPAR

Prof. Dr. Marco Antonio Nogueira – UEL

Profª. Dra. Maria de Fátima Guimarães – UEL

Prof. Dr. Claudemir Zucarelli (suplente) – UEL

Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior (suplente) –
IAPAR

Prof Dr. Osmar Rodrigues Brito
Orientador – UEL

Londrina, 29 de janeiro de 2009.

DEDICATÓRIA

*A minha esposa Alice e meu filho Fernando,
pelo amor, dedicação, paciência, e por
darem um significado especial a minha vida..*

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente pela graça da vida;

A Embrapa Amapá e a Universidade Estadual de Londrina através da Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade no aperfeiçoamento do conhecimento;

Ao Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito, orientador, pela sua real dedicação, competência e confiança depositada, além da sua amizade e companheirismo;

Ao Dr. Júlio Cezar Franchini, co-orientador, pela possibilidade de utilização dos laboratórios da Embrapa Soja; a Prof^a. Dr^a. Inês Cristina de Batista Fonseca pela orientação nas análises estatísticas e ao Prof. Dr. Marco Antonio Nogueira pelo auxílio em diversos momentos;

Ao Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior do IAPAR, pela ajuda e confiança depositada;

A colega de curso Cristine Elizabeth Alvarenga Carneiro, pela convivência, idéias e soluções nas longas horas de laboratório e aos colegas Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame e Auro Akio Otsubo pelo auxílio e apoio recebido em diversos momentos, principalmente por ocasião da entrega desse trabalho;

Aos membros da banca examinadora (Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenaghi Prete, Dr^a. Diva de Souza Andrade, Prof. Dr. Marco Antonio Nogueira, Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima Guimarães, Prof. Dr. Claudemir Zucarelli e Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior) pelas valiosas contribuições ao aperfeiçoamento deste trabalho;

Aos funcionários da Fazenda Escola da UEL na pessoa do técnico agrícola Leonardo Bruno pelo auxílio na condução dos experimentos;

Aos estagiários e estagiárias da UEL (Aghatha Thalita Trevisan, Aline Erika Hori, André Kikushi Bagatin, Armando Morisada Fujimura, Danilo Estefani Demarchi, Diego Scapim Pissinati, Eliann Garcia Ferreira, Giovanni Barth Camolezzi, Fabiana Schlumberger da Cunha, Fernanda Yuri Mastelaro Hayashi, Rafael Mizubuti Brito, Ricardo Klein Sercundes, Salazar Marquetti Junior e Thiago Bertolla Borian) e da Embrapa Soja (Adriana Pereira da Silva, Leticia Babujia, Rosinei Aparecida de Souza e Thais Correa), pelo auxílio na condução dos experimentos e nas análises laboratoriais;

A CMTU (Prefeitura Municipal de Londrina) pela cessão dos resíduos de poda e ao IAPAR pela cessão das sementes de milho, feijão e dados climatológicos;

Ao meu sobrinho Paulo e sua esposa Gláucia, por toda ajuda prestada durante nossa ausência;

Ao Paulo Roberto de Lima Meirelles e ao Marcos André Piedade Gama, amigos de todas as horas, agradeço toda a ajuda prestada durante nossa convivência;

Aos companheiros de curso de pós-graduação (Alfredo, Auro, Cristine, Eurípides, Gilberto, Pedro, Sinval e Rubens) pela ajuda prestada em muitos momentos, mas principalmente pela amizade, apenas iniciada nesse período, mas que tenho certeza que vai perdurar, independentemente da distância;

Aos companheiros da Embrapa, Marcelino Carneiro Guedes, Arnaldo Bianchetti, Antônio Cláudio Almeida de Carvalho e Manoel da Silva Cravo, pelo estímulo e apoio em todos os momentos;

A Elisabete da Silva Ramos (Embrapa Amapá), pela auxílio por ocasião da minha inscrição no curso e pela revisão gramatical;

Ao José Sansão Souza Batista pela tradução dos resumos para a língua inglesa;

A Dalva Polli da Palma e Weda Aparecida Westin (UEL) por toda ajuda prestada por ocasião de minha vinda para Londrina e durante a realização do curso;

A minha esposa Alice pelo auxílio na correção desse trabalho;

Ao meu irmão Paulo, motivador e torcedor de minha carreira profissional.

MUITO OBRIGADO!

*Necessitamos de um grande conhecimento para então
percebermos o tamanho da nossa ignorância.*

(autor desconhecido)

MELÉM JÚNIOR, Nagib Jorge. **Biomassa microbiana, nutrição e produtividade de milho e feijão em solo manejado com e sem queima de resíduos.** 2009. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

RESUMO

A busca pela sustentabilidade na agricultura tem motivado o desenvolvimento de pesquisas que visam identificar indicadores sensíveis aos impactos provocados pela utilização de práticas inadequadas como as queimadas. Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação no conteúdo de carbono da biomassa microbiana, quociente microbiano e carbono orgânico total do solo (Artigo A), nos componentes de produção, teores foliares de macronutrientes e na produtividade das culturas do milho (Artigo B) e do feijão (Artigo C) cultivadas em rotação. Para a elaboração dos artigos referidos anteriormente foram instalados dois experimentos: Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos, e Experimento II – sem queima dos resíduos. Para os experimentos com biomassa microbiana e cultura do milho adotou-se o delineamento de blocos inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de resíduos de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹); as subparcelas foram constituídas por dois tipos de adubação: adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica exclusiva (AOE) e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM). Nos experimentos para avaliação da biomassa microbiana do solo (Artigo A) as subparcelas foram representadas por seis épocas de amostragem de terra, correspondendo aos períodos de floração e colheita das culturas testadas. Nos experimentos com a cultura do milho (Artigo B) as subparcelas foram representadas por duas safras de milho (2007 e 2008). Nos experimentos com a cultura do feijão (Artigo C), o delineamento empregado foram blocos inteiramente casualizados, com três repetições e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x2, em que os fatores foram quatro doses de resíduos orgânicos (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹) e dois tipos de adubação (adubação orgânica exclusiva – AOE, e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral - AOM). Os resultados obtidos permitiram concluir que a utilização do fogo como técnica de manejo causa alterações negativas na qualidade e saúde do solo, componentes da produção e produtividade das culturas de milho e feijão em rotação. O conteúdo de carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano do solo podem ser utilizados como indicadores no monitoramento dos efeitos danosos do fogo na qualidade do solo. Embora a queima dos resíduos tenha aumentado os teores foliares de potássio nas plantas de milho e feijão, isto não implicou em aumento de produtividade, principalmente na cultura do milho, onde simultaneamente ocorreu redução nos teores foliares de nitrogênio. Para as culturas de feijão e milho de segunda safra as maiores produtividades foram obtidas quando se empregou a adubação organomineral, independentemente da queima de resíduos.

Palavras-chave: Quociente microbiano. Adubação orgânica. Resíduos orgânicos. Componentes da produção. *Zea mays*. *Phaseolus vulgaris*.

MELÉM JÚNIOR, Nagib Jorge. **Microbial biomass, nutrition and production of corn and beans in soil managed with and without burning of organic residues**. 2009. 126p. Thesis (Doctor degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

ABSTRACT

The search for sustainable agriculture has required the researches development which purpose is to identify the sensitive indicators of the impacts caused by the inadequate use of practices as burning. Simulating a situation of managed areas with the use of fire, this work was led with the objectives of evaluating the effects of doses, the organic residues burning and fertilization types over soil microbial biomass carbon content, total organic carbon and microbial quotient of the soil (Scientific Article A), production components, macronutrients foliated levels and the corn crop (Scientific Article B) and bean (Scientific Article C) production planted under the rotation system. For each referred scientific article, two experiments were carried out: Experiment I - With the organic residues burning and Experiment II – without the burning of the residues. For the microbial biomass and corn crops were adopted delineated and randomized blocks with three identical replications. The blocks were constituted by four doses of organic pruning residues (0, 15, 30 and 45 Mg ha⁻¹), and the other identical blocks received two fertilization types: organic fertilization composed by pruning residues, named exclusively organic fertilization (EOF) and organic biomass evaluation fertilization of pruning residues added by mineral fertilization proper for such culture, named organic mineral fertilization (OMF). In the soil microbial biomass evaluation experiments (article A), the identical blocks were represented by six periods of soil sampling, regarding to the corn and bean flowering and harvest periods of the plants under experiment. In the experiments with corn crops (article B), the identical blocks were represented by two corn harvest seasons (2007 and 2008). In the experiments with beans crops (article C) the delineation carried out was a randomized block design with three repetitions and the treatments were arranged in a 4x2 factorial, in which the factors were four doses of organic residues (0, 15, 30 and 45 Mg ha⁻¹) and two fertilization types (EOF: organic fertilization and OMF: organic mineral fertilization). The obtained results allowed conclude that the use of fire as agricultural technique causes negative alterations in the quality and health of the soil and on components of the production and productivity to the corn and bean crop under rotation system. The soil carbon microbial biomass content and the soil microbial quotient may be considered good indicators to evaluate the effects of fire on the soil quality. Although the burning of the residues increased the foliate potassium levels in corn and bean plants, this fact did not implicate in productivity increase, specially to the corn crop where was observed a simultaneous reduction of nitrogen foliate levels. To the bean and corn second crops, the largest productivities scores were obtained when the organic mineral fertilization was used, independently of the burn of organic residues.

Keywords: Microbial quotient. Organic fertilization. Organic residues. Production components. *Zea mays*. *Phaseolus vulgaris*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO	13
2.2 QUOCIENTE MICROBIANO	16
2.3 A UTILIZAÇÃO DO FOGO PELO HOMEM	17
2.4 EFEITO DO FOGO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO	18
2.5 EFEITO DA QUEIMA NA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO	19
2.6 APROVEITAMENTO AGRÍCOLA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS	21
3 ARTIGO A – BIOMASSA MICROBIANA, QUOCIENTE MICROBIANO E CARBONO TOTAL DO SOLO EM ÁREAS MANEJADAS COM E SEM QUEIMA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO	22
3.1 RESUMO	22
3.2 ABSTRACT	23
3.3 INTRODUÇÃO	24
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.5.1 Experimento I. Com a queima dos resíduos	30
3.5.2 Experimento II. Sem a queima dos resíduos	38
3.6 CONCLUSÕES	46
4 ARTIGO B – NUTRIÇÃO MINERAL, COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO EM ÁREAS MANEJADAS COM E SEM QUEIMA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO	47
4.1 RESUMO	47
4.2 ABSTRACT	48
4.3 INTRODUÇÃO	49
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	51
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54

4.5.1 Experimento I. Com a queima dos resíduos	54
4.5.1.1 Componentes da produção e produtividade	54
4.5.1.2 Teores foliares de macronutrientes.....	57
4.5.2 Experimento II. Sem a queima dos resíduos	61
4.5.2.1 Componentes da produção e produtividade	61
4.5.2.2 Teores foliares de macronutrientes.....	64
4.6 CONCLUSÕES	67

**5 ARTIGO C – NUTRIÇÃO MINERAL, COMPONENTES DA PRODUÇÃO
E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO FEIJÃO EM ÁREAS
MANEJADAS COM E SEM QUEIMA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
E DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO**

5.1 RESUMO.....	68
5.2 ABSTRACT	69
5.3 INTRODUÇÃO	70
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	72
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
5.5.1 Experimento I. Com a queima dos resíduos.....	75
5.5.1.1 Componentes da produção e produtividade	75
5.5.1.2 Teores foliares de macronutrientes.....	77
5.5.2 Experimento II. Sem a queima dos resíduos	78
5.5.2.1 Componentes da produção e produtividade	78
5.5.2.2 Teores foliares de macronutrientes.....	80
5.6 CONCLUSÕES	82

5 CONCLUSÕES GERAIS

REFERÊNCIAS

APÊNDICE

APÊNDICE A – Quadros de análises de variância

1 INTRODUÇÃO

Para algumas regiões do Brasil, e principalmente para a amazônica, o uso do fogo para limpeza das áreas de cultivo ainda é uma prática comum. Nas demais regiões o fogo ainda é utilizado no manejo de pastagens e no cultivo da cana-de-açúcar, visando o preparo da mesma para a colheita manual. Embora necessário em algumas atividades, o uso do fogo é uma prática condenável, pois causa impactos ambientais negativos como o aumento da concentração de gases do efeito estufa, redução da atividade biológica e alteração das propriedades físicas e químicas dos solos.

A produção cada vez maior de resíduos orgânicos agrícolas ou urbanos disponibiliza um grande potencial de nutrientes que poderiam ser aproveitados pelas plantas. Entretanto, seu uso não pode prescindir de avaliação e monitoramento dos impactos causados ao ambiente e à saúde dos seres humanos. O aproveitamento agrícola, *in natura* ou na forma de compostos, dos ramos e galhos resultantes da poda de árvores dos centros urbanos, pode e deve ser considerado como uma fonte de adubo orgânico para culturas diversas. Quando utilizado na forma *in natura* estes resíduos formam uma densa camada de fitomassa nas áreas de cultivo que além de proteger o solo contra a erosão, serve para estimular a atividade biológica, contribuindo decisivamente para o aumento natural, gradual e equilibrado da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Essa reciclagem de energia e nutrientes através do material orgânico representa uma forma de sequestro e de manutenção do carbono no solo, minimizando assim as emissões de CO₂ para a atmosfera e contribuindo para a sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção agrícola.

Diversos esforços têm sido feitos com o objetivo de reduzir ou eliminar as queimadas e seus efeitos, oferecendo alternativas sustentáveis para o manejo de pastagens, colheita de cana-de-açúcar ou para a agricultura na Amazônia. Especificamente nessa região, a substituição da queima pela trituração da capoeira e o enriquecimento dessa vegetação com leguminosas, vem sendo estudada em um projeto de colaboração entre a Embrapa Amazônia Oriental e o Governo Alemão. Iniciado em 1991, este projeto foi denominado SHIFT (Studies of Human Impacts on Forests and Floodplains in the Tropics), e atualmente recebe a denominação de Projeto Tipitamba, palavra adaptada da língua indígena dos Tiryós do norte do Pará, que significa ex-roça ou capoeira. Em continuidade aos trabalhos iniciados em 1991, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas, e atualmente estão sendo validadas e transferidas

em todos os estados da Amazônia, comprovando a sustentabilidade ecológica e produtiva da capoeira quando manejada com técnicas adequadas.

A busca pela sustentabilidade na agricultura tem motivado o desenvolvimento de pesquisas que visam identificar indicadores sensíveis aos impactos provocados pela utilização de práticas inadequadas como as queimadas. Indicadores relacionados à biomassa microbiana do solo têm sido utilizados com sucesso, pois são sensíveis às transformações ocorridas no carbono do solo, e podem auxiliar na mitigação da degradação ambiental ou recuperação de áreas alteradas.

As culturas de milho e feijão são de grande importância para a alimentação dos brasileiros, pois além de fazerem parte da culinária de todas as regiões, o uso direto ou processado destes produtos contribui de forma expressiva para o atendimento diário das demandas energético-proteicas das populações.

Simulando a situação de manejo de áreas com e sem uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação no conteúdo de carbono da biomassa microbiana, quociente microbiano e carbono orgânico total do solo (Artigo A), nos componentes de produção, teores foliares de macronutrientes e na produtividade das culturas do milho (Artigo B) e do feijão (Artigo C) cultivadas em sucessão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

A matéria orgânica do solo pode ser definida como a fração composta por materiais orgânicos nos mais variados graus de decomposição e por organismos vivos (SILVA; MENDONÇA, 2007). Ainda segundo esses autores, a fração de matéria orgânica sem vida corresponde em média a 98% do carbono orgânico total do solo, e é composta por frações orgânicas estabilizadas (húmus) e materiais orgânicos leves ou particulados. A matéria orgânica viva corresponde no máximo a 4% do carbono orgânico total e é representada pelo material orgânico associado às células de organismos vivos, que se encontra temporariamente imobilizado, mas que apresenta potencial de mineralização. Essa fração da matéria orgânica do solo pode ainda ser subdividida em três compartimentos: raízes (5% a 10%), fauna do solo (15% a 30%) e micro-organismos (60% a 80%).

A biomassa microbiana do solo foi definida por Jenkinson e Ladd (1981) como a parte viva da matéria orgânica, sendo composta por bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna, excluindo-se raízes de plantas e animais maiores que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ e representa um importante componente ecológico, pois é responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos no solo, utilizando-os como fonte de carbono, nutrientes e energia para a formação e desenvolvimento de suas células (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008). De acordo com Roscoe et al. (2006), a atividade metabólica da biomassa microbiana promove a liberação dos nutrientes oriundos dos resíduos orgânicos, tornando-os disponíveis para as plantas, podendo ainda atuar como reservatório temporário dos nutrientes.

A biomassa microbiana do solo é um componente que controla funções-chave no solo como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes das plantas. A biomassa microbiana também representa uma reserva considerável de nutrientes que são continuamente desviados para os ciclos de crescimento dos vegetais componentes de um ecossistema (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Uma das principais funções da biomassa microbiana é a decomposição dos resíduos orgânicos do solo. Entretanto, embora represente uma pequena parte do carbono orgânico total (COT), o seu conteúdo de carbono (C-bio) é um indicador sensível às

mudanças determinadas pelo manejo do solo, pois é extremamente influenciado pelas variações na disponibilidade de carbono, nutrientes, umidade, aeração, acidez e textura do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). De acordo com Gama-Rodrigues et al. (1997), o conteúdo de carbono da biomassa microbiana indica a reserva de carbono do solo que participa do processo de humificação.

A estimativa da biomassa microbiana do solo (C-bio) fornece informações úteis sobre as mudanças nas suas propriedades biológicas decorrentes de práticas agrícolas diversas (GRISI; GRAY, 1986). De acordo com Roscoe et al. (2006), a biomassa microbiana além de ser uma variável importante no entendimento da dinâmica da matéria orgânica do solo é de fácil mensuração e tem sido usada como um indicador de qualidade do mesmo. Segundo estes autores, os maiores valores de carbono da biomassa microbiana do solo são encontrados em ambientes naturais, destacando-se os que possuem um maior fluxo de resíduos. Entretanto, segundo Moreira e Siqueira (2006), os menores valores são encontrados geralmente em áreas de mineração e queimadas, áreas sujeitas a inundações e solos sob cultivos intensivos ou contaminados com metais pesados.

Em revisão sobre os métodos de quantificação da biomassa microbiana do solo, Cardoso (2004) informa que muitas e diversificadas técnicas foram criadas, sendo que inicialmente as células microbianas eram contadas com auxílio de microscópios, em observações diretas de lâminas de solo. Posteriormente foram introduzidas melhorias como o uso de corantes vitais e o cálculo da biomassa através do biovolume celular e da densidade média das estruturas vivas. Outros métodos, baseados na extração e determinação de algum componente celular específico (ácido murâmico para bactérias, quitina para fungos e ATP para a biomassa total, entre outros), surgiram em grande número. Entretanto, de acordo com Roscoe et al. (2006), os maiores avanços ocorreram com o desenvolvimento de métodos baseados na quantificação do carbono liberado de células vivas após tratamento do solo com reagentes químicos que provocavam a morte e o rompimento da parede celular. Segundo estes autores os trabalhos pioneiros de Jenkinson, ainda na década de 1960, demonstraram a eficiência do clorofórmio na fumigação do solo e serviram de base para o desenvolvimento do método da fumigação-incubação (FI), em que se estima a biomassa microbiana pela diferença entre a evolução de CO₂ de amostras de solo não fumigadas (micro-organismos vivos) e fumigadas (micro-organismos mortos).

Posteriormente, baseando-se na metodologia anterior, Vance et al. (1987) desenvolveram o método da fumigação-extração (FE), que utiliza solução de K₂SO₄ (0,5 mol L⁻¹) para extrair o carbono de amostras fumigadas e não-fumigadas, que é quantificado pela

oxidação com dicromato de potássio em meio ácido e posterior titulação com sulfato ferroso, estimando-se o carbono da biomassa microbiana do solo pela diferença entre os valores obtidos. Segundo Bartlett e Ross (1988), a quantificação do carbono da biomassa microbiana pode ainda ser realizada mediante oxidação com Mn^{3+} em meio ácido e posterior determinação em espectrofotômetro ajustado para leituras a 495 nm.

De acordo com Tótola e Chaer (2002), recentemente o método de Vance foi modificado no tocante a fumigação, substituindo-se o clorofórmio pela irradiação em forno de micro-ondas, que embora não seja tão eficiente quanto o método original, apresenta alta correlação com resultados obtidos com o uso de clorofórmio, além de ser mais prático, rápido e dispensar o uso de substância nociva à saúde humana e ao ambiente.

Para Roscoe et al. (2006), a determinação do carbono da biomassa microbiana não é completa, independentemente do método utilizado (fumigação-incubação ou fumigação-extração), o que torna necessário a utilização de fatores de correção. Para a fumigação-incubação o fator de correção (K_c) foi determinado em experimentos que promoviam a mineralização de quantidades conhecidas de bactérias e/ou fungos em condições ambientais semelhantes às de execução do método. Para o método de fumigação-extração o fator de correção (K_{ec}) pode ser calculado através de medições diretas com C^{14} , ou através de comparações da biomassa microbiana obtidas em outros métodos. Estes mesmos autores sumarizaram diversos trabalhos e encontraram valores de K_{ec} variando entre 0,30 e 0,38. Em outros cinco trabalhos em que o carbono da biomassa microbiana foi determinado pelos dois métodos da FI e FE, observou-se uma relação altamente significativa entre os valores, possibilitando estimar um valor de K_{ec} médio de 0,40.

Segundo Gama-Rodrigues e Gama-Rodrigues (2008), a biomassa microbiana é o compartimento da matéria orgânica do solo mais sensível às alterações determinadas pelas práticas agrícolas, portanto o seu conteúdo de carbono tem sido largamente utilizado como indicador das alterações na matéria orgânica do solo, como por exemplo, no monitoramento e recuperação de áreas mineradas (COSTA et al., 1998; RUIVO et al., 2006; CARNEIRO et al., 2008), na avaliação da degradação de pastagens (GERALDES et al., 1995; FEIGL et al., 1997; COSTA, 2005), na avaliação do sistema de plantio direto (CATTELAN; VIDOR, 1990; CARVALHO, 1997; CATTELAN et al., 1997; BALOTA et al., 1998; SÁ, 2001; SILVA et al., 2007; VENZKE FILHO, 2008), no monitoramento do impacto de novas tecnologias, como a soja transgênica na microbiota do solo (SOUZA et al., 2008), na avaliação da utilização de resíduos agrícolas e urbanos como adubos orgânicos (SOARES, 2005; COLODRO et al., 2007; TRANNIN et al., 2007), na avaliação dos efeitos

das queimadas de florestas na Amazônia (PFENNING et al., 1992; CERRI et al., 1985; LUIZÃO et al., 1999; MOREIRA; MALAVOLTA, 2004) e em outros sistemas que utilizam o manejo com fogo como em pastagens na região sul (BARETTA et al., 2005; POMIANOSKI et al., 2006), nos cerrados (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003) ou na condução da cultura de cana-de-açúcar (GALDOS, 2007).

2.2 QUOCIENTE MICROBIANO

Araújo e Monteiro (2007) citam que, embora a biomassa microbiana seja um indicador precoce de intervenções antrópicas, isoladamente não reflete completamente as alterações na qualidade do solo. Entretanto, a biomassa microbiana, quando relacionada ao conteúdo de matéria orgânica, pode ser utilizada como índice para comparar a qualidade do solo sob diferentes manejos.

Segundo Tótola e Chaer (2002), a relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico total do solo, denominada de quociente microbiano ($qM (\%) = 100 * (C_{\text{bio}}/COT)$), fornece uma medida da qualidade da matéria orgânica e, de acordo com Sparling (1992), através desta avaliação é possível monitorar a dinâmica da matéria orgânica, pois alterações nos valores do qM refletem: o padrão do aporte de matéria orgânica ao solo (acrécimo ou decréscimo), a eficiência da conversão do carbono microbiano, as perdas e a estabilização do carbono orgânico do solo. Por estas razões é considerado um bom indicador da disponibilidade da matéria orgânica para os micro-organismos (ANDERSON; DOMSCH, 1989). Segundo Hart et al. (1989), quando elevado, o quociente microbiano indica a existência de matéria orgânica muito ativa e sujeita a transformações. Para Anderson (2003), o quociente microbiano em solos agrícolas deve variar entre 2,0% e 4,4%, dependendo do clima, fertilidade, textura e manejo do solo. Além disso, valores de qM abaixo de 2% podem ser considerados críticos em termos de qualidade de solo.

2.3 A UTILIZAÇÃO DO FOGO PELO HOMEM

O início do uso do fogo pelo homem aconteceu entre 10.000 a 20.000 anos, quando passou a utilizá-lo para o preparo de alimentos, aquecimento, melhoria das pastagens, dentre outras formas de uso (KAYLL, 1974). Desde então, o fogo tem sido um poderoso agente modificador ambiental, como constatado por Toledo e Bush (2008) que observaram em ambiente lacustre no Amapá, que há cerca de 5.000 anos o fogo foi um dos principais fatores que desencadeou a transformação da floresta em cerrado.

De acordo com Nepstad et al. (1999), o problema das queimadas na Amazônia se dá principalmente pela grande utilidade do fogo para a conversão de floresta em áreas agricultáveis e para o controle de plantas invasoras. O fogo converte as árvores abatidas em cinzas ricas em nutrientes que são incorporados ao solo, além de limpar o terreno do emaranhado de troncos e galhos derrubados. Ainda segundo estes autores, sem o fogo, os proprietários de terra teriam que investir em máquinas pesadas e no controle de plantas invasoras, principalmente em áreas de pastagens. Portanto, a queimada ainda é o método mais barato para expandir as fronteiras agrícolas e para manter as pastagens.

Apesar de necessário em muitas situações, o uso do fogo é extremamente nocivo ao ambiente e ao homem. Seus efeitos causam de forma direta ou indireta reduções do estoque de carbono, perda de biodiversidade (animal, vegetal e microbiológica), problemas de saúde humana e contribuem com 70% das emissões brasileiras de gases de efeito estufa.

Em todas as regiões do Brasil a pesquisa agropecuária tem buscado alternativas para redução das queimadas. Para as pastagens da região Sul, Jacques et al. (2003) indicaram a redução da carga animal, roçada e substituição de espécies forrageiras. Para a cultura da cana-de-açúcar, Souza et al. (2005) relatam que as queimadas vêm sendo substituídas pela colheita mecanizada, por força de exigência legal (Lei nº 11.241, do Estado de São Paulo).

Diversas alternativas para redução das queimadas têm sido propostas para a região amazônica. Entre elas pode-se indicar o zoneamento agroecológico, diversificação da produção, sistemas agroflorestais, uso de cobertura verde ou morta, e o emprego de compostos orgânicos. O sistema Tipitamba é uma alternativa que tem recebido a atenção da pesquisa, para a exploração de áreas de vegetação secundária com agricultura familiar sem uso do fogo e baseia-se no corte da vegetação e trituração dos resíduos (SAMPAIO et al., 2008). Ainda de acordo com Sampaio et al. (2008), o sistema Tipitamba apresenta diversas

vantagens, como redução da necessidade de mão-de-obra, manutenção da fertilidade natural e conservação do solo, além de aumentar o sequestro de carbono.

2.4 EFEITO DO FOGO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

De modo geral, após a queima de resíduos orgânicos, ocorre uma elevação temporária nos teores de bases e no pH do solo. Entretanto, a curto e médio prazo, esse efeito tende a desaparecer devido à lixiviação, perdas por erosão e extração de nutrientes pelas culturas, dentre outros fatores (SMYTH; BASTOS, 1984; SAMPAIO et al., 2003; MELO et al., 2006; DICK et al., 2008).

Comparando áreas queimadas, com ou sem influência de pastejo, no estado do Kansas (USA), Owensby e Wyrill (1973) observaram aumentos nas concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), além de diminuição do nitrogênio (N) e nenhuma mudança para o fósforo (P) na camada de 0,0-3,0 cm do solo. Por outro lado, Smyth e Bastos (1984), estudando os efeitos da queima em Latossolo Amarelo na Amazônia brasileira, verificaram diferenças na fertilidade entre os solos sob vegetação de mata e capoeira antes da queima. Entretanto, após a queima as diferenças desapareceram, ocorrendo uma paridade nos teores de nutrientes, sendo que para ambos os solos, ocorreram aumentos do pH, da soma de bases e do P, e reduções dos teores de alumínio trocável, da saturação por Al e do carbono orgânico (C). Estes autores concluíram que a queima promove um rápido aumento de bases como Ca, Mg e K trocáveis, porém com os processos de lixiviação e a absorção de nutrientes pelas plantas, passa-se a uma fase de gradual redução da fertilidade dos solos assim manejados.

Os efeitos de curto prazo das cinzas também foram observados por Coutinho (1990) e Kauffman et al. (1994) que verificaram o aumento da disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas, especialmente em profundidades menores que 0-5 cm de solo, devido às altas concentrações de P, K e Ca normalmente encontradas nas mesmas. Khanna et al. (1994) verificaram que o principal efeito da adição de diferentes tipos de cinzas ao solo consistiu na substituição do alumínio (Al) por cátions trocáveis como K, Ca e Mg.

Trabalhos mais recentes, desenvolvidos em diversas regiões brasileiras, também constataram o aumento temporário da fertilidade do solo após a queima e sua posterior redução, como observado por Sampaio et al. (2003) em Rondônia, que avaliaram as

perdas de nutrientes em áreas de pousio ou cultivadas com arroz, verificando que estas foram menores nas áreas cultivadas, pois a manutenção da palhada de arroz reduziu o escoamento superficial de água e as perdas de cinza. Dick et al. (2008), avaliando o efeito residual de queimadas periódicas nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho no Rio Grande do Sul, observaram que a queima da pastagem reduziu os teores de N, Mg e K e aumentou a saturação por Al, em relação ao campo nativo mantido sem queimada.

Além das modificações nos atributos químicos, os efeitos do fogo também se manifestam nas características físicas do solo, alterando principalmente a umidade, em razão de mudanças na porosidade e nas taxas de infiltração e transpiração. Um dos efeitos mais significativos é a formação de uma crosta superficial que reduz a infiltração da água, como observado por Hernani et al. (1987) em Latossolo Amarelo no estado de São Paulo. A redução na infiltração de água após a queima foi observada também por outros autores como Sharrow e Wright (1977) e Mallik et al. (1984), que observaram, em um solo Podzólico Bruno, de clima temperado, o entupimento dos poros da camada superficial em função da dispersão das argilas. Esse efeito também foi observado por Santos et al. (1992), em Latossolo Vermelho-Amarelo, no qual o entupimento dos poros reduziu em 50% a umidade do solo sob pastagem. Entretanto, Meirelles (1990) não observou, em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média sob cerrado, nenhuma diferença significativa entre as áreas queimadas e áreas não queimadas, quanto à umidade do solo.

2.5 EFEITO DA QUEIMA NA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

Mudanças no ambiente do solo podem resultar em rápida diminuição da matéria orgânica e da produtividade das culturas em regiões de solos com maior grau de intemperização. Além disso, contribui para o enriquecimento do carbono atmosférico, aumentando o efeito estufa (LEITE et al., 2003). A biomassa microbiana é um componente vivo da matéria orgânica do solo (MOS), que constitui uma fonte e dreno de N e P para as plantas e é o principal mediador da ciclagem de carbono (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008). A biomassa microbiana é um indicador sensível e rápido das alterações da MOS sob diferentes práticas de manejo, pois decresce conforme se perde matéria orgânica em decorrência de práticas como as queimadas.

A utilização do fogo causa prejuízos principalmente à microbiota da camada superficial do solo (CERRI et al.,1985; PFENNING et al.,1992). Estes autores verificaram que o desmatamento e a queima da vegetação natural diminuem, respectivamente, em 66% e 87% o conteúdo do carbono da biomassa microbiana do solo, na região amazônica. Em outra pesquisa, Moreira e Malavolta (2004) observaram redução do conteúdo de carbono da biomassa microbiana do solo (C-bio) de 708 mg kg⁻¹ na floresta primária para 473 mg kg⁻¹ em áreas de cultivos com fruteiras, três anos após a derrubada e queima dos resíduos.

Em outros sistemas de manejo, como no caso da cultura da cana-de-açúcar, também têm sido constatadas reduções do C-bio após o uso do fogo, como indica o trabalho de Galdos (2007), que observou diminuições de 64% e 24% para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente.

Há ainda autores que apresentam resultados discordantes, indicando que pode ocorrer um aumento seguido de redução do C-bio devido à disponibilização imediata de nutrientes pela queima, como foi observado por Nardoto e Bustamante (2003) em um estudo realizado em área de cerrado. Neste estudo, os autores verificaram que o máximo valor do C-bio obtido (850 mg kg⁻¹) reduziu para 350 mg kg⁻¹, igualando-se ao valor da área não queimada, três meses após a queima.

O fogo, de maneira geral, provoca a inibição da biomassa microbiana do solo, pois segundo Cerri et al. (1985), a microbiota perde a habilidade de usar o carbono de diversas fontes presentes no solo, uma vez que o fogo interrompe o fornecimento de substâncias orgânicas derivadas da vegetação e as transforma em carvão, que é biológica e quimicamente inerte, permanecendo livre da ação microbiana. Por outro lado, Skjemstad et al. (1999) observaram que a queima dos resíduos, além de reduzir imediatamente as fontes de carbono, reduz também a atividade biológica e a formação de matéria orgânica do solo.

Similarmente ao carbono da biomassa microbiana, reduções do quociente microbiano também são observadas após o uso do fogo. Maluche-Baretta (2008) verificou que a floresta nativa de araucária apresentou maior quociente microbiano (4,5%) que as áreas de reflorestamento (3,4%) e de reflorestamento com queima (2,6%). Em cana-de-açúcar, Galdos (2007) observou que na média dos cortes, os valores do quociente microbiano reduziram em 50% após o uso do fogo na camada de 0-10 cm e em 24% na camada de 10-20 cm.

2.6 APROVEITAMENTO AGRÍCOLA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

De acordo com Vilela et al. (2006), a busca por alimentos naturais e cada vez mais saudáveis, associada ao crescimento da consciência de preservação ecológica, induziu ao desenvolvimento de sistemas de produção e à expansão do mercado de produtos orgânicos.

Nas cidades, os restos de poda das árvores têm se tornado um problema, devido ao grande volume produzido. De acordo com a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (informação verbal)¹, o município de Londrina produz semanalmente cerca de 30 Mg de resíduos de poda, que são triturados e destinados à produção de composto orgânico. Coelho et al. (2007) relatam que no levantamento realizado em 16 municípios brasileiros no ano de 2006 pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), detectou-se que em aproximadamente 70% dos municípios os resíduos orgânicos resultantes da poda das árvores urbanas são descartados em lixões ou aterros sanitários. Os autores salientam ainda que a deposição indevida facilita a mistura destes com outros resíduos potencialmente perigosos, podendo causar impactos negativos na qualidade do ar, do solo e da água. Além disso, representa um desperdício de matéria orgânica que poderia ser utilizada racionalmente nas áreas de produção agrícola.

A produção de milho orgânico além de atender a demanda para consumo humano direto, visa principalmente o fornecimento para produtores orgânicos de carnes (suínos, bovinos, aves, etc.) e leite (OLIVEIRA, 2005). Pesquisas sobre a produção orgânica do milho vêm sendo desenvolvidas visando principalmente a manutenção da produtividade por longos períodos (SILVA et al., 1998; BASTOS, 1999; MAIA; CANTARUTTI, 2004; ECHER, 2007; ROMANO et al., 2007).

Por outro lado, diversos trabalhos recentes têm demonstrado a possibilidade do cultivo orgânico do feijão de forma contínua, como as pesquisas desenvolvidas por Souza et al. (2006) que demonstraram que a calagem e a adubação orgânica promoveram aumentos na produção de grãos. Mendes et al. (2007) observaram que no primeiro ano de cultivo, a produtividade de feijão no sistema orgânico foi similar à obtida no sistema convencional e, Carvalho e Wanderley (2007) indicaram ser possível produzir feijão em sistema totalmente orgânico, alcançando produtividades semelhantes às obtidas no sistema convencional.

¹ Do responsável pela coleta e processamentos de resíduos da CMTU (2008).

3 ARTIGO A: BIOMASSA MICROBIANA, QUOCIENTE MICROBIANO E CARBONO TOTAL DO SOLO EM ÁREAS MANEJADAS COM E SEM QUEIMA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO

3.1 RESUMO

A busca pela sustentabilidade na agricultura tem motivado o desenvolvimento de pesquisas que visam identificar indicadores sensíveis aos impactos negativos de práticas inadequadas como as queimadas. Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação no conteúdo de carbono da biomassa microbiana, quociente microbiano e carbono orgânico total do solo em áreas cultivadas com a sucessão das culturas do milho e do feijão. Foram instalados dois experimentos: Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos, e Experimento II – sem queima dos resíduos orgânicos. Para cada experimento o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de resíduos de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹); as subparcelas foram constituídas por dois tipos de adubação: adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica exclusiva (AOE) e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM), e as subsubparcelas foram constituídas por seis épocas de amostragem de terra, correspondendo aos períodos de floração e colheita das culturas. Amostras de terra da camada superficial de 0-10 cm de cada parcela foram coletadas para determinação dos conteúdos de carbono da biomassa microbiana (C-bio), carbono orgânico total (COT) e do quociente microbiano (qM). Os resultados obtidos indicaram que o conteúdo de carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano do solo sofreram diminuições com o passar do tempo e com as doses quando se empregou a queima dos resíduos, os maiores valores para as duas variáveis ocorreram na época de floração do feijão, enquanto os menores ocorreram na época da colheita do milho na última safra; o carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano foram as variáveis mais sensíveis para detectar rapidamente as alterações no solo provocadas pela queima de resíduos orgânicos.

Palavras-chave: Indicadores da qualidade do solo. Adubação orgânica. Fogo.

ARTICLE A: MICROBIAL BIOMASS, MICROBIAL QUOTIENT AND ORGANIC CARBON CONTENT IN SOIL AREAS MANAGED WITH AND WITHOUT BURNING OF ORGANIC RESIDUES AND DIFFERENT FERTILIZATION TYPES

3.2 ABSTRACT

The search for sustainable agriculture has required the researches development which purpose is to identify the sensitive indicators of the impacts caused by the inadequate use of practices as burning. Simulating a situation of managed areas with the use of fire, this work was led with the objectives of evaluating the effects of doses, the organic residues burning and fertilization types in the soil microbial biomass carbon content, total organic carbon and microbial biomass quotient in areas with successive corn and beans crops planted under the rotation system. Two experiments were installed: Experiment I - With burning of the organic residues, and Experiment II - without burning of the organic residues. For each experiment the adopted experimental delineation design were entirely randomized blocks, with three repetitions. The blocks were constituted by four doses of organic pruning residues (0, 15, 30 and 45 Mg ha⁻¹), and the other identical blocks received two fertilization types: organic fertilization composed by pruning residues, named exclusively organic fertilization (EOF) and organic biomass evaluation fertilization of pruning residues added by mineral fertilization proper for such culture, named organic mineral fertilization (OMF), and the identical blocks were composed by six different soil samples, in order to correspond to flowering and harvest seasons of mentioned crops. Soil samples of the superficial layer of 0-10 cm of each portion were collected to determinate the microbial biomass carbon contents (C-bio), total organic carbon (TOC) and the microbial quotient (qM). The sample testing results stated microbial biomass, carbon content and microbial quotient decreased in the course of time and with the doses composed with burn organic residues. The largest values for the two variables occurred at the bean flowering season, though the smallest values occurred at the last corn crop harvest season. The microbial biomass carbon and microbial quotient were the most sensitive variables for a quick detection of alterations of soil quality caused by burning organic residues.

Keywords: Indicators of soil quality. Organic fertilization. Fire.

3.3 INTRODUÇÃO

Para algumas regiões do Brasil, e principalmente para a amazônica, o uso do fogo para limpeza das áreas de cultivo ainda é uma prática comum. Nas demais regiões o fogo ainda é utilizado no manejo de pastagens e no cultivo da cana-de-açúcar, visando o preparo da mesma para a colheita manual. O uso do fogo, embora necessário em algumas atividades, é uma prática condenável, uma vez que causa impactos negativos como o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, redução da atividade biológica e alteração das propriedades físicas e químicas dos solos. Nos últimos anos a busca pela sustentabilidade na agricultura tem motivado o desenvolvimento de pesquisas que visam identificar indicadores que possibilitem o monitoramento rápido das alterações ambientais provocadas pela ação antrópica, de modo a subsidiar ações mitigadoras que permitam o uso e manutenção dos recursos naturais.

Embora a biomassa microbiana represente pequena parte do carbono orgânico total (COT) do solo, o seu conteúdo de carbono (C-bio) é um indicador sensível às mudanças determinadas pelo manejo do solo, pois é extremamente influenciado pelas variações na disponibilidade de carbono, nutrientes, umidade, aeração acidez e textura do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Jenkinson e Ladd (1981) definem a biomassa microbiana como a parte viva da matéria orgânica, sendo composta por bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna, excluindo-se raízes de plantas e animais maiores que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$.

A biomassa microbiana constitui a maior parte da fração ativa do carbono orgânico do solo. Logo, a proporção entre os mesmos, definida como quociente microbiano ($qM(\%)=100*(C\text{-bio}/COT)$), é também um bom indicador que permite monitorar rapidamente alterações determinadas pelo manejo no teor total de matéria orgânica e na atividade biológica do solo (ALVAREZ et al., 1995). De acordo com Marchiori Júnior e Mello (1999), valores altos do quociente microbiano indicam maiores taxas de conversão do carbono orgânico total em carbono da biomassa microbiana.

Os efeitos do fogo na biomassa microbiana do solo já foram estudados por muitos autores que encontraram respostas diversas. Em alguns casos foram detectados aumentos em sua fase inicial (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003; FERNANDES et al., 2007), mas na maioria dos estudos (CERRI et al., 1985; PFENNING et al., 1992; LUIZÃO et al., 1999; MOREIRA; MALAVOLTA, 2004; POMIANOSKI et al., 2006; GALDOS, 2007)

foi demonstrada a brusca redução da biomassa microbiana, devido à falta temporária de substrato para fornecimento de carbono à microbiota do solo.

O aproveitamento agrícola, *in natura* ou na forma de compostos, dos ramos e galhos resultantes da poda de árvores dos centros urbanos, pode e deve ser considerado como uma fonte de adubo orgânico para culturas diversas. Quando utilizado na forma *in natura*, estes resíduos formam uma densa camada de fitomassa nas áreas de cultivo que, além de proteger o solo contra a erosão, serve para estimular a atividade biológica, contribuindo decisivamente para o aumento natural, gradual e equilibrado da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Essa reciclagem de energia e nutrientes através do material orgânico representa uma forma de retenção e manutenção do carbono sequestrado no solo, minimizando assim as emissões de CO₂ para a atmosfera e contribuindo para a sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção agrícola.

Nas cidades, os restos de poda das árvores têm se tornado um problema, devido ao grande volume produzido. De acordo com a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (informação verbal)¹, o município de Londrina produz semanalmente cerca de 30 Mg de resíduos de poda, que são triturados e destinados à produção de composto orgânico. Coelho et al. (2007) relatam que no levantamento realizado em 16 municípios brasileiros no ano de 2006 pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), detectou-se que em aproximadamente 70% dos municípios, os resíduos orgânicos resultantes da poda das árvores urbanas são descartados em lixões ou aterros sanitários. Os autores salientam ainda que a deposição indevida facilita a mistura destes com outros resíduos potencialmente perigosos, podendo causar impactos negativos na qualidade do ar, do solo e da água. Além disso, representa um desperdício de matéria orgânica que poderia ser reutilizada racionalmente, nas áreas de produção de alimentos.

Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação no conteúdo de carbono da biomassa microbiana, quociente microbiano e carbono orgânico total do solo em áreas cultivadas com a sucessão das culturas do milho e do feijão.

¹ Do responsável pela coleta e processamentos de resíduos da CMTU (2008).

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com as culturas de milho e feijão em sucessão foram instalados nas safras agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008 na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina – (Londrina/PR - 23° 19' S; 51°11' W), em área de Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (GONÇALVES, 2007). As análises químicas de amostras de terra da camada superficial de 0 a 20 cm (PAVAN et al., 1992) ⁽¹⁾, apresentaram os seguintes resultados: pH= 5,2; K⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 6,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,8 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,02 cmol_c dm⁻³; P = 8,0 mg dm⁻³ e COT =14,0 g dm⁻³. A análise granulométrica (EMBRAPA, 1997) apresentou valores de 786 g kg⁻¹ de argila total, 149 g kg⁻¹ de silte e 65 g kg⁻¹ de areia o que resultou na classificação do solo como sendo de textura muito argilosa.

Para avaliar as alterações ocorridas na biomassa microbiana do solo no decorrer dos três cultivos, foram conduzidos dois experimentos: Experimento I – Com queima do resíduo orgânico, e Experimento II – sem queima do resíduo orgânico. Para cada experimento o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de resíduo de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹); as subparcelas foram constituídas por dois tipos de adubação: adubação exclusiva com resíduo de poda, denominada de adubação orgânica exclusiva (AOE) e adubação com resíduo de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM), e as subsubparcelas foram constituídas por seis épocas de amostragem de solo, correspondendo aos períodos de floração e colheita das culturas (FM/07: floração do milho/2007; CM/07: colheita do milho/2007; FF/07: floração do feijão/2007; CF/07: colheita do feijão/2007; FM/08: floração do milho/2008 e CM/08: colheita do milho/2008). Na Tabela 3.1 é apresentada a constituição dos tratamentos utilizados nos experimentos com e sem queima de resíduo orgânico.

O resíduo orgânico empregado foi obtido da trituração de folhas e ramos resultantes da poda de árvores da cidade de Londrina, e apresentava as características químicas indicadas na Tabela 3.2. Foi realizada a determinação dos teores totais de nutrientes no resíduo seguindo a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Em seguida, os teores de lignina, celulose, hemicelulose e matéria seca foram determinados de acordo com a descrição de Silva (1990).

¹ pH em CaCl₂ 0,01 Mol L⁻¹ (1:2,5) , P (Mehlich 1) , Ca, Mg e Al (KCl 1,0 Mol L⁻¹) , COT= Carbono orgânico total (Walkley-Black)

Tabela 3.1 – Constituição dos tratamentos utilizados nos experimentos com e sem queima de resíduo orgânico

Parcelas Doses de resíduo orgânico (MG ha ⁻¹)	Subparcelas Tipos de Adubação	Subsubparcelas Épocas de Amostragem	Tratamentos
0	SA	FM/07	0 – SA – FM/07
		CM/07	0 – SA – CM/07
		FF/07	0 – SA – FF/07
		CF/07	0 – SA – CF/07
		FM/08	0 – SA – FM/08
		CM/08	0 – SA – CM/08
	AM	FM/07	0 – AM – FM/07
		CM/07	0 – AM – CM/07
		FF/07	0 – AM – FF/07
		CF/07	0 – AM – CF/07
		FM/08	0 – AM – FM/08
		CM/08	0 – AM – CM/08
15	AOE	FM/07	15 – AOE – FM/07
		CM/07	15 – AOE – CM/07
		FF/07	15 – AOE – FF/07
		CF/07	15 – AOE – CF/07
		FM/08	15 – AOE – FM/08
		CM/08	15 – AOE – CM/08
	AOM	FM/07	15 – AOM – FM/07
		CM/07	15 – AOM – CM/07
		FF/07	15 – AOM – FF/07
		CF/07	15 – AOM – CF/07
		FM/08	15 – AOM – FM/08
		CM/08	15 – AOM – CM/08
30	AOE	FM/07	30 – AOE – FM/07
		CM/07	30 – AOE – CM/07
		FF/07	30 – AOE – FF/07
		CF/07	30 – AOE – CF/07
		FM/08	30 – AOE – FM/08
		CM/08	30 – AOE – CM/08
	AOM	FM/07	30 – AOM – FM/07
		CM/07	30 – AOM – CM/07
		FF/07	30 – AOM – FF/07
		CF/07	30 – AOM – CF/07
		FM/08	30 – AOM – FM/08
		CM/08	30 – AOM – CM/08
45	AOE	FM/07	45 – AOE – FM/07
		CM/07	45 – AOE – CM/07
		FF/07	45 – AOE – FF/07
		CF/07	45 – AOE – CF/07
		FM/08	45 – AOE – FM/08
		CM/08	45 – AOE – CM/08
	AOM	FM/07	45 – AOM – FM/07
		CM/07	45 – AOM – CM/07
		FF/07	45 – AOM – FF/07
		CF/07	45 – AOM – CF/07
		FM/08	45 – AOM – FM/08
		CM/08	45 – AOM – CM/08

FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva

Tabela 3.2 – Teores totais de nutrientes, relação C:N, composição da parede celular e matéria seca (MS) do resíduo de poda utilizado no experimento

N	P	K	Ca	Mg	S	C	C:N	Lignina	Celulose	Hemicelulose	MS
----- g kg ⁻¹ -----							----- % -----				
8,1	1,0	3,8	6,9	1,2	7,3	420,0	52:1	40,2	52,9	6,0	91,0

Mediante peneiramento (peneiras com malhas de 2,0 e 4,0 mm), catação manual e pesagem foi realizada a separação dos componentes do resíduo orgânico utilizado, obtendo-se a seguinte composição: 42% de ramos, 13% de ramos finos, 8% de folhas trituradas, 29% de resíduos não identificáveis médios (2,0 mm > tamanho < 4,0 mm) e 8% de resíduos não identificáveis menores que 2,0 mm.

A adubação mineral empregada na semeadura do milho nas duas safras correspondeu à aplicação de 40, 26 e 33 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, de acordo com as recomendações apresentadas por Oliveira (2003); enquanto para o feijão foi de 20, 22 e 25 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, de acordo com as recomendações de Parra (2003). Além da adubação na semeadura, foram realizadas adubações nitrogenadas de cobertura nas duas culturas; no milho foi realizada adubação de cobertura com 120 kg ha⁻¹ de N, 35 dias após a emergência das plantas, enquanto para o feijão utilizou-se 60 kg ha⁻¹ de N, 14 dias após a emergência das plantas. As fontes de N, P e K utilizadas em todas as culturas foram sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

Em outubro de 2006, realizou-se a única aplicação do resíduo, distribuindo-o superficialmente nas parcelas experimentais (4,0 x 3,0 m) nas doses previamente estabelecidas. Em laboratório, estimou-se que a espessura da camada de resíduo formada após a distribuição do mesmo nas parcelas, correspondeu a 0,6; 1,2 e 1,8 cm para as doses de 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹, respectivamente. No Experimento I, em que se empregou o manejo com fogo, o resíduo foi queimado logo após a sua distribuição nas parcelas. Neste caso, antes de atear fogo e para facilitar a queima, o resíduo foi aspergido com álcool combustível não aditivado, na dose de 3,0 litros por parcela.

Cinco dias após a distribuição e queima do resíduo, procedeu-se a semeadura manual da cultura do milho (cultivar IPR 114). Nos dois cultivos com milho foi utilizado o mesmo espaçamento de 0,80 m entre linhas e densidade de cinco sementes viáveis por metro. Para as avaliações realizadas foram utilizadas as três linhas centrais, desprezando-se 0,50 m das extremidades. Ao final do ciclo, foi realizada a colheita manual das espigas e o dobramento dos colmos à altura aproximada de 1,5 m, que assim permaneceram na área. Em

março de 2007, cada parcela foi dividida em duas partes iguais. Cada parte foi utilizada para instalação da cultura do feijão, semeando-se manualmente as cultivares IPR Colibri e IPR Eldorado, no espaçamento de 0,40 m entre linhas. Utilizaram-se para avaliações, as duas linhas centrais de cada parcela cultivada com feijão, desprezando-se 0,50 m das extremidades. Neste caso, a densidade de semeadura foi de 10 sementes por metro e não foi necessário realizar o desbaste. Após a colheita do feijão, os colmos de milho foram arrancados, triturados e o resíduo obtido foi espalhado superficialmente na área de cada parcela experimental, antes de implantar a nova cultura de milho, que foi semeada em outubro/2007 e cultivada do mesmo modo da primeira safra.

Na Figura 3.1 são apresentados os dados de precipitação pluvial mensal e temperatura média mensal durante o período de condução dos experimentos.

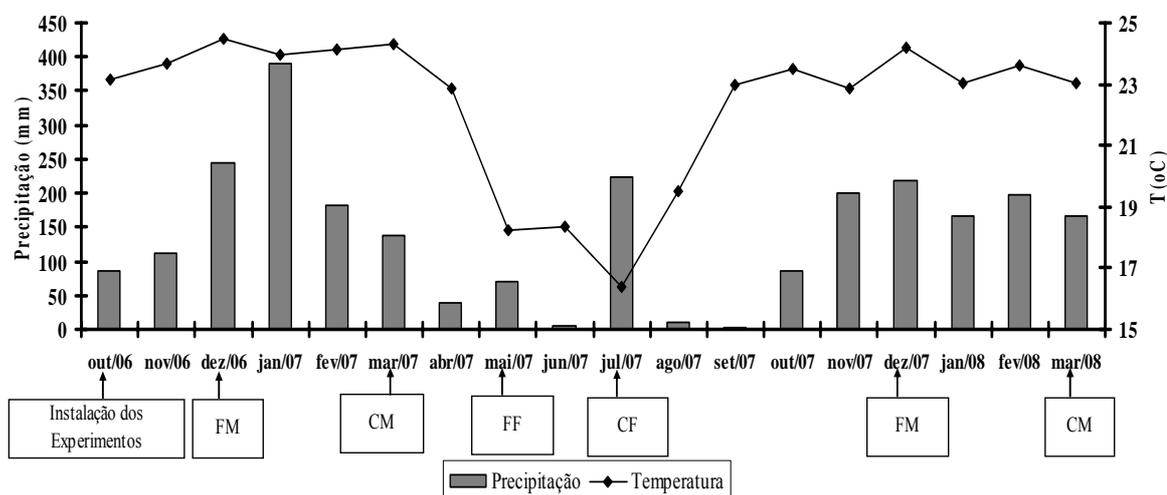


Figura 3.1 – Precipitação pluvial mensal e temperatura do ar média mensal na região de Londrina no período de condução dos experimentos.

Fonte: IAPAR. FM = Floração do milho; CM = Colheita do milho; FF = Floração do feijão; CF = Colheita do feijão.

Em cada época, a amostragem foi realizada coletando-se cinco amostras simples de terra da camada superficial de 0-10 cm, que foram misturadas para se obter uma amostra composta, sendo esta posteriormente passada em peneira de 4 mm de abertura e conservada na temperatura de 4,0°C para análise do carbono da biomassa microbiana do solo (C-bio) mediante emprego da metodologia da fumigação-extração modificada de Vance et al. (1987). Para tanto, foram pesados, em duplicata, 20 g de terra de cada amostra. Metade destas subamostras foi fumigada com atmosfera de clorofórmio livre de etanol, enquanto a outra metade foi mantida sem clorofórmio. Após 24 horas, adicionaram-se 50 mL de solução de K_2SO_4 (0,5 Mol L⁻¹) e agitou-se por 60 minutos a 175 rpm (rotações por minuto).

Posteriormente, procedeu-se a centrifugação por 10 minutos a 2.500 rpm e o extrato obtido foi filtrado em papel qualitativo. O C-bio de cada subamostra foi determinado por espectrofotometria ($\lambda=495$ nm), após oxidação com Mn^{3+} em meio ácido, segundo metodologia recomendada por Bartlett e Ross (1988). Para o cálculo do C-bio empregou-se a seguinte fórmula: $C\text{-bio} = C_f - C_{nf}/K_{ec}$, onde C_f e C_{nf} representam o conteúdo de carbono da biomassa microbiana das amostras de terra fumigada (f) e não fumigada (nf), respectivamente, e $K_{ec} = 0,45$, que segundo Moreira e Siqueira (2006), indica a proporção total do carbono microbiano extraído após a fumigação. Também foi determinada a umidade de cada amostra de terra para correção dos valores de C-bio para massa de terra seca.

Outra parte das amostras de terra foi seca ao ar, passada em peneira de 2 mm de abertura e empregada para determinação do conteúdo de carbono orgânico total (COT), através da oxidação com solução de dicromato de sódio em meio ácido e quantificação por espectrofotometria ($\lambda = 630$ nm) (RAIJ et al., 1987). A partir dos dados de C-bio e COT foi estimado o quociente microbiano (qM) mediante emprego da equação: $qM (\%) = 100 * (C\text{-bio}/COT)$. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% ou ajustados a equações de regressão, mediante emprego do programa SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000). Também foram realizadas análises de correlação de Pearson entre as variáveis, utilizando-se o programa SAS (SAS INSTITUTE, 1989).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Experimento I: Com a queima dos resíduos

Comparando-se as variações do C-bio em função do tipo de adubação realizada (AOE ou AOM) para cada dose de resíduos orgânicos e época de amostragem (Tabela 3.3), verifica-se que de forma geral não foi possível observar diferenças significativas consistentes entre os tipos de adubação mineral, orgânica e organomineral.

Quando se compara o efeito da adubação mineral (dose zero de resíduo ou controle), verifica-se que os valores de C-bio foram maiores nas subparcelas que receberam adubação mineral (AM), exceto para a amostragem feita na floração do milho e do feijão em 2007, o que está de acordo com Cattelan e Vidor (1990) que verificaram que o crescimento da microbiota está associado à maior disponibilidade de nutrientes no solo.

As diferenças observadas entre adubação orgânica e a organomineral, em relação aos valores do C-bio, variaram com as doses de resíduo e épocas de amostragem, mas não indicaram uma tendência definida. Apenas para a dose de 45 Mg ha⁻¹ foi possível observar alguma tendência de comportamento, pois neste caso o C-bio foi maior na época da colheita do milho nas subparcelas que receberam adubação organomineral. Provavelmente nas outras épocas o efeito da queima tenha mascarado ou minimizado o efeito dos minerais aplicados junto com os resíduos na adubação organomineral. Estes resultados também estão de acordo com Cattelan e Vidor (1990), que verificaram que o aumento da microbiota do solo depende da maior disponibilidade de nutrientes no solo, não importando se a fonte seja orgânica ou mineral.

Tabela 3.3 – Carbono da biomassa microbiana do solo (C-bio) para cada dose de resíduos, em função do tipo de adubação e épocas de amostragem, após queima dos resíduos

Tipo de adubação	Épocas de amostragem					
	FM/07	CM/07	FF/07	CF/07	FM/08	CM/08
C-bio (mg kg ⁻¹)						
----- 0 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AM	174,20 b C	388,70 a AB	261,77 b BC	499,33 a A	450,83 a A	520,70 a A
SA	297,17 a AB	440,37 a A	442,97 a A	354,07 b AB	261,60 b B	471,63 a A
----- 15 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	310,80 b BC	317,60 a BC	870,03 a A	424,26 a B	347,03 a B	161,60 a C
AOE	472,70 a B	386,73 a B	792,83 a A	324,53 a BC	414,47 a B	187,80 a C
----- 30 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	290,73 a C	404,60 a C	1141,57 a A	445,20 a C	898,23 a B	381,50 a C
AOE	313,50 a AB	394,43 a B	937,93 b A	444,13 a B	891,73 a A	177,43 b C
----- 45 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	334,80 a AB	373,50 a AB	306,47 a AB	451,53 b A	269,20 a B	372,63 a AB
AOE	290,67 a B	230,87 b B	280,07 a B	663,53 a A	267,10 a B	209,97 b B

Para cada dose, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 18,44%; CV₂= 17,70%; CV₃= 17,59%; DMS entre adubação = 121,10 mg kg⁻¹; DMS entre épocas de amostragem = 177,69 mg kg⁻¹)

Entre as épocas de amostragem (subsubparcelas) as variações do C-bio foram mais evidentes, indicando mudanças da atividade biológica do solo com o passar do tempo. Nas subparcelas com adubação mineral ou controle (0 Mg ha^{-1}), observa-se que houve um aumento de 199% entre a primeira e a última amostragem, enquanto nas subparcelas não adubadas o aumento (58%) não foi significativo.

Nas parcelas correspondentes às doses de 15 e 30 Mg ha^{-1} , as subparcelas que receberam adubação organomineral (AOM) (Tabela 3.3) apresentaram os maiores valores de C-bio na floração do feijão (FF/07). Estes valores corresponderam a aumentos de 180% e de 293% respectivamente, em relação à primeira amostragem (FM/07). Entretanto, para a dose de 45 Mg ha^{-1} , os maiores valores de C-bio foram observados na colheita do feijão (Tabela 3.3) e representaram aumentos de 34,8% em relação à primeira avaliação.

Semelhantemente ao ocorrido com a adubação organomineral, os maiores valores para o C-bio das áreas com adubação orgânica também foram observados na época de floração do feijão, com aumentos de 68% e 158% para a dose de 15 Mg ha^{-1} e 30 Mg ha^{-1} , respectivamente. Para a dose de 45 Mg ha^{-1} o maior valor de C-bio também foi observado na colheita do feijão e representou um aumento de 128% em relação à primeira avaliação. Ainda para este tipo de adubação, os menores valores de C-bio foram observados na última amostragem (CM/08), correspondendo a uma redução de 60% na dose de 15 Mg ha^{-1} e de 51% na dose de 30 Mg ha^{-1} , em relação aos valores da primeira época de amostragem (FM/07).

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com dados apresentados por diversos autores que demonstraram que a utilização do fogo causa prejuízos principalmente à microbiota da camada superficial do solo (CERRI et al., 1985; PFENNING et al., 1992). Estes autores verificaram que o desmatamento e a queima da vegetação natural diminuem respectivamente em 66% e 87% o conteúdo do carbono da biomassa microbiana do solo, na região amazônica. Em outra pesquisa, Moreira e Malavolta (2004) observaram redução do C-bio de 708 mg kg^{-1} na floresta primária para 473 mg kg^{-1} em áreas de cultivos com fruteiras, três anos após a derrubada e queima dos resíduos.

Em outros sistemas de manejo, como no caso da cultura da cana-de-açúcar, também tem sido constatada a redução da biomassa microbiana após o uso do fogo, como indica o trabalho de Galdos (2007) que observou reduções no carbono da biomassa microbiana de 64% e 24% para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente.

Há ainda autores que apresentam resultados discordantes, indicando que pode ocorrer um aumento seguido de redução do C-bio devido à disponibilização imediata de

nutrientes pela queima, como foi observado por Nardoto e Bustamante (2003) em um estudo realizado em área de cerrado. Neste estudo, os autores verificaram que o máximo valor do C-bio obtido (850 mg kg^{-1}) reduziu para 350 mg kg^{-1} , igualando-se ao valor da área não queimada, três meses após a queima.

O fogo, de maneira geral, como observado neste trabalho, provoca a inibição da biomassa microbiana do solo, pois segundo Cerri et al. (1985), a microbiota perde a habilidade de usar o carbono do húmus, uma vez que o fogo interrompe o fornecimento de substâncias orgânicas derivadas da vegetação e as transforma em carvão, que é biológica e quimicamente inerte, permanecendo livre da ação microbiana. Por outro lado, Skjemstad et al. (1999) observaram que a queima dos resíduos, além de reduzir imediatamente as fontes de carbono, reduz também a atividade biológica e a formação de matéria orgânica do solo.

As menores variações do C-bio observadas nas subparcelas com adubação organomineral, permitem inferir que a mesma forneceu as quantidades de nutrientes suficientes para o desenvolvimento das culturas e conseqüentemente da biomassa microbiana, evitando reduções.

O quociente microbiano foi influenciado significativamente pelos tipos de adubação (Tabela 3.4). Na avaliação do efeito isolado da adubação mineral (dose zero de resíduos) foi possível observar que esta prática determinou aumentos significativos do qM somente nas avaliações feitas na CF/07 e FM/08. Na época da colheita do feijão (CF/07), embora tenham sido registradas as mais baixas temperaturas médias do ano ($16,4^{\circ}\text{C}$ - Figura 4.1), a precipitação foi elevada (223 mm), assim como na época de floração do milho (FM/08), quando ocorreu também uma elevada precipitação mensal (217 mm), entretanto com temperatura média maior ($24,2^{\circ}\text{C}$). Estes resultados estão de acordo com Cattelan e Vidor (1990) que observaram que as variações da biomassa microbiana em solos do Rio Grande do Sul foram influenciadas pela interação de fatores climáticos, e foram sempre maiores nas épocas de altas temperaturas e precipitações.

O fornecimento extra de nutrientes solúveis beneficiou a atividade biológica do solo aumentando o qM, que indica conseqüentemente aumento da taxa de conversão dos resíduos em biomassa microbiana do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Nas demais épocas, especialmente na FF/07, os maiores valores do qM ocorreram nas subparcelas sem adubação mineral e coincide com períodos de temperaturas médias superiores a 18°C , que favorecem a atividade biológica natural do solo, como observado por Wardle (1998), que verificou que em ecossistemas temperados os máximos valores de biomassa e quociente microbianos são encontrados na primavera ou verão, ocorrendo declínio no inverno,

indicando que diferenças entre temperaturas do verão e inverno podem ser importantes na determinação da variabilidade temporal em regiões de elevadas latitudes. Já nas regiões tropicais, ou locais muito quentes, os atributos microbiológicos do solo não demonstram tendência temporal consistente.

Tabela 3.4 – Quociente microbiano (qM) para cada dose de resíduos, em função do tipo de adubação e épocas de amostragem, após queima de resíduos

Tipo de adubação	Épocas de amostragem					
	FM/07	CM/07	FF/07	CF/07	FM/08	CM/08
qM (%)						
----- 0 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AM	1,10 a C	2,68 a B	2,23 b BC	4,22 a A	2,70 a B	2,56 a B
SA	2,02 a BC	3,22 a AB	4,12 a A	2,78 b ABC	1,65 b C	2,68 a BC
----- 15 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	1,83 a BC	2,06 a BC	7,85 a A	3,16 a B	2,01 a BC	1,07 a C
AOE	2,71 a B	2,36 a B	7,24 a A	2,40 a B	2,45 a B	0,86 a C
----- 30 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	1,71 b D	2,43 a CD	9,41 a A	3,34 a C	4,89 a B	2,47 a CD
AOE	2,73 a C	3,24 a BC	8,43 a A	4,30 a B	4,64 a B	1,06 b D
----- 45 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	1,83 a C	2,43 a BC	2,44 a BC	3,70 a A	1,50 a C	2,65 a BC
AOE	1,71 a B	1,34 b B	2,19 a B	4,46 a A	1,53 a B	1,31 b B

Para cada dose, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 27,66%; CV₂= 20,77%; CV₃= 20,66%; DMS entre adubação = 0,99 %; DMS entre épocas de amostragem = 1,46%)

Semelhante ao ocorrido com o C-bio, também não foi possível observar diferenças significativas consistentes entre a adubação orgânica e a organomineral. Entretanto, nas subparcelas que receberam adubação organomineral nas doses de 30 e 45 Mg ha⁻¹ os maiores valores de qM ocorreram sempre na colheita do milho e diferiram daquele observado nas subparcelas adubadas organicamente. Vale ressaltar que as épocas de colheita do milho também ocorreram em períodos de temperaturas médias superiores a 22° C, condição favorável à atividade biológica do solo.

Entre as épocas de amostragem, as variações do qM foram mais evidentes, indicando mudanças da atividade biológica do solo com o passar do tempo, acompanhando simultaneamente as variações do C-bio. No tratamento controle (0 Mg ha^{-1}), observa-se nas subparcelas que receberam adubação mineral (AM), que houve um aumento de 133% entre a primeira e a última amostragem, mas o maior valor de qM foi observado na colheita do feijão, que diferiu significativamente dos demais. Nas subparcelas sem adubação o aumento (33%) do qM entre a primeira e a última amostragem não foi significativo, mas novamente foi maior na cultura do feijão, especialmente no florescimento.

Do mesmo modo que o carbono da biomassa microbiana, nas parcelas correspondentes às doses de 15 e 30 Mg ha^{-1} de resíduos orgânicos, as subparcelas que receberam adubação organomineral (AOM) apresentaram os maiores valores de qM na floração do feijão (FF/07), com valores que corresponderam a aumentos de 329% e de 450% respectivamente, em relação à primeira amostragem (FM/07) (Tabela 3.4).

Com o uso da adubação orgânica (AOE), os maiores valores também foram observados na época de floração do feijão, com aumentos de 167% para a dose de 15 Mg ha^{-1} e de 209% para a dose de 30 Mg ha^{-1} de resíduos orgânicos. Os menores valores de qM foram observados na última amostragem (CM/08), correspondendo a uma redução de 68% na dose de 15 Mg ha^{-1} e de 61% na dose de 30 Mg ha^{-1} em relação aos valores da primeira época de amostragem (FM/07). Na dose de 45 Mg ha^{-1} de resíduos orgânicos, independentemente do tipo de adubação empregada, os maiores valores de qM foram observados na colheita do feijão (Tabela 3.4). Segundo Anderson (2003), estes resultados podem ser considerados críticos em termos de qualidade do solo. Reduções do quociente microbiano após o uso do fogo também foram observadas por Maluche-Baretta (2008), que verificou que a floresta nativa de araucária apresentou maior quociente microbiano (4,5%) que as áreas de reflorestamento (3,4%) e de reflorestamento com queima (2,6%). Em cana-de-açúcar, Galdos (2007) observou que na média dos cortes, os valores do quociente microbiano reduziram em 50% após o uso do fogo na camada de 0-10 cm e em 24% na camada de 10-20 cm.

O quociente microbiano abrange amplo espectro, variando de 0,27% a 7,0%, segundo Anderson e Domsch (1989). De acordo com Balota et al. (1998) esse amplo espectro é devido às diferenças de tipo e manejo do solo, de épocas de amostragem e de métodos analíticos utilizados, e solos que exibem valores maiores ou menores poderiam expressar a ocorrência, respectivamente, de acúmulo ou perda de C do solo. Nesse caso, os resultados obtidos indicam que na época da floração do feijão houve acúmulo de carbono e na

época da colheita do milho em 2008 houve perda desse elemento, sendo que nas outras épocas o carbono manteve-se em equilíbrio.

Independentemente do tipo de adubação foram observados aumentos para o carbono da biomassa microbiana e quociente microbiano, em função das doses de resíduos orgânicos, principalmente nas amostragens realizadas nas épocas de floração das culturas. Entretanto, reduções para estas variáveis ocorreram somente nas épocas de colheita do milho (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 – Equações de regressão para o conteúdo do carbono da biomassa microbiana (C-bio) e do quociente microbiano (qM), para cada tipo de adubação em função das épocas de amostragem, após queima de resíduos

Épocas de amostragem	Equações		r ²	Equações		r ²
	C-bio			qM		
----- AOM -----						
FM/07	n.s.		---	n.s.		---
CM/07	n.s.		---	n.s.		---
FF/07			Figura 3.2			
CF/07	n.s.		---	n.s.		---
FM/08	$\hat{y} = 359,070 + 26,304x - 0,583x^2$		0,29	$\hat{y} = 2,210 + 0,130x - 0,003000x^2$		0,28
CM/08	$\hat{y} = 480,311 - 19,007x + 0,389x^2$		0,50	n.s.		---
----- AOE -----						
FM/07	n.s.		---	n.s.		---
CM/07	$\hat{y} = 456,220 - 4,138x$		0,77	$\hat{y} = 3,161 - 0,038x$		0,94
FF/07			Figura 3.2			
CF/07	$\hat{y} = 289,366 + 6,986x$		0,78	$\hat{y} = 2,345 + 0,039x$		0,73
FM/08	$\hat{y} = 190,317 + 42,164x - 0,864x^2$		0,62	$\hat{y} = 1,469 + 0,151x - 0,003x^2$		0,76
CM/08	$\hat{y} = 460,105 - 21,121x + 0,352x^2$		0,96	$\hat{y} = 2,235 - 0,029x$		0,58

FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva

Cabe destacar que na época da floração do feijão os efeitos dos tratamentos foram mais pronunciados (Figura 3.2).

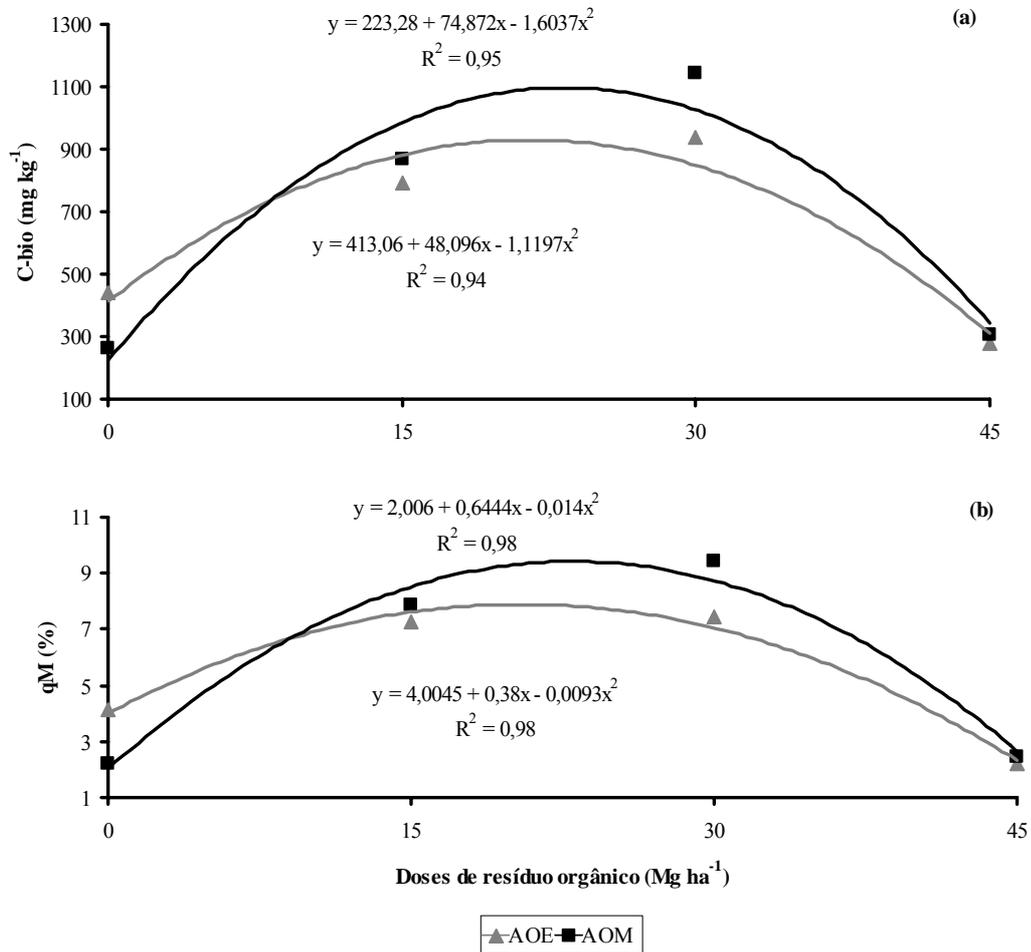


Figura 3.2 – Carbono da biomassa microbiana (a) e quociente microbiano (b) na época de floração do feijão (FF/07) em função das doses de resíduos (após queima) em cada tipo de adubação. (AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva)

Nas subparcelas com adubação organomineral (AOM), o C-bio e o qM atingiram seus valores máximos nas doses de 23,3 Mg ha⁻¹ e 23,0 Mg ha⁻¹, respectivamente. Nas subparcelas com adubação orgânica o ponto de máximo para o C-bio foi estimado para a dose de 21,5 Mg ha⁻¹ enquanto para o qM a estimativa foi para a dose de 20,4 Mg ha⁻¹. Independentemente da adubação utilizada verifica-se ainda que o aumento das doses de resíduo determinou uma brusca diminuição tanto do C-bio quanto do qM, o que pode ser um indicativo do efeito danoso do fogo, principalmente quando há uma espessa camada de resíduos sobre o solo, o que corresponde à maior dose testada, ou seja, 45 Mg ha⁻¹. O maior aquecimento do solo determinado pela queima dos resíduos, nestas circunstâncias, causa uma maior destruição da microbiota do solo das camadas superficiais e reduz tanto o C-bio quanto

o qM, o que está de acordo com as observações de Cerri et al. (1985) e Pomianoski et al. (2006), que indicam que fatores como quantidade e qualidade do material sobre o solo, temperatura, intensidade, duração e frequência das queimadas, contribuem para uma brusca redução na quantidade de micro-organismos do solo. Além desses fatores, de acordo com Pfenning et al. (1992), a eliminação das fontes de carbono para os micro-organismos, constitui-se no principal dano causado pelas queimadas, pois redundando sempre em imediata redução da atividade biológica do solo.

Quando se consideram os teores de carbono orgânico total do solo (COT), pode-se verificar na Tabela 3.6 que de modo geral, os menores valores foram observados na época de floração do feijão, provavelmente devido à maior demanda de carbono pela biomassa microbiana que foi maior nessa época. O COT somente variou com as doses de resíduos na penúltima (FM/08) e na última amostragem (CM/08), ajustando-se a um modelo quadrático ($\hat{y} = 15,606 + 0,333x - 0,006x^2$, $r^2 = 0,64$) e a um modelo linear ($\hat{y} = 18,166 - 0,077x$, $r^2 = 0,53$), respectivamente.

Tabela 3.6 – Teores do carbono orgânico total do solo (COT) em função das doses de resíduos e épocas de amostragem, após queima de resíduos

Resíduos orgânicos Mg ha ⁻¹	Épocas de amostragem					
	FM/07	CM/07	FF/07	CF/07	FM/08	CM/08
	COT (g kg ⁻¹)					
0	15,25 BC	14,12 BC	11,16 D	12,40 CD	16,18 B	19,36 A
15	17,32 A	16,05 AB	11,08 C	13,72 BC	17,52 A	14,95 AB
30	17,75 B	17,08 B	12,38 D	13,55 CD	21,93 A	16,33 BC
45	18,10 A	16,28 AB	12,76 C	13,55 BC	17,88 B	15,02 BC

Para cada dose, médias seguidas da mesma maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. (CV₁= 24,67%; CV₂= 9,44%; CV₃= 10,97%; DMS entre épocas de amostragem = 2,86 g kg⁻¹)

3.5.2 Experimento II: Sem a queima dos resíduos

Nas subparcelas onde foram avaliados os efeitos da adubação mineral (dose zero de resíduo ou controle), os valores de C-bio foram maiores nas subparcelas adubadas, indicando que esta prática favoreceu a biomassa microbiana, principalmente da metade para a

etapa final do experimento, ou seja, da CF/07 a CM/08. Estes resultados estão de acordo com Cattelan e Vidor (1990) que verificaram maior crescimento da microbiota do solo em áreas com maior disponibilidade de nutrientes. Entretanto, há de se considerar que esta não é uma tendência de comportamento claramente definida, pois na fase inicial (FM/07 a FF/07) o que se observou foi um crescente aumento do C-bio nas subparcelas sem adubação mineral (Tabela 3.7), favorecido provavelmente pelo efeito da deposição de diferentes substâncias orgânicas excretadas pelos sistemas radiculares das culturas implantadas, como indicado por diversos autores como Glover et al. (2000); Edmeades (2003); Melero et al. (2005) e Tu et al. (2006).

Tabela 3.7 – Carbono da biomassa microbiana do solo (C-bio), para cada dose de resíduos, em função do tipo de adubação e épocas de amostragem, sem queima de resíduos

Tipo de adubação	Épocas de amostragem					
	FM/07	CM/07	FF/07	CF/07	FM/08	CM/08
C-bio (mg kg ⁻¹)						
----- 0 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AM	174,20 Ac	388,70 a ABC	261,77 b BC	499,33 a A	450,83 a AB	520,70 a A
SA	297,17 a A	440,37 a A	442,97 a A	354,07 b A	261,60 b A	471,63 a A
----- 15 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	480,13 a CD	912,20 a A	760,60 aAB	638,87 a BC	449,40 a CD	265,57 b D
AOE	326,53 b B	328,70 b B	775,27 a A	405,60 b B	533,43 a B	411,63 a B
----- 30 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	420,57 a B	435,73 a B	839,27 b A	334,53 b B	1016,23 a A	333,07 a B
AOE	423,50 a BC	240,07 b C	984,70 a A	544,17 a B	872,53 a A	388,40 a BC
----- 45 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	420,70 b B	298,00 a BC	794,87 b A	429,20 a B	310,17 a BC	176,03 b C
AOE	630,13 a B	326,20 a C	1004,47 a A	339,37 a C	214,67 a C	349,23 a C

Para cada dose, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 9,61%; CV₂= 16,60%; CV₃= 19,32%; DMS entre adubação = 150,21 mg kg⁻¹; DMS entre épocas de amostragem = 220,39 mg kg⁻¹)

A variação do conteúdo de carbono da biomassa microbiana em função do tipo de adubação (AOE ou AOM) nas subparcelas que receberam aplicação de resíduos

orgânicos também não apresentou efeito claramente definido, provavelmente devido às variações climáticas ocorridas durante a fase experimental.

Com a dose de 15 Mg ha⁻¹, há um claro favorecimento da adubação organomineral para as duas primeiras culturas. Esse efeito desaparece para o cultivo subsequente de milho, quando passou a predominar os efeitos da adubação orgânica que definiu valores de C-bio significativamente maiores na colheita do milho.

Com as doses de 30 e 45 Mg ha⁻¹, há um evidente efeito benéfico da adubação orgânica no sentido de aumentar significativamente os valores de C-bio e, conseqüentemente, a atividade biológica e a saúde do solo. Estes resultados corroboram aqueles apresentados por diversos autores (XAVIER et al., 2006; ALCANTARA et al., 2007), que indicam que aumentos significativos da biomassa microbiana do solo só são possíveis com a aplicação de quantidades expressivas de resíduos orgânicos. Além disso, de acordo com Moreira e Siqueira (2008), a biomassa microbiana do solo é extremamente sensível às condições do meio, pois fatores modificáveis em curtos e longos prazos como umidade, temperatura, disponibilidade de energia e de nutrientes, podem provocar modificações acentuadas nas populações de micro-organismos do solo.

Entre as épocas de amostragem as variações do C-bio indicaram que a atividade biológica do solo permaneceu estável com o passar do tempo. No tratamento controle (0 Mg ha⁻¹), os resultados foram semelhantes aos obtidos no experimento I, ou seja, nas subparcelas com adubação mineral ocorreu um aumento significativo de 199% no C-bio entre a primeira e a última amostragem, enquanto que nas subparcelas sem adubação o aumento foi de 58%, mas não apresentou diferenças significativas entre a primeira e a última época de amostragem.

Com a dose de 15 Mg ha⁻¹ de resíduos (Tabela 3.7) para as subparcelas com adubação organomineral (AOM), os maiores valores de C-bio foram observados na colheita do milho e floração do feijão em 2007 (CM/07 e FF/07), com aumentos de 90% e 58%, em relação aos teores obtidos na primeira época de amostragem (FM/07), respectivamente. Nas subparcelas que receberam adubação orgânica (AOE) os maiores valores foram obtidos na época da floração do feijão (FF/07), que diferiu das demais avaliações e, da mesma forma, representou um aumento de 137% em relação aos teores obtidos na primeira época de amostragem (FM/07).

Para a dose de 30 Mg ha⁻¹, foram observados os maiores valores de C-bio na floração das culturas, independentemente do tipo de adubação. Nas subparcelas com adubação organomineral os aumentos observados corresponderam a 142% e 99% na floração das

culturas de milho e de feijão, respectivamente. O mesmo efeito foi observado para a dose de 45 Mg ha⁻¹ (Tabela 3.7), mas somente na época de floração da cultura de feijão, e correspondeu a um aumento de 89%.

Nas subparcelas com adubação orgânica e para a dose de 30 Mg ha⁻¹, os aumentos do C-bio, foram de 107% e 132%, respectivamente para épocas de floração das culturas do milho e do feijão. Nesta mesma situação foi observado aumento de 59% com a dose de 45 Mg ha⁻¹ somente na floração da cultura do feijão.

Para todos os casos, os aumentos indicados foram calculados em relação aos valores de C-bio obtidos na primeira época de amostragem (FM/07). A ocorrência dos aumentos na época de floração das culturas pode ser justificada por uma maior liberação de substâncias orgânicas radiculares que favorecem o crescimento e a atividade da microbiota do solo. Resultados semelhantes a estes já foram obtidos por pesquisadores como Glover et al. (2000); Edmeades (2003); Melero et al. (2005) e Tu et al. (2006) que trabalharam em áreas exploradas dentro do princípio de manejo orgânico. Mas corroboram também os resultados apresentados por Cattelan e Vidor (1990) que verificaram que a maior disponibilidade de nutrientes no solo, independentemente da fonte ser orgânica ou mineral, contribui para o crescimento da microbiota do solo.

Comparando-se as variações do quociente microbiano em função do tipo de adubação realizada (AOE ou AOM) para cada dose de resíduos orgânicos e época de amostragem (Tabela 3.8), verifica-se que de forma geral não foram observadas diferenças significativas consistentes entre a adubação orgânica e organomineral.

As diferenças observadas variaram com as doses e épocas de amostragem, e foi possível detectar que aumentos ou reduções do qM ocorreram sempre na época de colheita das culturas de milho e feijão. Para as doses de 15 e 30 Mg ha⁻¹, os maiores valores de qM foram observados nas subparcelas com adubação organomineral. Somente para a dose de 45 Mg ha⁻¹ e na colheita do milho (CM/08) o quociente microbiano foi maior nas subparcelas que receberam adubação orgânica.

Quando a comparação é feita entre épocas de amostragem, ainda pode ser observado na Tabela 3.8 que os valores do quociente microbiano em geral foram maiores na época da floração do feijão, com aumentos que variaram de 103% a 179% nas subparcelas com adubação organomineral (AOM) e de 104% a 229% nas subparcelas com adubação orgânica (AOE). O aumento da biomassa microbiana na época da floração e da máxima fixação biológica de nitrogênio pode ser devido ao aumento das excreções radiculares nesse período (CORDEIRO, 2004; KENNEDY, 2005).

Tabela 3.8 – Quociente microbiano (qM), para cada dose de resíduos, em função do tipo de adubação e épocas de amostragem, sem queima de resíduos

Tipo de adubação	Épocas de amostragem					
	FM/07	CM/07	FF/07	CF/07	FM/08	CM/08
qM (%)						
----- 0 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AM	1,10 a B	2,68 a AB	2,23 b B	4,22 a A	2,70 a AB	2,56 a AB
SA	2,02 a B	3,22 a AB	4,12 a A	2,78 b AB	1,65 a B	2,68 a AB
----- 15 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	2,93 a CD	5,43 a AB	6,60 a A	4,53 a BC	2,61 a C	1,84 a C
AOE	1,90 a B	2,11 b B	6,92 a A	2,88 b B	3,36 a B	2,30 a B
----- 30 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	2,67 a C	2,54 a C	7,45 a A	2,55 b C	4,81 a B	1,58 a C
AOE	2,59 a CD	1,35 b D	8,52 a A	3,94 a BC	4,28 a B	2,51 a CD
----- 45 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----						
AOM	2,46 a BC	1,50 a BC	6,40 a A	2,99 a B	1,28 a C	1,07 b C
AOE	2,92 a B	1,92 a BC	7,23 a A	2,09 a BC	1,15 a C	2,23 a BC

Para cada dose, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 13,37%; CV₂= 16,05%; CV₃= 22,16%; DMS entre adubação = 1,15 %; DMS entre épocas de amostragem = 1,68%)

Na Tabela 3.9 são apresentadas as equações de ajuste para as variações da C-bio e qM em função das doses de resíduo para cada época de amostragem e tipo de adubação. Pode-se observar que tanto para adubação organomineral como para adubação orgânica, na maioria dos casos, houve efeitos significativos das doses de resíduo e que os aumentos observados se ajustaram a modelos quadráticos, indicando que há um crescimento até um ponto de máximo com posterior redução dos valores das variáveis avaliadas.

Tabela 3.9 – Equações de regressão para o conteúdo do carbono da biomassa microbiana (C-bio) e do quociente microbiano (qM), para cada tipo de adubação em função das épocas de amostragem, sem queima de resíduos

Épocas de amostragem	Equações	r^2	Equações	r^2
	C-bio		Qm	
----- AOM -----				
FM/07	$\hat{y} = 195,460 + 19,823x - 0,339x^2$	0,84	$\hat{y} = 1,210 + 0,127x - 0,002x^2$	0,88
CM/07	$\hat{y} = 455,635 + 28,071x - 0,735x^2$	0,60	$\hat{y} = 3,056 + 0,146x - 0,004x^2$	0,67
FF/07	Figura 3.3			
CF/07	n.s.	---	$\hat{y} = 4,417 - 0,037x$	0,58
FM/08	$\hat{y} = 358,775 + 36,197x - 0,783x^2$	0,42	$\hat{y} = 2,305 + 0,157x - 0,004x^2$	0,49
CM/08	$\hat{y} = 468,817 - 6,443x$	0,73	$\hat{y} = 2,471 - 0,031x$	0,97
----- AOE -----				
FM/07	$\hat{y} = 254,950 + 7,306x$	0,88	$\hat{y} = 1,849 + 0,022x$	0,83
CM/07	n.s.	---	$\hat{y} = 3,272 - 0,115x + 0,002x^2$	0,97
FF/07	Figura 3.3			
CF/07	$\hat{y} = 332,546 + 13,446x - 0,285x^2$	0,65	$\hat{y} = 2,587 + 0,091x - 0,002x^2$	0,57
FM/08	$\hat{y} = 208,390 + 47,807x - 1,033x^2$	0,79	$\hat{y} = 1,49 + 0,238x - 0,005x^2$	0,92
CM/08	n.s.	---	n.s.	---

FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva

Do mesmo modo como ocorreu no Experimento I, observaram-se os maiores valores de C-bio e o qM na época da floração do feijão (Figura 3.3), se ajustando a modelos quadráticos em todos os tratamentos.

Nas subparcelas com adubação organomineral (AOM), o C-bio e o qM atingiram seus valores máximos nas doses de 31,8 Mg ha⁻¹ e 30,0 Mg ha⁻¹ de resíduo orgânico, respectivamente. Naquelas com adubação orgânica os valores máximos para o C-bio e qM foram obtidos com as doses de 29,9 e 34,6 Mg ha⁻¹ de resíduo, respectivamente. As reduções ocorridas após as variáveis atingirem seus valores máximos foram discretas,

indicando não haver nenhum fator que causasse restrições importantes na atividade da microbiota do solo.

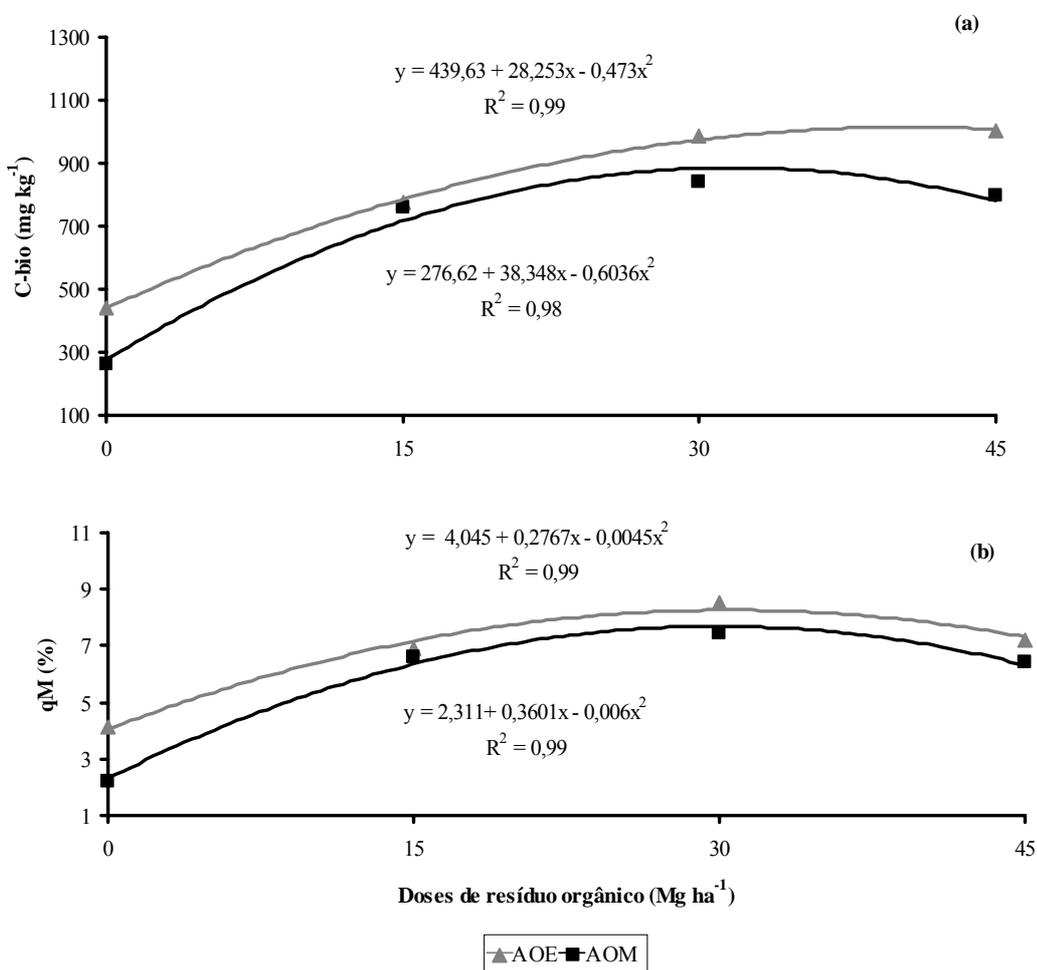


Figura 3.3 – Carbono da biomassa microbiana (a) e quociente microbiano (b) na época de floração do feijão (FF/07) em função das doses de resíduos (sem queima) em cada tipo de adubação. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva

Os maiores valores de carbono da biomassa microbiana, independentemente da adubação ou do uso de fogo, foram observados na época de floração do feijão. Esses resultados provavelmente estão associados ao aumento da atividade metabólica neste estágio de desenvolvimento da cultura (floração e intensa fixação biológica de nitrogênio), o que proporciona o aumento de exsudados radiculares modificando o ambiente radicular e disponibilizando mais substrato para o crescimento microbiano, como indicado por Cordeiro (2004) e Kennedy (2005).

O carbono orgânico total (COT), de modo geral, apresentou os menores valores na época de floração do feijão (Tabela 3.10), comportando-se de forma semelhante ao que foi observado no experimento I.

Exceto para as épocas de floração do feijão (FF/07) e da segunda colheita do milho (CM/08), o COT aumentou linearmente em função das doses de resíduo (Tabela 3.11). Na época da floração do feijão não foi observado efeito significativo das doses de resíduo, mas na segunda colheita do milho houve redução linear do COT.

Tabela 3.10 – Teores do carbono orgânico total do solo (COT) em função das doses de resíduos e épocas de amostragem, sem queima de resíduos

Resíduos orgânicos MG ha ⁻¹	Épocas de amostragem					
	FM/07	CM/07	FF/07	CF/07	FM/08	CM/08
	COT (g kg ⁻¹)					
0	15,25 B	14,12 BC	11,17 C	12,40 BC	16,18 AB	19,36 A
15	16,83 A	16,20 A	11,38 C	14,22 AB	16,70 A	16,42 A
30	17,16 BC	17,66 AB	11,43 C	13,35 CD	21,25 A	18,83 AB
45	19,52 AB	18,10 ABC	13,16 D	15,45 CD	21,73 A	16,12 BCD

Para cada dose, médias seguidas da mesma maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008. (CV₁= 15,33%; CV₂= 5,72%; CV₃= 14,62%; DMS entre épocas de amostragem = 3,94 g kg⁻¹)

Tabela 3.11 – Equações de regressão para o conteúdo do carbono orgânico total em função das doses de resíduos para cada época de amostragem, sem queima de resíduos

Épocas de amostragem	Equações	r ²
	COT	
FM/07	$\hat{y} = 15,223 + 0,087x$	0,93
CM/07	$\hat{y} = 14,508 + 0,089x$	0,93
FF/07	n.s	---
CF/07	$\hat{y} = 12,612 + 0,055x$	0,68
FM/08	$\hat{y} = 15,786 + 0,141x$	0,87
CM/08	$\hat{y} = 18,783 - 0,048x$	0,33

FM e CM = Floração e Colheita do milho. FF e CF= Floração e Colheita do feijão. 07 e 08= Anos 2007 e 2008.

Outro ponto a destacar é que as alterações observadas no carbono da biomassa microbiana e no quociente microbiano não estiveram relacionadas diretamente com as variações do carbono orgânico total, fato que pode ser comprovado pela inexistência de

correlação significativa entre o COT e as referidas variáveis. Já entre C-bio e qM os coeficientes de correlação foram significativos e variaram de 0,71 a 0,99, com mais de 63% dos coeficientes maiores do que 0,90.

Esse fato indica a maior sensibilidade das variáveis C-bio e qM na detecção de alterações nas propriedades do solo, o que está de acordo com o que foi demonstrado por outros pesquisadores como Cerri (1985), Galdos (2007) e Pomianoski et al. (2006). Nos trabalhos desenvolvidos por estes autores ficou evidente que o COT não é um bom indicador para as alterações determinadas pelo manejo do solo, em razão da baixa sensibilidade desta variável, provavelmente por ser o COT constituído em grande parte por formas estáveis de carbono do solo. Os resultados obtidos neste estudo também estão de acordo com Powlson et al. (1987) que avaliando os efeitos da queima e da incorporação ao solo da palhada de cevada por um longo período (18 anos) sobre o COT e o C-bio, observaram que em média, nos tratamentos com incorporação da palhada, o C-bio aumentou oito vezes mais do que o COT, comprovando a maior sensibilidade do C-bio às alterações determinadas pelo tipo de manejo do solo.

3.6 CONCLUSÕES

O carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano do solo sofreram diminuições com a sequência de cultivos quando se empregou a queima dos resíduos como técnica de manejo para cultivo das culturas de milho e feijão, em sistema de sucessão;

O carbono da biomassa microbiana aumentou com as doses de resíduo, independentemente da adubação utilizada, principalmente no experimento sem queima de resíduos;

Os maiores valores para o carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano do solo ocorreram na época de floração do feijão (maio), enquanto os menores ocorreram na época da colheita do milho na segunda safra (março);

Independentemente da adubação utilizada, o emprego do fogo como técnica de manejo, promoveu reduções na biomassa microbiana do solo e no quociente microbiano;

O carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano foram as variáveis mais sensíveis para detectar rapidamente as alterações no solo provocadas pela queima de resíduos orgânicos.

4 ARTIGO B: NUTRIÇÃO MINERAL, COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO EM ÁREAS MANEJADAS COM E SEM QUEIMA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO

4.1 RESUMO

A utilização de resíduos orgânicos na agricultura tem motivado o desenvolvimento de pesquisas que visam à sustentabilidade do processo de produção de alimentos, fibras e energia. Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação nos componentes de produção, teores foliares de macronutrientes e na produtividade da cultura do milho em rotação com a cultura do feijão. Foram instalados dois experimentos: Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos, e Experimento II – sem queima dos resíduos orgânicos. Para cada experimento o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de resíduos de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹); as subparcelas foram constituídas por dois tipos de adubação: adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica exclusiva (AOE) e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM), e as subsubparcelas foram constituídas pelas safras de milho (2007 e 2008). Nos dois experimentos, apenas na segunda safra (2008) foram observados efeitos significativos da adubação mineral, que determinou os maiores valores para os componentes da produção e produtividade da cultura de milho. Efeitos sobre os teores foliares de macronutrientes também só foram observados na segunda safra (2008) do experimento manejado com a queima dos resíduos, quando os teores foliares de N reduziram significativamente com o aumento das doses de resíduos orgânicos, independentemente do emprego da adubação mineral. Os teores foliares de P e K foram maiores nas subparcelas que receberam adubação mineral.

Palavras-chave: *Zea mays*. Adubação orgânica. Fogo. Teores foliares.

4 ARTICLE B: MINERAL NUTRITION, COMPONENTS OF THE PRODUCTION AND PRODUCTIVITY OF CORN CROPS IN MANAGED AREAS WITH AND WITHOUT BURNING OF ORGANIC RESIDUES AND DIFFERENTS FERTILIZATION TYPES

4.2 ABSTRACT

The use of organic residues in the agriculture has been motivating the development of researches that seeks the sustainability of the process of the production of feeds, fibers and energy. Through a simulated situation of areas managed using the fire burning, this work was led with the objective of evaluate the effects of doses and burn of organic residues and fertilization types on the components of the production, foliate contents of macronutrients and in productivity the corn tillage (var. IPR 114) cultivated in a rotation system with the beans tillage, in area of Nitossolo Red eutroférico latossólico. Two experiments were led, the first one with the burns of the residues and the second one without the burns of the residues. For each experiment the adopted experimental delineation design were entirely randomized blocks, with three repetitions. The blocks were constituted by four doses of organic pruning residues (0, 15, 30 and 45 Mg ha⁻¹), and the other identical blocks received two fertilization types: organic fertilization composed by pruning residues, named exclusively organic fertilization (EOF) and organic biomass evaluation fertilization of pruning residues added by mineral fertilization proper for such culture, named organic mineral fertilization (OMF), and the identical blocks were composed by the corn harvest(2007 and 2008). In both experiments, only in the second crop (2008) significant effects of the mineral fertilization were noticed, what determined the largest values for the components of the production and productivity in the corn culture. Effects on the foliate tenors of macronutrients were also observed in the second crop only (2008) of the experiment managed with the burns of the residues, when the foliate tenors of N suffered a significant decrease with the increase of the doses of the organic residues, independently of the employment of the mineral fertilization. The foliate tenors of P and K were larger in the identical blocks which received mineral fertilization.

Keywords: *Zea mays*. Organic fertilization. Fire. Foliate tenors

4.3 INTRODUÇÃO

Para algumas regiões do Brasil, e principalmente para a amazônica, o uso do fogo para limpeza das áreas de cultivo ainda é uma prática comum. Nas demais regiões o fogo ainda é utilizado no manejo de pastagens e no cultivo da cana-de-açúcar, visando o preparo da mesma para a colheita manual. Embora necessário em algumas atividades, o uso do fogo é uma prática condenável, pois causa impactos ambientais negativos como o aumento da concentração de gases de efeito estufa, redução da atividade biológica e alteração das propriedades físicas e químicas dos solos.

De acordo com Sampaio et al. (2008), a derrubada e queima da mata ainda é a principal técnica de manejo rudimentar, praticada por pequenos, médios e grandes produtores da Amazônia. Segundo os autores, os motivos que justificam tal prática são diversos, pois a queima da vegetação proporciona uma elevação imediata, porém temporária, da fertilidade do solo, que permite o plantio e a colheita de produtos de subsistência (arroz, feijão, mandioca e milho) por um período de no máximo dois anos, quando o estoque de cinzas é reduzido e a área é deixada em pousio para recompor sua vegetação, quando volta novamente a ser queimada, criando assim um ciclo vicioso de degradação ambiental.

O aproveitamento agrícola, *in natura* ou na forma de compostos, dos ramos e galhos resultantes da poda de árvores dos centros urbanos, pode e deve ser considerado como uma fonte de adubo orgânico para culturas diversas. Quando utilizado na forma *in natura*, estes resíduos formam uma densa camada de fitomassa nas áreas de cultivo, que além de proteger o solo contra a erosão, serve para estimular a atividade biológica, contribuindo decisivamente para o aumento natural, gradual e equilibrado da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Essa reciclagem de energia e nutrientes através do material orgânico representa uma forma de sequestro e de manutenção do carbono no solo, minimizando assim as emissões de CO₂ para a atmosfera e contribuindo para a sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção agrícola.

Nas cidades, os restos de poda das árvores têm se tornado um problema, devido ao grande volume produzido. De acordo com a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (informação verbal)¹, o município de Londrina produz semanalmente cerca de 30 Mg de resíduos de poda, que são triturados e destinados à produção de composto orgânico. Coelho et al., (2007) relatam que no levantamento realizado em 16 municípios brasileiros no

¹ Do responsável pela coleta e processamentos de resíduos da CMTU (2008).

ano de 2006 pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), detectou-se que em aproximadamente 70% dos municípios, os resíduos orgânicos resultantes da poda das árvores urbanas, são descartados em lixões ou aterros sanitários. Os autores salientam ainda que a deposição indevida facilita a mistura destes com outros resíduos potencialmente perigosos, podendo causar impactos negativos na qualidade do ar, do solo e da água. Além disso, representa um desperdício de matéria orgânica que poderia ser utilizada racionalmente, nas áreas de produção agrícola.

Os cereais constituem a base da alimentação e contribuem com cerca de metade da ingestão diária de energia e proteína do ser humano (Young & Pellett, 1994). O milho, por sua vez, é o principal componente do cardápio diário de grande parte das populações de vários países da América Latina, África e Ásia, atendendo as suas necessidades energético-protéicas (National Research Council, 1988; Bressani, 1991). O estado do Paraná é o maior produtor de milho do Brasil, e contribuiu com 23,9% e 35,7% do total de 39,6 e 18,2 milhões de toneladas, produzidas na primeira e segunda safras de 2008, respectivamente (IBGE, 2008).

De acordo com Vilela et al. (2006), a busca por alimentos naturais e cada vez mais saudáveis, associada ao crescimento da consciência de preservação ecológica, induziu o desenvolvimento de sistemas de produção e a expansão do mercado de produtos orgânicos. Segundo Oliveira (2005), dentre os produtos a serem incorporados neste modelo de agricultura, destaca-se o milho, devido a sua importância socioeconômica e nutricional, uma vez que é intensamente utilizado na alimentação humana e animal. Além disso, a produção de milho orgânico é de grande relevância para as cadeias produtivas de carne e leite orgânicos.

Por estas razões, pesquisas sobre a produção orgânica de milho vêm sendo desenvolvidas visando principalmente a manutenção da produtividade da cultura. Maia et al. (2004), em experimento conduzido por 13 anos, com a utilização de duas doses de compostos orgânicos (0 e 40 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) combinadas com três doses de adubação mineral, obtiveram elevação da produtividade de 3,5 para 8,0 Mg ha⁻¹, resultados semelhantes aos obtidos por Silva et al. (1998) e Bastos (1999), que concluíram que após 13 e 12 anos, respectivamente, da primeira adubação com compostos orgânicos, houve manutenção e até mesmo aumentos da produtividade da cultura de milho.

A adoção da produção orgânica de alimentos exige também a seleção de cultivares adequadas ao sistema. Para a cultura do milho, Cruz et al. (2008) avaliaram 36 variedades em sistema de produção orgânica, durante dois anos, observando que 14 das variedades testadas produziram acima de 3.751 kg ha⁻¹, ficando muito acima da produtividade

média brasileira na safra 2006/07. Na safra 2007/08, os resultados foram ainda melhores, pois 29 das variedades testadas produziram acima de 4.079 kg ha⁻¹.

Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação nos componentes de produção, teores foliares de macronutrientes e na produtividade da cultura do milho em sucessão com a cultura do feijão.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com a cultura do milho foram instalados nas safras agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008 na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina – (Londrina/PR - 23° 19' S; 51°11' W), em área de Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico, textura muito argilosa (GONÇALVES, 2007). As análises químicas de amostras de terra da camada superficial de 0 a 20 cm (PAVAN et al., 1992) ⁽¹⁾, apresentaram os seguintes resultados: pH= 5,2; K⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 6,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,8 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,02 cmol_c dm⁻³; P = 8,0 mg dm⁻³ e COT =14,0 g dm⁻³. A análise granulométrica (EMBRAPA, 1997) apresentou valores de 786 g kg⁻¹ de argila total, 149 g kg⁻¹ de silte e 65 g kg⁻¹ de areia.

Para avaliar os componentes de produção, os teores foliares de macronutrientes e a produtividade, foram instalados dois experimentos: Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos, e Experimento II – sem queima dos resíduos orgânicos. Para cada experimento o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de resíduos de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹); as subparcelas foram constituídas por dois tipos de adubação: adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica exclusiva (AOE) e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM), e as subsubparcelas foram constituídas pelas safras de milho (2007 e 2008). A adubação mineral empregada na semeadura do milho nas duas safras correspondeu à aplicação de 40, 26 e 33 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, de acordo com as recomendações apresentadas por Oliveira (2003). Aos 35 dias após a emergência das plantas foram realizadas as adubações de

¹ pH em CaCl₂ 0,01 Mol L⁻¹ (1:2,5), P (Mehlich 1), Ca, Mg e Al (KCl 1,0 Mol L⁻¹), COT= Carbono orgânico total (Walkley-Black)

cobertura com 120 kg ha^{-1} de N. Na Tabela 4.1 é apresentada a constituição dos tratamentos utilizados nos experimentos com e sem queima de resíduos orgânicos.

Tabela 4.1 – Constituição dos tratamentos utilizados nos experimentos com e sem queima de resíduos orgânicos

Parcelas Doses de resíduos orgânicos (MG ha ⁻¹)	Subparcelas Tipos de Adubação	Subsubparcelas Safras	Tratamentos
0	SA	2007	0 – SA – 2007
		2008	0 – SA – 2008
	AM	2007	0 – AM – 2007
		2008	0 – AM – 2008
15	AOE	2007	15 – AOE – 2007
		2008	15 – AOE – 2008
	AOM	2007	15 – AOM – 2007
		2008	15 – AOM – 2008
30	AOE	2007	30 – AOE – 2007
		2008	30 – AOE – 2008
	AOM	2007	30 – AOM – 2007
		2008	30 – AOM – 2008
45	AOE	2007	45 – AOE – 2007
		2008	45 – AOE – 2008
	AOM	2007	45 – AOM – 2007
		2008	45 – AOM – 2008

AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva

O resíduo orgânico empregado foi obtido da trituração de folhas e ramos resultantes da poda de árvores da cidade de Londrina, e apresentava as características químicas indicadas na Tabela 4.2. Foi realizada a determinação dos teores totais de nutrientes no resíduo seguindo a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Em seguida os teores de lignina, celulose, hemicelulose e matéria seca foram determinados de acordo com a descrição de Silva (1990).

Tabela 4.2 – Teores totais de nutrientes, relação C:N, composição da parede celular e matéria seca (MS) do resíduo de poda utilizado no experimento

N	P	K	Ca	Mg	S	C	C:N	Lignina	Celulose	Hemicelulose	MS
----- g kg ⁻¹ -----							----- % -----				
8,1	1,0	3,8	6,9	1,2	7,3	420,0	52:1	40,2	52,9	6,0	91,0

Mediante peneiramento (peneiras com malhas de 2,0 e 4,0 mm), catação manual e pesagem, foi realizada a separação dos componentes do resíduo orgânico utilizado, obtendo-se a seguinte composição: 42% de ramos, 13% de ramos finos, 8% de folhas

trituras, 29% de resíduos não identificáveis médios ($2,0 \text{ mm} > \text{tamanho} < 4,0 \text{ mm}$) e 8% de resíduos não identificáveis menores que $2,0 \text{ mm}$.

Em outubro de 2006, realizou-se a aplicação dos resíduos distribuindo-os superficialmente nas parcelas experimentais ($4,0 \times 3,0 \text{ m}$), nas doses previamente estabelecidas. Em laboratório, estimou-se que a espessura da camada de resíduos formada após a distribuição dos mesmos nas parcelas correspondeu a $0,6$; $1,2$ e $1,8 \text{ cm}$ para as doses de 15 , 30 e 45 Mg ha^{-1} , respectivamente. No Experimento I, em que se empregou o manejo com fogo, os resíduos foram queimados logo após a distribuição nas parcelas. Neste caso, antes de atear fogo e para facilitar a queima, os resíduos foram aspergidos com álcool combustível não aditivado, na dose de $3,0$ litros por parcela.

Cinco dias após a distribuição e queima dos resíduos, procedeu-se a semeadura manual da cultura do milho (variedade IPR 114). Nos dois cultivos ou safras foi utilizado o espaçamento de $0,80 \text{ m}$ entre linhas e densidade de cinco sementes viáveis por metro. Para as avaliações foram utilizadas três linhas centrais desprezando $0,50 \text{ m}$ das extremidades. Ao final do ciclo da cultura foi realizada a colheita manual das espigas e dobramento dos colmos à altura aproximada de $1,5 \text{ m}$, que assim permaneceram na área experimental, que foi em seguida cultivada com a cultura do feijão do grupo carioca, no intervalo entre as duas safras de milho. Após a colheita do feijão os colmos de milho foram arrancados, triturados e o resíduo obtido foi espalhado superficialmente na área de cada parcela experimental, antes da semeadura da nova cultura de milho, que ocorreu em outubro/2007. O novo cultivo foi conduzido empregando-se as mesmas técnicas utilizadas na primeira safra.

Em cada safra, aos 55 dias após a emergência das plantas (início do florescimento), o terço médio sem nervuras de folhas opostas e abaixo das espigas de 15 plantas por parcela foram colhidos, lavados, secos e analisados quimicamente para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, seguindo a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Ao final do ciclo da cultura foram avaliadas as seguintes variáveis em 15 plantas por parcela: altura de planta (m), medida da superfície do solo até a inserção da folha bandeira; altura da inserção da primeira espiga (m), medida da superfície do solo até a inserção da primeira espiga no colmo; índice de espigas (n° de espigas/ n° de plantas); massa de 1.000 grãos (g) e produtividade (kg ha^{-1} , considerando 13% de umidade nos grãos).

Na Figura 4.1 são apresentados os dados de precipitação pluvial mensal e temperatura do ar média mensal durante o período de condução dos experimentos.

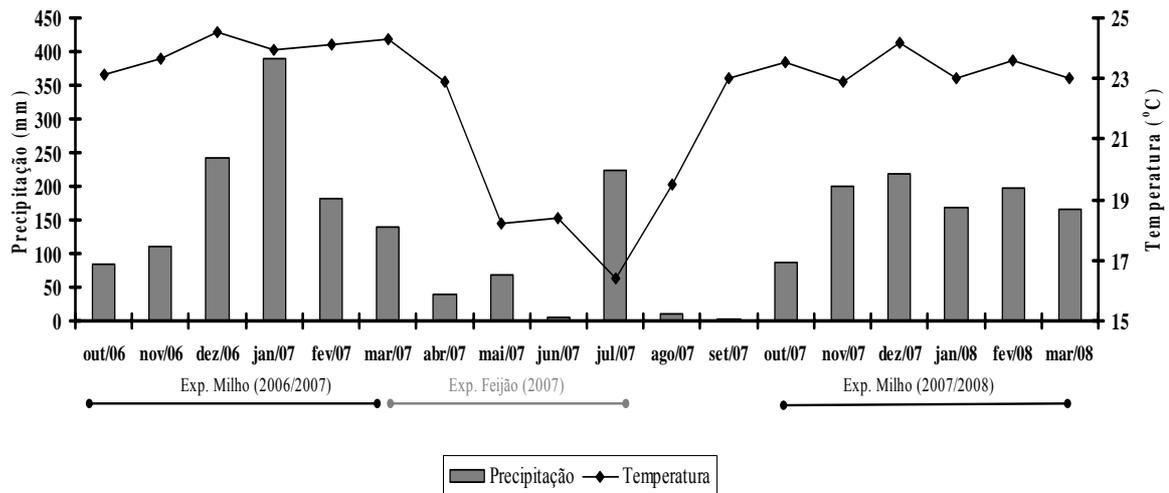


Figura 4.1 – Precipitação pluvial mensal e temperatura do ar média mensal na região de Londrina no período de condução dos experimentos. Fonte: IAPAR.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% ou ajustados a equações de regressão, mediante emprego do programa SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Experimento I: Com a queima dos resíduos

4.5.1.1 Componentes da produção e produtividade

A massa de 1.000 grãos e a produtividade do milho (Tabela 4.3) foram influenciadas pela interação entre os tipos de adubação e as safras. As duas variáveis apresentaram os menores valores nas subparcelas com aplicação de adubação orgânica exclusiva (AOE) na segunda safra. Os maiores valores de massa de 1.000 grãos e produtividade na primeira safra, nas subparcelas com adubação orgânica, ocorreram provavelmente, em função do efeito das cinzas que atuam temporariamente como corretivo e fertilizante. Este efeito já foi demonstrado por diversos autores como Smyth e Bastos (1984), que em pesquisa na Amazônia, observaram que as cinzas de vegetação secundária continham 41; 8; 83; 76 e 26 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Coutinho (1990) e

Kauffman et al. (1994) verificaram que em curto prazo, o fogo aumenta, especialmente em camadas mais superficiais do solo, a disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas. Entretanto, em seguida ocorre uma brusca diminuição nesta disponibilidade de nutrientes devido aos processos de lixiviação, absorção e exportação pelas plantas.

Cabe destacar que, no intervalo entre os dois cultivos de milho, foi realizado o cultivo de feijão do grupo carioca, e a precipitação pluvial acumulada no período de 17 meses de experimentos correspondeu a 2.500 mm (Figura 4.1), fatores que provavelmente causaram reduções no estoque de nutrientes provenientes das cinzas e, conseqüentemente a diminuição da produtividade de milho de segunda safra, cultivado nas subparcelas que receberam somente adubação orgânica.

Tabela 4.3 – Massa de 1.000 grãos e produtividade da cultura de milho em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, após queima de resíduos

Saфра	Tipo de adubação	
	AOM	AOE
----- Massa de 1.000 grãos (g) -----		
2007	377,6 Aa	378,9 aA
2008	384,3 Aa	363,1 BB
----- Produtividade (kg ha ⁻¹) -----		
2007	8.105,7 AA	8.110,3 aA
2008	8.010,9 AA	6.592,1 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (Massa de 1000 grãos: CV₁ = 3,6%; CV₂ = 4,3%; CV₃ = 3,1%; DMS entre adubações = 10,98 g; DMS entre safras = 9,91 g; Produtividade: CV₁ = 14,32%; CV₂ = 5,92%; CV₃ = 8,40%; DMS entre adubações 649,07 = kg ha⁻¹; DMS entre safras = 555,33 kg ha⁻¹).

A altura das plantas e da inserção da primeira espiga também foram afetadas pela interação entre adubação e as safras (Tabela 4.4), com os menores valores obtidos na safra de 2008 nas subparcelas com adubação orgânica, resultados semelhantes aos encontrados por Mendonça et al. (1999) e Tozetti et al. (2004), que verificaram incremento da altura de plantas e da inserção da primeira espiga com a utilização da adubação mineral. Entretanto, para Lucena et al. (2000), a adubação mineral com N e P₂O₅ não influenciou significativamente a altura das plantas.

Além disso, as duas variáveis foram influenciadas significativamente pelas doses de resíduo orgânico aplicado, ajustando-se a modelos quadráticos para altura de

inserção da primeira espiga ($\hat{y} = 0,831 + 0,005408x - 0,000106x^2$, $r^2 = 0,41$) com valores máximos obtidos com a dose de 25,0 Mg ha⁻¹, e para altura de plantas ($\hat{y} = 1,699 + 0,00844x - 0,000144x^2$, $r^2 = 0,57$) com máximo obtido na dose de 30,1 Mg ha⁻¹ de resíduos orgânicos.

Tabela 4.4 – Altura de plantas e inserção da primeira espiga na cultura de milho em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, após queima de resíduos

Safra	Tipo de adubação	
	AOM	AOE
----- Altura de planta (m) -----		
2007	1,81 Ba	1,80 aA
2008	1,89 aA	1,60 bB
----- Altura de inserção da primeira espiga (m) -----		
2007	0,94 aA	0,89 aA
2008	0,91 aA	0,73 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (Altura de planta: CV₁ = 3,97%; CV₂ = 4,89%; CV₃ = 4,72%; DMS entre adubações = 0,06 m; DMS entre safras = 0,07 g; Altura de inserção da 1ª espiga: CV₁ = 7,27%; CV₂ = 8,84%; CV₃ = 6,58%; DMS entre adubações 0,05 m; DMS entre safras = 0,05 m).

Quanto ao índice de espiga (Tabela 4.5) observa-se aumento significativo entre as safras consideradas (2007 e 2008), provavelmente devido a efeitos interativos da adubação, densidade populacional e condições ambientais e de manejo.

Tabela 4.5 – Índice de espigas nas safras 2007 e 2008, após queima de resíduos

Safra	
2007	2008
----- Índice de espiga -----	
0,92 B	0,98 A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; (CV₁ = 2,81%; CV₂ = 5,56%; CV₃ = 5,50%; DMS = 0,03).

De acordo com Paterniani (1993), a capacidade da planta produzir mais de uma espiga por colmo apresenta estreita relação com a produtividade. Desta forma, de modo geral, espera-se que plantas com maior número de espigas sejam mais produtivas. Entretanto,

essa é uma característica muito influenciada pelas variações das populações de plantas, que não é o caso deste estudo que foi conduzido com a mesma população nos dois experimentos.

4.5.1.2 Teores foliares de macronutrientes

O teor de nitrogênio foliar foi influenciado pela interação entre doses de resíduos e safra, observando-se na Tabela 4.6 que na dose de 15 Mg ha⁻¹ o teor foliar de N foi maior na safra de 2008, enquanto nas doses de 30 e 45 Mg ha⁻¹ o teor foliar de N foi maior na safra de 2007. Entretanto, em relação às doses de resíduos os valores não variaram significativamente nessa safra, mas decresceram na safra de 2008, ajustando-se a um modelo linear ($\hat{y} = 39,598 - 0,154x$; $r^2 = 0,72$). Este resultado indica que nem mesmo o cultivo de uma leguminosa como o feijão entre as safras contribuiu de forma significativa para o suprimento de N para a cultura do milho. Segundo Büll e Cantarella (1993), o nitrogênio é o nutriente que apresenta os maiores efeitos no aumento da produção de grãos de milho, por ser extraído e exportado em maior quantidade pela cultura. Do mesmo modo, de acordo com Ulger et al. (1995), a massa de 1.000 grãos tem alta dependência da absorção de N pelas plantas de milho, que alcança o ponto máximo entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (Arnon, 1975). Além disso, o N foliar foi influenciado também pela adubação utilizada (Tabela 4.7), apresentando maiores teores nas folhas do milho que recebeu adubação organomineral (AOM).

Tabela 4.6 – Teores foliares de nitrogênio em milho em função das safras e das doses de resíduos orgânicos aplicados, após queima

Resíduos orgânicos Mg ha ⁻¹	Safra	
	2007	2008
	----- -N Foliar (g kg ⁻¹) -----	
0	37,5 A	38,4 A
15	36,1 B	39,8 A
30	37,6 A	33,5 B
45	37,4 A	32,8 B

Para cada dose, médias seguidas da mesma maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. (CV₁= 6,66%; CV₂= 4,60%; CV₃= 7,61%; DMS = 3,38 g kg⁻¹).

Tabela 4.7 – Teores foliares de nitrogênio em milho em função do tipo de adubação empregada, após queima de resíduos

Tipo de adubação	
AOM	AOE
----- N Foliar (g kg ⁻¹) -----	
37,3 A	35,9 B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 6,66%; CV₂= 4,60%; CV₃= 7,61%; DMS = 1,19 g kg⁻¹).

Embora decrescentes, os teores foliares de N ficaram acima da faixa de variação que pode ser considerada adequada para a cultura do milho (27,5 a 32,5 g kg⁻¹), de acordo com o que foi estabelecido por Malavolta et al. (1997).

Os teores foliares de P foram maiores na segunda safra (Tabela 4.8). Além disso, o fósforo foi influenciado pela interação entre as doses de resíduos e as safras (Tabela 4.9). No tratamento controle (dose zero), o teor foliar de P foi maior com a utilização de adubação mineral, enquanto na dose de 15,0 Mg ha⁻¹ foi maior com o uso de adubação orgânica. Ainda nesse tipo de adubação, foi possível observar que os teores foliares de P aumentaram com as doses de resíduos orgânicos, se ajustando a um modelo quadrático ($\hat{y} = 3,066 + 0,0466x - 0,00082x^2$, $r^2 = 0,64$), com ponto de máximo teor estimado para a dose de 28,4 Mg ha⁻¹ de resíduos orgânicos. Com a utilização da adubação organomineral, os teores foliares de P não foram influenciados significativamente pelas doses de resíduos. Os teores foliares de fósforo podem ser considerados adequados (2,5 a 3,5 g kg⁻¹), de acordo com os teores estabelecidos por Malavolta et al. (1997),

Tabela 4.8 – Teores foliares de fósforo em milho nas safras 2007 e 2008, após queima de resíduos

Saфра	
2007	2008
----- P Foliar (g kg ⁻¹) -----	
3,39 B	3,72 A

Médias seguidas da mesma maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. (CV₁= 10,11%; CV₂= 5,66%; CV₃= 8,62%; DMS = 0,18 g kg⁻¹)

Tabela 4.9 – Teores foliares de fósforo em milho em função do tipo de adubação empregada e das doses de resíduos orgânicos aplicados, após queima

Resíduos orgânicos Mg ha ⁻¹	Tipo de adubação	
	AOM	AOE
	----- P Foliar (g kg ⁻¹) -----	
0	3,56 A	2,98 B
15	3,48 B	3,83 A
30	3,72 A	3,48 A
45	3,75 A	3,60 A

Para cada dose, médias seguidas da mesma maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 10,11%; CV₂= 5,66%; CV₃= 8,62%; DMS = 0,28 g kg⁻¹).

Os teores foliares de K foram influenciados pela interação entre todos os fatores estudados (doses de resíduos orgânicos x tipo de adubação x safras). Observa-se na Tabela 4.10 que, de forma geral, os teores foliares de K não variaram em relação à adubação empregada. Entretanto, em relação às safras, os teores sempre foram maiores na segunda safra. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Marsaro Júnior et al. (2007), que compararam quatro tipos de adubação (controle, orgânica, mineral e combinada) e observaram que os teores foliares de potássio das plantas de milho foram baixos na ausência de adubação, porém foram adequados nas áreas adubadas, independentemente do tipo de adubação.

Para a safra 2007 os teores foliares de K permaneceram constantes em relação às doses. Entretanto, na safra de 2008, nas subparcelas com adubação orgânica, observou-se decréscimo linear dos teores foliares de potássio com o aumento das doses de resíduo ($\hat{y} = 41,80 - 0,137x$, $r^2 = 0,64$), enquanto nas subparcelas com adubação organomineral observou-se o contrário, ou seja, os teores foliares de K aumentaram com as doses, ajustando-se a um modelo quadrático ($\hat{y} = 35,603 + 0,398x - 0,00941x^2$, $r^2 = 0,99$), com o máximo estimado para a dose de 21,1 Mg ha⁻¹ de resíduos orgânicos. Todos os valores para potássio foliar encontram-se acima dos níveis considerados adequados (17,5 a 22,5 g kg⁻¹) para a cultura do milho, segundo os critérios estabelecidos por Malavolta et al. (1997).

Tabela 4.10 – Teores foliares de potássio em milho, em cada dose de resíduos em função do tipo de adubação e safras 2007 e 2008, após queima de resíduos

Tipo de adubação	Safrá	
	2007	2008
----- K Foliar (g kg ⁻¹) -----		
----- 0 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AM	28,20 a B	35,70 b A
SA	26,40 a B	41,03 a A
----- 15 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AOM	25,70 a B	39,16 a A
AOE	27,70 a B	42,03 a A
----- 30 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AOM	27,03 a B	39,36 a A
AOE	27,20 a B	35,36 b A
----- 45 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AOM	24,36 a B	34,36 a A
AOE	25,53 a B	36,36 a A

Para cada dose, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 7,21%; CV₂= 7,41%; CV₃= 6,22%; DMS entre adubação = 3,44 g kg⁻¹; DMS entre épocas de amostragem = 3,44 g kg⁻¹).

Os teores foliares de Mg variaram com os tipos de adubação, sendo maiores nas subparcelas com adubação orgânica, como também variaram com as safras (Tabela 4.11).

Tabela 4.11 – Teores foliares de magnésio em milho em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, após queima de resíduos

Adubação		Safrá	
AOM	AOE	2007	2008
----- Teores foliares de magnésio (g kg ⁻¹) -----			
1,95 B	2,15 A	2,22 A	1,88 B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 13,95%; CV₂= 11,66%; CV₃= 12,11%; DMS entre adubação = 0,17 g kg⁻¹; DMS entre safras = 0,15 g kg⁻¹).

Nesse caso, os teores foram maiores na primeira safra. Entretanto, todos os valores podem ser considerados inadequados para a cultura do milho, pois ficaram abaixo da faixa de teores considerada adequada (2,5 a 4,0 g kg⁻¹), estabelecida por Malavolta et al. (1997). Não foi possível observar diferenças significativas em relação aos teores de cálcio.

4.5.2 Experimento II: Sem a queima dos resíduos

4.5.2.1 Componentes da produção e produtividade

A produtividade do milho apresentou comportamento similar à verificada no experimento com queima de resíduos, ou seja, foi influenciada pela interação entre os tipos de adubação e as safras (Tabela 4.12). Na primeira safra não foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao tipo de adubação. Resultados semelhantes foram obtidos por Echer (2007), no Mato Grosso, e Romano et al. (2007), no Paraná, com produtividades acima de 6.300 kg ha⁻¹ e 6.400 kg ha⁻¹, respectivamente, sem ter sido detectadas diferenças significativas entre as adubações orgânica ou mineral.

Tabela 4.12 – Produtividade da cultura de milho em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, sem queima de resíduos

Saфра	Tipo de adubação	
	AOM	AOE
	----- Produtividade (kg ha ⁻¹) -----	
2007	8.327,6 aA	7.968,5 aA
2008	8.165,2 aA	6.602,3 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁ = 5,14%; CV₂ = 8,02%; CV₃ = 8,60%; DMS entre adubações 388,59 = kg ha⁻¹; DMS entre safras = 573,03 kg ha⁻¹).

A massa de 1.000 grãos foi influenciada somente pelo tipo de adubação, sendo menor nas subparcelas com adubação orgânica, o que está de acordo com Mendonça et al. (1999), que observaram que a massa de grãos foi maior nos tratamentos que receberam as maiores doses de adubação mineral (Tabela 4.13).

Tabela 4.13 – Massa de 1000 grãos (g) de milho em função do tipo de adubação empregada, sem queima de resíduos

Tipo de adubação	
AOM	AOE
390,78 A	376,89 B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 3,22%; CV₂= 3,07%; CV₃= 4,16%; DMS = 8,32 g).

Na segunda safra a produtividade foi menor com a utilização de adubação orgânica, mas mesmo assim ficou acima do rendimento médio paranaense em 2007, que foi de 5.182 kg ha⁻¹ (IBGE, 2008). A adubação orgânica na cultura do milho pode proporcionar aumentos de produtividade, mas estes ganhos só se tornarão evidentes após alguns anos de aplicações seguidas, quando ocorrem aumentos significativos no estoque de nutrientes do solo, como nos resultados obtidos por Silva et al. (1998), Bastos (1999) e Maia et al. (2004) que observaram aumentos na produtividade de milho após 12 anos de aplicações de adubos orgânicos.

Quando se considera o efeito de doses de resíduos em relação à safra, observa-se que na primeira safra, a produtividade da cultura de milho aumentou linearmente ($\hat{y} = 7321,30 + 19,762x$, $r^2 = 0,96$) com as doses de resíduos orgânicos, e variou entre 7.252 e 8.164 kg ha⁻¹), enquanto na segunda safra não foi possível observar diferenças significativas em relação às doses. Seguramente os aumentos observados em 2007 estiveram associados com as quantidades de nutrientes adicionadas pelo resíduo orgânico, que de acordo com os dados da Tabela 4.2 foram estimados para a menor dose testada (15 Mg ha⁻¹), em 121,0; 14,5 e 56,8 de kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente. Para o fósforo e o nitrogênio, a quantidade aplicada foi menor que a utilizada na adubação mineral (160, 26 e 33 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente), entretanto, para as maiores doses de resíduo, as quantidades de nutrientes aplicadas duplicaram ou triplicaram em relação às quantidades aplicadas via adubação mineral. Ressalta-se ainda, que os nutrientes contidos no resíduo não são prontamente disponíveis, havendo necessidade de mineralização dos mesmos, e nessa situação a liberação se dá de forma gradual ao longo do tempo, complementando e até mesmo substituindo a adubação mineral. Vale destacar que o resíduo orgânico utilizado, continha em sua composição cerca de 40% de lignina (Tabela 4.2), macromolécula de baixa degradabilidade segundo Moreira e Siqueira (2006).

As alturas de inserção da primeira espiga e das plantas foram afetadas pela interação entre os tipos de adubação e as safras (Tabela 4.14). De maneira geral, os menores valores foram obtidos na safra de 2008 nas subparcelas com adubação orgânica, o que diverge de Gomes et al. (1995) que observaram aumento na altura de plantas, independentemente da adubação utilizada. Entretanto outros autores, como Mendonça et al. (1999), observaram aumentos na altura de plantas e de espigas com o uso de adubação mineral.

Tabela 4.14 – Altura de plantas e da inserção da primeira espiga na cultura de milho em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, sem queima de resíduos

Saфра	Tipo de adubação	
	AOM	AOE
----- Altura de planta (m) -----		
2007	1,85 aA	1,79 aA
2008	1,89 aA	1,57 BB
----- Altura de inserção da primeira espiga (m)-----		
2007	0,97 AA	0,87 aB
2008	0,94 AA	0,77 BB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (Altura de planta: CV₁ = 5,50%; CV₂ = 4,50%; CV₃ = 4,16%; DMS entre adubações = 0,06 m; DMS entre safras = 0,07 g; Altura de inserção da 1ª espiga: CV₁ = 9,92%; CV₂ = 6,46%; CV₃ = 5,41%; DMS entre adubações 0,05 m; DMS entre safras = 0,04 m).

O índice de espigas foi influenciado pela interação entre tipos de adubação e safra (Tabela 4.15), verificando-se que este índice foi menor na segunda safra e nas subparcelas com adubação orgânica (AOE).

Tabela 4.15 – Índice de espigas em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, sem queima de resíduos

Saфра	Tipo de adubação	
	AOM	AOE
----- Índice de espigas -----		
2007	0,92 bA	0,94 aA
2008	1,02 aA	0,95 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁ = 4,30%; CV₂ = 6,21%; CV₃ = 6,24%; DMS entre adubações 0,04; DMS entre safras = 0,05).

Esse resultado está de acordo com o que foi obtido por Gomes (1995), que avaliando o efeito da aplicação de adubos minerais e orgânicos em diferentes doses, observou aumento do índice de espigas nas plantas de milho que receberam adubação mineral em relação às adubadas organicamente

4.5.1.2 Teores foliares de macronutrientes

Observa-se na Tabela 4.16 que o teor foliar de fósforo foi influenciado pela interação entre safras e tipos de adubação. Assim, os teores foram semelhantes na safra de 2007, entretanto em 2008 observou-se que os mesmos foram maiores nas subparcelas com adubação organomineral. Os resultados indicam a necessidade de suplementação do fósforo via adição de adubos minerais quando se pretende aumentar rapidamente os teores foliares de fósforo das plantas de milho, como já foi observado por Prado et al. (2001), em estudo de localização da adubação fosfatada em milho.

Tabela 4.16 – Teores foliares de fósforo em milho em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, sem queima de resíduos

Saфра	Tipo de adubação	
	AOM	AOE
	----- P Foliar (g kg ⁻¹) -----	
2007	3,5 bA	3,3 aA
2008	3,9 aA	3,3 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁ = 11,52%; CV₂ = 6,91%; CV₃ = 7,67%; DMS entre adubações 0,24; DMS entre safras = 0,23).

Nesse experimento, os teores foliares de potássio (Tabela 4.17) também foram influenciados pela interação entre todos os fatores estudados (doses de resíduos x tipo de adubação x safras), e do mesmo modo que no Experimento I não foi possível observar diferenças significativas entre os tipos de adubação (AOM e AOE). Por outro lado, considerando-se as safras, os teores foliares de potássio foram maiores na última safra, para todas as doses e tipos de adubação. Os teores foliares de potássio obtidos no experimento

ficaram acima dos teores considerados adequados (17,5 a 22,5 g kg⁻¹), de acordo com o que foi estabelecido por Malavolta et al. (1997).

Tabela 4.17 – Teores foliares de potássio em milho, em cada dose de resíduos em função do tipo de adubação nas safras 2007 e 2008, sem queima de resíduos

Tipo de adubação	Safrá	
	2007	2008
----- K Foliar (g kg ⁻¹) -----		
----- 0 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AM	28,20 a B	35,70 b A
SA	26,40 a B	41,03 a A
----- 15 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AOM	25,90 a B	37,36 a A
AOE	27,60 a B	45,70 a A
----- 30 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AOM	25,53 a B	40,03 a A
AOE	26,53 a B	38,50 a A
----- 45 Mg ha ⁻¹ de resíduos orgânicos -----		
AOM	25,00 a B	38,36 a A
AOE	25,36 a B	37,70 a A

Para cada dose, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁ = 5,21%; CV₂ = 10,43%; CV₃ = 6,28%; DMS entre adubação = 3,53 g kg⁻¹; DMS entre épocas de amostragem = 3,53 g kg⁻¹).

Os teores foliares de magnésio variaram com a safra (Tabela 4.18), sendo que os maiores valores foram observados na safra de 2007, nos tratamentos controle (dose zero) e 45 Mg ha⁻¹.

Para o efeito isolado de doses observou-se ainda na safra 2007 a redução dos teores de magnésio em função do aumento das doses, com ajuste a um modelo quadrático ($\hat{y} = 2,341 - 0,0367x + 0,0009x^2$; $r^2 = 0,99$), que possibilitou estimar o valor mínimo na dose de 20,4 Mg ha⁻¹. Os teores de magnésio também variaram com os tipos de adubação, sendo maiores nas subparcelas com adubação orgânica (Tabela 4.19), diferindo dos resultados apresentados por Marsaro Júnior et al. (2007), que observaram que os teores foliares de magnésio em milho foram adequados, independentemente do tipo de adubação utilizada

(controle, orgânica, mineral ou combinada). Os teores foliares de magnésio obtidos neste estudo podem ser considerados como inadequados para a cultura do milho, pois ficaram abaixo da faixa de valores considerada adequada (2,5 a 4,0 g kg⁻¹), de acordo com o que foi estabelecido por Malavolta et al. (1997).

Tabela 4.18 – Teores foliares de magnésio em milho em função das safras e das doses de resíduos orgânicos aplicados, sem queima de resíduos

Resíduos orgânicos (Mg ha ⁻¹)	Saфра	
	2007	2008
	----- Mg Foliar (g kg ⁻¹) -----	
0	2,35 A	1,98 B
15	1,96 A	1,71 A
30	2,08 A	2,03 A
45	2,51 A	1,83 B

Para cada dose, médias seguidas da mesma maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. (CV₁= 13,29%; CV₂= 12,27%; CV₃= 12,68%; DMS = 0,32 g kg⁻¹).

Tabela 4.19 – Teores foliares de magnésio em milho em função do tipo de adubação empregada, sem queima de resíduos

Tipo de adubação	
AOM	AOE
----- Mg Foliar (g kg ⁻¹) -----	
1,94 B	2,16 A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva; (CV₁= 13,29%; CV₂= 12,27%; CV₃= 12,68%; DMS = 0,18 g kg⁻¹).

Os teores foliares de nitrogênio e cálcio não foram influenciados pelos tratamentos testados, o que difere de vários autores (FERREIRA et. al., 2001; LANGE et al., 2006) que observaram diferenças significativas entre os tipos de adubação quanto às variáveis consideradas.

4.6 CONCLUSÕES

Nos dois experimentos, apenas na segunda safra foi possível observar efeitos significativos do tipo de adubação, quando os maiores valores para produtividade, massa de 1.000 grãos, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e índice de espigas foram obtidos nas parcelas que receberam adubação organomineral;

Na área manejada com queima dos resíduos, apenas na segunda safra o teor foliar de N das plantas de milho reduziu significativamente com o aumento das doses de resíduos;

O teor foliar de fósforo nas plantas de milho foi maior na segunda safra nas subparcelas que receberam adubação organomineral, independentemente da queima dos resíduos;

Nos dois experimentos os teores foliares de potássio das plantas de milho foram maiores na segunda safra, independentemente do tipo de adubação e doses de resíduo.

5 ARTIGO C: NUTRIÇÃO MINERAL, COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO FEIJÃO EM ÁREAS MANEJADAS COM E SEM QUEIMA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO

5.1 RESUMO

A utilização de resíduos orgânicos na agricultura tem motivado o desenvolvimento de pesquisas que visam à sustentabilidade do processo de produção de alimentos, fibras e energia. Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação nos componentes de produção, teores foliares de macronutrientes e na produtividade da cultura do feijão (IPR Colibri e IPR Eldorado) em rotação com cultura do milho. Foram conduzidos dois experimentos: Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos, e Experimento II – sem queima dos resíduos. Para avaliar os componentes de produção, os teores foliares de macronutrientes e a produtividade foram conduzidos dois experimentos, utilizando-se duas cultivares de feijão do grupo carioca (IPR Colibri e IPR Eldorado): Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos e Experimento II – sem a queima dos resíduos. Para cada experimento, o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial 4 x 2, em que os fatores foram quatro doses de resíduos de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹), e dois tipos de adubação: adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica exclusiva (AOE) e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM). Os resultados obtidos permitiram concluir que os componentes da produção, os teores foliares de macronutrientes e a produtividade das cultivares de feijão IPR Colibri e IPR Eldorado, foram maiores nos tratamentos com adubação organomineral, independentemente da queima dos resíduos. Observou-se também que com adubação orgânica é possível obter produtividade do feijão superior à media da cultura no estado do Paraná.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Adubação orgânica. Fogo. Teores foliares.

5 ARTICLE C : MINERAL NUTRITION, COMPONENTS OF THE PRODUCTION AND PRODUCTIVITY OF BEAN CROPS IN AREAS MANAGED WITH AND WITHOUT OF BURNING OF ORGANIC RESIDUES AND DIFFERENT FERTILIZATION TYPES

5.2 ABSTRACT

The use of organic residues in agriculture has motivated the development of researches that seeks for the sustainability of the production of food, fibers and energy. Through a simulated situation of areas managed using the fire burning, this work was led with the objective of evaluate the effects of doses, burning of organic residues and fertilization types on the components of the production, foliate contents of macronutrients and on the productivity of two varieties of carioca beans plant (IPR Colibri and IPR Eldorado) cultivated in rotation system with corn crop. Two experiments were installed: Experiment I - with the burning of the residues and Experiment II - without the burning of the residues. For each experiment the adopted experimental delineation was a randomized block design with three repetitions in a in a 4x2 factorial arrangement, in which the factors were four doses of organic residues (0, 15, 30 and 45 Mg ha⁻¹) and two fertilization types (EOF: organic fertilization and OMF: organic mineral fertilization). The obtained results allowed to conclude that the components of the production, the foliate levels of macronutrients and both two beans varieties (IPR Colibri and IPR Eldorado) crops were larger in the blocks treated with organic mineral fertilization (OMF), independently of the burning of the residues. It was also observed that with organic fertilization it is possible to obtain higher beans productivity than the average usually recorded in Paraná state, Brazil.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Organic fertilization. Fire. Foliate tenors.

5.3 INTRODUÇÃO

As queimadas ainda são um problema comum na maioria das regiões brasileiras, principalmente para Amazônia, onde o uso do fogo para limpeza das áreas de cultivo ainda é prática rotineira. Nas demais regiões, o fogo ainda é utilizado no manejo de pastagens e no cultivo da cana-de-açúcar, visando o preparo da mesma para a colheita manual. O uso do fogo, embora necessário em algumas atividades, é uma prática condenável, uma vez que causa impactos negativos como o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, redução da atividade biológica e alteração das propriedades físicas e químicas dos solos.

De acordo com Sampaio et al. (2008), a derrubada e queima da mata ainda é a principal técnica de manejo rudimentar, praticada por pequenos, médios e grandes produtores da Amazônia. Segundo os autores, os motivos que justificam tal prática são diversos, pois a queima da vegetação proporciona uma elevação imediata, porém temporária, da fertilidade do solo, que permite o plantio e colheita de produtos de subsistência (arroz, feijão, mandioca e milho) por um período de no máximo dois anos, quando o estoque de cinzas é reduzido e a área é deixada em pousio para recompor sua vegetação, quando volta novamente a ser queimada, criando assim um ciclo vicioso de degradação ambiental.

O aproveitamento agrícola, *in natura* ou na forma de compostos, dos ramos e galhos resultantes da poda de árvores dos centros urbanos, pode e deve ser considerado como uma fonte de adubo orgânico para culturas diversas. Quando utilizado na forma *in natura* estes resíduos formam uma densa camada de fitomassa nas áreas de cultivo que além de proteger o solo contra a erosão, serve para estimular a atividade biológica, contribuindo decisivamente para o aumento natural, gradual e equilibrado da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Essa reciclagem de energia e nutrientes através do material orgânico representa uma forma de retenção e manutenção do carbono sequestrado no solo, minimizando assim as emissões de CO₂ para a atmosfera e contribuindo para a sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção agrícola.

Nas cidades, os restos de poda das árvores têm se tornado um problema, devido ao grande volume produzido. De acordo com a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (informação verbal)¹, o município de Londrina produz semanalmente cerca de 30 Mg de resíduos de poda, que são triturados e destinados à produção de composto orgânico.

¹ Do responsável pela coleta e processamentos de resíduos da CMTU (2008).

Coelho et al., (2007) relatam que no levantamento realizado em 16 municípios brasileiros no ano de 2006 pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), detectou-se que em aproximadamente 70% dos municípios, os resíduos orgânicos resultantes da poda das árvores urbanas, são descartados em lixões ou aterros sanitários. Os autores salientam ainda que a deposição indevida facilita a mistura destes com outros resíduos potencialmente perigosos, podendo causar impactos negativos na qualidade do ar, do solo e da água. Além disso, representa um desperdício de matéria orgânica que poderia ser reutilizada racionalmente nas áreas de produção de alimentos.

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa que faz parte da alimentação diária de milhões de pessoas no mundo e tem grande valor nutricional. A produção nacional em 2007 foi de 3.245.236 toneladas de grãos, e o estado do Paraná participou com 23,6% do total produzido, sendo o principal produtor nacional (IBGE, 2008).

De acordo com Vilela et al. (2006) a busca por alimentos naturais e cada vez mais saudáveis, associada ao crescimento da consciência de preservação ecológica, induziu o desenvolvimento da produção orgânica, e a expansão do mercado para estes produtos. A utilização do feijão em sistemas de rotação de culturas é também amplamente difundida, visto que os benefícios do uso de leguminosas nesses sistemas são conhecidos há bastante tempo. Assim como a utilização de leguminosas, a aplicação de resíduos orgânicos têm a finalidade de melhorar a fertilidade e a conservação dos solos e aumentar a produtividade das culturas, já que esta contribui para melhorar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas (CIOTTA et al., 2003).

Segundo Silveira e Stone (2003), o cultivo contínuo de uma espécie na mesma área pode redundar em perdas de produtividade das culturas devido à redução da fertilidade do solo e à maior incidência de pragas e doenças. A rotação de culturas é uma prática que pode minimizar esses problemas através da utilização de espécies com diferentes tipos de sistemas radiculares e capacidades diferenciadas de aportes de matéria seca. A intensidade das alterações depende do número e período de cultivo anual, bem como das espécies cultivadas.

Trabalhos recentes, como as pesquisas desenvolvidas por Souza et al. (2006) e Mendes et al. (2007), têm demonstrado a possibilidade do cultivo orgânico do feijão de forma contínua. Souza et al. (2006) demonstraram que a calagem e a adubação orgânica promoveram aumentos na produção de grãos, enquanto Mendes et al. (2007) observaram que no primeiro ano de cultivo a produtividade do feijão no sistema orgânico foi similar àquela obtida no sistema convencional.

Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação nos componentes de produção, teores foliares de macronutrientes e na produtividade da cultura do feijão (IPR Colibri e IPR Eldorado) em sucessão à cultura do milho.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com a cultura do feijão foram instalados na safra agrícola de 2007 na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina – (Londrina/PR - 23° 19' S; 51°11' W), em área de Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (GONÇALVES, 2007). As análises químicas de amostras de terra da camada superficial de 0 a 20 cm (PAVAN et al., 1992)⁽¹⁾ apresentaram os seguintes resultados: pH= 5,2; $K^+ = 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca^{2+} = 6,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{2+} = 1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Al^{3+} = 0,02 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $P = 8,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $COT = 14,0 \text{ g dm}^{-3}$. A análise granulométrica (EMBRAPA, 1997) apresentou valores de 786 g kg⁻¹ de argila total, 149 g kg⁻¹ de silte e 65 g kg⁻¹ de areia, o que resultou na classificação do solo como sendo de textura muito argilosa. Para avaliar os componentes de produção, os teores foliares de macronutrientes e a produtividade foram conduzidos dois experimentos, utilizando-se duas cultivares de feijão do grupo carioca (IPR Colibri e IPR Eldorado): Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos e Experimento II – sem a queima dos resíduos. Para cada experimento, o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial 4 x 2, em que os fatores foram quatro doses de resíduos de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹), e dois tipos de adubação adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica exclusiva (AOE) e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM). Na Tabela 5.1 é apresentada a constituição dos tratamentos utilizados nos experimentos com e sem queima de resíduos orgânicos.

A adubação mineral empregada na semeadura do feijão correspondeu à aplicação de 20, 22 e 25 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, de acordo com as recomendações apresentadas por Parra (2003). Aos 14 dias depois da emergência das plantas foi realizada adubação de cobertura com 60 kg ha⁻¹ de N.

¹ pH em $CaCl_2 0,01 \text{ Mol L}^{-1}$ (1:2,5), P (Mehlich 1), Ca, Mg e Al ($KCl 1,0 \text{ Mol L}^{-1}$), COT= Carbono orgânico total (Walkley-Black)

Tabela 5.1 – Constituição dos tratamentos utilizados nos experimentos com e sem queima de resíduos orgânicos

Doses de resíduos orgânicos (Mg ha ⁻¹)	Tipos de Adubação	Tratamentos
0	SA	0 – SA
	AM	0 – AM
15	AOE	15 – AOE
	AOM	15 – AOM
30	AOE	30 – AOE
	AOM	30 – AOM
45	AOE	45 – AOE
	AOM	45 – AOM

AM = adubação mineral; SA = sem adubação; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva

O resíduo orgânico empregado foi obtido da trituração de folhas e ramos resultantes da poda de árvores da cidade de Londrina. Foram realizadas determinações dos teores totais de nutrientes no resíduo, seguindo a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Os teores de lignina, celulose, hemicelulose e matéria seca foram determinados de acordo com a descrição de Silva (1990). Os resultados das análises realizadas estão apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Teores totais de macronutrientes, relação C:N, composição da parede celular e matéria seca (MS) do resíduo de poda utilizado no experimento

N	P	K	Ca	Mg	C	C:N	Lignina	Celulose	Hemicelulose	MS
----- g kg ⁻¹ -----						----- % -----				
8,1	0,98	3,8	6,9	1,2	420,0	52:1	40,2	52,9	6,0	91,0

Mediante peneiramento (peneiras com malhas de 2,0 e 4,0 mm), catação manual e pesagem foi realizada a separação dos componentes do resíduo orgânico utilizado, obtendo-se a seguinte composição: 42% de ramos, 13% de ramos finos, 8% de folhas trituradas, 29% de resíduos não identificáveis médios (2,0 mm > tamanho < 4,0 mm) e 8% de resíduos não identificáveis menores que 2,0 mm.

Em outubro de 2006, realizou-se a aplicação dos resíduos distribuindo-os superficialmente nas parcelas experimentais (4,0 x 3,0 m) nas doses previamente

estabelecidas. Em laboratório, estimou-se que a espessura da camada de resíduos formada após a distribuição dos mesmos na parcela, correspondeu a 0,6 ; 1,2 e 1,8 cm para as doses de 15, 30 e 45 a Mg ha⁻¹, respectivamente. No Experimento I, em que se empregou o manejo com fogo, os resíduos foram queimados logo após a distribuição nas parcelas. Neste caso, antes de atear fogo e para facilitar a queima, os resíduos foram aspergidos com álcool combustível não aditivado, na dose de 3,0 litros por parcela.

Cinco dias após a distribuição e queima dos resíduos, procedeu-se a semeadura manual da cultura do milho (cultivar IPR 114). Ao final do ciclo foi realizada a colheita manual das espigas e dobramento dos colmos à altura aproximada de 1,5 m, que assim permaneceram na área. Em março de 2007, cada parcela foi dividida em duas partes iguais. Cada parte passou então a representar as parcelas utilizadas para instalação dos experimentos com as cultivares de feijão referidas anteriormente. A semeadura do feijão foi realizada utilizando o espaçamento de 0,40 m entre linhas com densidade de 10 sementes úteis por metro, dispensando a necessidade de realização de desbaste. As duas fileiras centrais de cada parcela, desprezando 0,50 m das extremidades, foram utilizadas para avaliações.

Na Figura 5.1 são apresentados os dados de precipitação total e temperatura média mensal durante o período de condução dos experimentos.

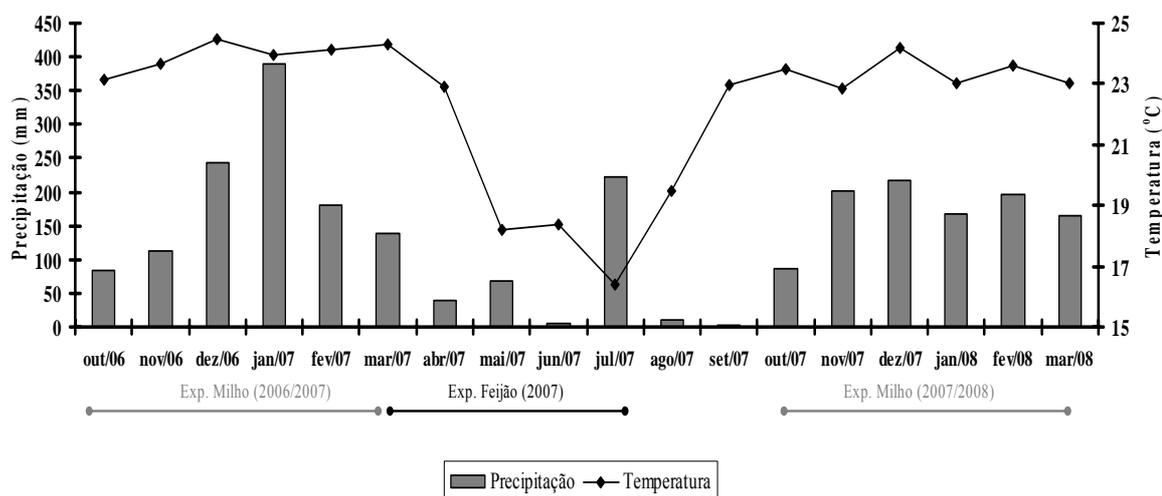


Figura 5.1 – Precipitação total e temperatura média mensal na região de Londrina no período de condução dos experimentos. Fonte: IAPAR.

Em cada experimento, 35 dias após a emergência das plantas (início do florescimento), 24 folhas completamente formadas (selecionadas a partir da extremidade da

haste principal) e com pecíolo, foram colhidas de cada parcela experimental. Posteriormente, foram lavadas, secas e analisadas quimicamente para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, seguindo a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Os componentes de produção: massa de grãos por planta (MGP), massa de 1.000 grãos (M1000G) e número de vagens por planta (NVP) foram determinados em cinco plantas colhidas na área útil de cada parcela. A produtividade (PROD) foi determinada transformando-se a massa de grãos obtida na área útil da parcela em kg ha^{-1} , após a correção da umidade para 13%.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% ou ajustados a equações de regressão, mediante emprego do programa SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000). Também foram realizadas análises de correlação de Pearson entre os valores de notas (0 a 9) relacionadas à incidência de antracnose e à produtividade, utilizando-se o programa SAS (SAS INSTITUTE, 1989).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Experimento I: Com a queima dos resíduos

5.5.1.1 Componentes da produção e produtividade

O emprego da adubação organomineral (AOM) propiciou aumentos significativos nos valores médios da massa de grãos por planta, massa de 1.000 grãos, número de vagens por planta e produtividade da cultura do feijão (Tabela 5.3). Os aumentos observados para a cultivar IPR Colibri, corresponderam a 37,9%, 63,3% e 34,3% para as variáveis PROD, MGP e NVP, respectivamente. Para a cultivar IPR Eldorado os aumentos foram de 91,8%, 96,9%, 12,1% e 66,0% para a PROD, MGP, M1000G e NVP, respectivamente. Apesar das produtividades máximas obtidas nos experimentos (IPR Colibri = $3.272,9 \text{ kg ha}^{-1}$ e IPR Eldorado = $2.763,3 \text{ kg ha}^{-1}$) terem ficado acima da produtividade média do feijão no estado do Paraná (IBGE, 2008) que é de 1.386 kg ha^{-1} , as mesmas ficaram abaixo do potencial produtivo de cada cultivar que é de 3.917 kg ha^{-1} para a IPR Colibri (IAPAR, 2004) e 2.948 kg ha^{-1} para a IPR Eldorado (IAPAR, 2007).

Tabela 5.3 – Produtividade (PROD), massa de grãos por planta (MGP), massa de 1.000 grãos (M1000G) e número de vagens por planta (NVP) do feijão em função do tipo de adubação para as cultivares IPR Colibri e IPR Eldorado, após queima de resíduos

Tipo de adubação	PROD	MGP	M1000G	NVP
	kg ha ⁻¹	-----g-----		
----- Cultivar IPR Colibri -----				
AOM	3.272,9 a	9,8 a	223,5 a	9,9 a
AOE	2.373,5 b	6,0 b	217,6 a	6,5 b
DMS	380,7	1,50	9,4	1,84
CV(%)	14,85	21,6	4,4	25,7
----- Cultivar IPR Eldorado -----				
AOM	2.763,3 a	6,3 a	184,4 a	8,8 a
AOE	1.440,7 b	3,2 b	164,5 b	5,3 b
DMS	665,2	1,29	12,8	1,3
CV(%)	35,6	30,6	8,4	21,3

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva.

A incidência de antracnose, provavelmente foi uma das causas da menor produtividade obtida em relação à produtividade média do Paraná, principalmente para a cultivar IPR Eldorado que obteve nota média de 6,1 para essa doença (escala de 0 a 9), enquanto na IPR Colibri a nota média foi de 1,5. Observou-se ainda correlação negativa entre a produtividade da cultivar IPR Eldorado e a ocorrência de antracnose ($r = -0,69$ e $r = -0,55$; $p < 0,05$) nas duas avaliações realizadas.

Os resultados observados para os efeitos da adubação organomineral estão de acordo com aqueles obtidos em diversas pesquisas desenvolvidas anteriormente. Os estudos de Andrade et al. (2004) indicaram que a aplicação de doses de N, P e K em três cultivares de feijão aumentaram significativamente a massa de 1.000 grãos, o número de vagens por planta e a produtividade do feijão.

É importante ressaltar que, além da ocorrência de doenças durante a fase reprodutiva da cultura, a precipitação acumulada no período foi de aproximadamente 1.500 mm (Figura 5.1). Os resultados do cultivo do feijão, realizado após a primeira safra de milho, foram obtidos após dez meses da aplicação e queima dos resíduos, período no qual a intensa precipitação pode ter contribuído para a redução no estoque de cinzas e de nutrientes da área. De acordo com Coutinho (1990) e Kauffman et al. (1994), em curto prazo, após a queima de

resíduos orgânicos, ocorre aumento na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Entretanto, o que se observa em cultivos subsequentes é uma brusca diminuição nos teores de nutrientes do solo, devido principalmente à lixiviação e a absorção dos mesmos pelas plantas cultivadas.

5.5.1.2 Teores foliares de macronutrientes

Quando foi utilizado exclusivamente o resíduo orgânico para adubação das parcelas, os teores foliares de nitrogênio nas duas cultivares permaneceram dentro dos níveis adequados (30 a 50 g kg⁻¹) sugeridos por Malavolta et al. (1997), enquanto que os teores de potássio ficaram acima dos níveis adequados (20 a 25 g kg⁻¹) (Tabela 5.4).

Os teores foliares de K na cultivar de feijão IPR Colibri aumentaram linearmente com as doses de resíduos orgânicos, ($\hat{y} = 26,512 + 0,1498x$ $r^2 = 0,57$), provavelmente devido à maior concentração desse elemento nas cinzas. Entretanto, nessa mesma cultivar, os teores de cálcio na planta foram afetados pela interação entre doses e tipos de adubação, sendo possível observar diferenças significativas somente entre as adubações em relação ao tratamento controle (dose zero).

Tabela 5.4 – Teores foliares de N, P, K e Mg do feijão em função do tipo de adubação, após queima de resíduos

Tipo de adubação	Teores foliares (g kg ⁻¹)			
	N	P	K	Mg
----- Cultivar IPR Colibri -----				
AOM	51,6 a	1,91 a	31,6 a	3,0 a
AOE	38,3 b	1,82 b	28,2 b	2,7 b
DMS	4,3	0,035	2,7	0,21
CV(%)	10,5	2,1	10,5	8,3
----- Cultivar IPR Eldorado -----				
AOM	55,8 a	1,89 a	32,8 a	2,35 a
AOE	39,6 b	1,83 a	29,1 b	2,15 a
DMS	4,8	0,065	2,6	0,20
CV(%)	10,6	4,0	8,8	10,4

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva.

Para os dois tipos de adubação utilizados, os teores foliares de Ca decresceram linearmente com as doses de resíduos orgânicos (AOM: $\hat{y} = 21,773 - 0,1055x$; $r^2 = 0,57$ e AOE: $\hat{y} = 23,276 - 0,1593x$; $r^2 = 0,93$). Estes resultados são semelhantes aos apresentados por Leal e Prado (2008), que também observaram aumento do teor foliar de cálcio no feijão, nos tratamentos com omissão de potássio, o que indica a ocorrência de uma grande competição entre o Ca e o K pelos sítios de absorção de nutrientes do sistema radicular, como demonstrado por Fernandes (2006).

No caso do fósforo e do magnésio, os teores foliares obtidos ficaram um pouco abaixo dos níveis considerados adequados (P: 2,0 a 3,0 g kg⁻¹, Mg: 4,0 a 7,0 g kg⁻¹) sugeridos por Malavolta et al. (1997), em todos os tratamentos testados, observando-se os maiores teores foliares desses elementos no feijão IPR Colibri com o uso de adubação organomineral. Entretanto, para a cultivar IPR Eldorado não foi possível observar diferenças significativas para fósforo e magnésio em relação aos tipos de adubação. Ressalta-se que na análise de solo realizada após a colheita do feijão, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos testados (dados não apresentados), e os teores obtidos encontrava-se em níveis adequados de acordo com as recomendações de Parra (2003).

5.5.2 Experimento II: Sem a queima dos resíduos

5.5.2.1 Componentes da produção e produtividade

Do mesmo modo que no Experimento I, o emprego da adubação organomineral (AOM) propiciou aumentos significativos nos valores médios da massa de grãos por planta, massa de 1.000 grãos, número de vagens por planta e produtividade da cultura (Tabela 5.5). Para a cultivar IPR Colibri os valores obtidos nos tratamentos com adubação organomineral (AOM) foram maiores em 63,2%, 7,2%, 96,6% e 72,7% para a PROD, MGP, M1000G e NVP, respectivamente, em relação à adubação orgânica (AOE). No caso da cultivar IPR Eldorado os aumentos corresponderam a 40,7%, 11,8%, 73,2% e 77,2% para a PROD, MGP, M1000G e NVP, respectivamente. Nesse experimento, as produtividades máximas obtidas também ficaram acima da produtividade média de 1.386 kg ha⁻¹ do estado do Paraná (IBGE, 2008) e abaixo do potencial produtivo das cultivares testadas, no caso 3.917 kg ha⁻¹ para a IPR Colibri (IAPAR, 2004) e 2.948 kg ha⁻¹ para a IPR Eldorado (IAPAR, 2007).

Uma das causas da menor produtividade nos tratamentos com adubação orgânica, foi a incidência de antracnose, principalmente na cultivar IPR Eldorado, que obteve nota média para essa doença de 6,1 (escala de 0 a 9), enquanto para a IPR Colibri a nota média foi de 2,1.

Tabela 5.5 – Produtividade (PROD), massa de grãos por planta (MGP), massa de 1.000 grãos (M1000G) e número de vagens por planta (NVP) do feijão em função do tipo de adubação para as cultivares IPR Colibri e IPR Eldorado, sem queima de resíduos

Tipo de adubação	PROD	MGP	M1000G	NVP
	kg ha ⁻¹	-----g-----		
----- Cultivar IPR Colibri -----				
AOM	3.645,5 a	224,2 a	11,4 a	11,4 a
AOE	2.233,4 b	209,2 b	5,8 b	6,6 b
DMS	302,0	11,6	1,79	1,62
CV(%)	11,28	5,93	23,12	19,27
----- Cultivar IPR Eldorado -----				
AOM	2.443,8 a	188,6 a	7,1 a	10,1 a
AOE	1.736,3 b	168,7 b	4,1 b	5,7 b
DMS	407,0	13,7	1,35	1,5
CV(%)	20,96	8,2	26,3	21,6

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva.

Os resultados relativos à produtividade do feijão estão de acordo com diversas pesquisas desenvolvidas nesse sentido (ANDRADE et al., 2004; ALMEIDA et al., 2000; ARF et al., 1999). Andrade et al. (2004) verificaram que a aplicação de doses de N, P e K em três cultivares de feijão aumentou significativamente a massa de 1.000 grãos, o número de vagens por planta e a produtividade da cultura. Almeida et al. (2000) obtiveram valores médios de produção de grãos da cultura do feijão significativamente maiores com a aplicação de N. Do mesmo modo, Arf et al. (1999) observaram que a adubação nitrogenada proporcionou a produção de maior massa de grãos em relação aos tratamentos sem esse nutriente.

A produtividade da cultivar IPR Colibri também variou com as doses de resíduo orgânico aplicadas ($\hat{y} = 2690,8 + 57,611x - 1,2626x^2$, $r^2 = 0,72$), com ponto de máximo estimado para a dose 22,8 Mg ha⁻¹ de resíduos orgânicos. Mesmo apresentando valores menores que o potencial produtivo das cultivares testadas, somente com a utilização da adubação orgânica (Tabela 5.5) foi possível obter produtividades superiores à média do

estado do Paraná. Vale ainda ressaltar que essas produtividades foram obtidas em um sistema de sucessão em que a cultura anterior, milho, é altamente exigente em nutrientes.

Considerando-se as quantidades de nutrientes contidas no resíduo orgânico utilizado (Tabela 5.2) foi possível estimar que foram aplicados com a menor dose testada (15 Mg ha⁻¹), quantidades totais equivalentes a 121,0, 14,5 e 56,8 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente. Somente para o fósforo a quantidade aplicada foi menor que a utilizada na adubação mineral (80, 22 e 25 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente). Para as maiores doses de resíduo, as quantidades de nutrientes aplicadas duplicaram ou triplicaram em relação às quantidades aplicadas via adubação mineral. Entretanto, cabe destacar, que os nutrientes contidos no resíduo não são prontamente disponíveis. Além disso, o resíduo orgânico utilizado continha cerca de 40% de lignina (Tabela 5.2), uma macromolécula de baixa degradabilidade segundo Moreira e Siqueira (2006). Os nutrientes contidos nos resíduos foram liberados de forma gradual, porém contínua, contribuindo de forma decisiva para obtenção das produtividades observadas. Este fato pode ser parcialmente confirmado pela observação dos resultados dos teores foliares de nutrientes (Tabela 5.6), que foram maiores nas subparcelas que receberam adubação organomineral (AOM).

As menores produtividades obtidas para as duas cultivares testadas, nos tratamentos com adubação orgânica, estão de acordo com Muchovej e Obreza (1996), que observaram que os resíduos orgânicos nem sempre substituem completamente a fertilização mineral e dependendo da dose aplicada, não suprem totalmente a necessidade de nutrientes das plantas, o que redundava em menores produtividades. Por outro lado, estudos realizados por Carvalho e Wanderley (2006) indicaram ser possível produzir feijão em sistema totalmente orgânico, alcançando produtividades semelhantes às obtidas no sistema convencional. Os autores observaram em trabalho desenvolvido no Distrito Federal, em área de produção orgânica, que as cultivares Marfim, Pérola, Aporé e Vereda sob irrigação e as cultivares Diamante Negro, Marfim, Pérola e Aporé cultivadas na época das águas, obtiveram produtividades superiores à média regional que é de 2.700 kg ha⁻¹ em culturas irrigadas e 2.300 kg ha⁻¹ em culturas sem irrigação.

5.5.2.2 Teores foliares de macronutrientes

Na Tabela 5.6, observa-se que para as duas cultivares, os teores foliares dos nutrientes estudados foram sempre maiores nas parcelas com adubação organomineral.

Mesmo quando foi utilizada adubação orgânica exclusiva, os teores foliares de nitrogênio ainda foram mantidos em níveis adequados (30 a 50 g kg⁻¹) de acordo com o que foi estabelecido por Malavolta et al. (1997). Porém, os teores de potássio ficaram acima dos níveis adequados (20 a 25 g kg⁻¹).

Tabela 5.6 – Teores foliares de N, P, K e Mg do feijão em função do tipo de adubação, sem queima de resíduos

Tipo de adubação	Teores foliares (g kg ⁻¹)			
	N	P	K	Mg
----- Cultivar IPR Colibri -----				
AOM	50,7 a	1,86 a	30,7 a	3,1 a
AOE	39,4 b	1,84 a	27,5 b	2,8 b
DMS	4,0	0,05	3,1	0,20
CV(%)	10,1	2,9	12,3	8,3
----- Cultivar IPR Eldorado -----				
AOM	57,3 a	1,92 a	33,4 a	2,4 a
AOE	40,2 b	1,78 b	26,6 b	2,0 b
DMS	7,6	0,1	3,4	0,33
CV(%)	15,8	5,5	11,5	17,1

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AOE = adubação orgânica exclusiva.

Os teores foliares de cálcio na cultivar IPR Colibri foram influenciados pelas doses de resíduos orgânicos, decrescendo com as mesmas ($\hat{y} = 22,699 - 0,0591x$; $r^2 = 0,54$), enquanto que os teores foliares de fósforo e magnésio ficaram um pouco abaixo dos níveis considerados adequados (P: 2,0 a 3,0 g kg⁻¹ e Mg: 4,0 a 7,0 g kg⁻¹) sugeridos por Malavolta et al. (1997).

A análise química do solo realizada após a colheita do feijão, não indicou diferenças significativas entre os tratamentos testados (dados não apresentados). Entretanto, os teores de fósforo e potássio encontravam-se em níveis adequados de acordo com o que foi estabelecido por Parra (2003).

5.6 CONCLUSÕES

A massa de grãos por planta, a massa de 1.000 grãos, o número de vagens por planta, os teores foliares de macronutrientes e a produtividade das cultivares de feijão IPR Colibri e IPR Eldorado foram maiores nos tratamentos com adubação organomineral, independentemente da queima dos resíduos;

Com adubação orgânica é possível obter produtividade do feijão superior à média do estado do Paraná.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos permitiram concluir que a utilização do fogo como técnica de manejo causa alterações negativas no carbono da biomassa microbiana, no quociente microbiano do solo, nos componentes da produção e produtividade das culturas de milho e feijão em sucessão.

O conteúdo de carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano do solo podem ser utilizados como indicadores no monitoramento dos efeitos danosos do fogo na qualidade do solo.

Embora a queima dos resíduos tenha aumentado os teores foliares de potássio nas plantas de milho e feijão, isto não implicou em aumento de produtividade, principalmente na cultura do milho, onde simultaneamente ocorreu redução nos teores foliares de nitrogênio.

Para as culturas de feijão e milho de segunda safra, as maiores produtividades foram obtidas quando se empregou a adubação organomineral, independentemente da queima de resíduos.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, R. M. C. M.; ARAÚJO, A. M. S.; LIMA, A. A.; HAIM, P. G.; SILVA, E. E. Avaliação da biomassa microbiana do solo em sistemas orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2., p.991-994, 2007.
- ALMEIDA, C.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.293-298, 2000.
- ALVAREZ, R.; SANTANATOGLIA, O. J.; GARCIA, R. Effect of temperature on soil microbial biomass and its metabolic quotient in situ under different tillage systems. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, p.227-230, 1995.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.21, p.471-479, 1989.
- ANDERSON, T.H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.98, p.285-293, 2003.
- ANDRADE, C. A. B.; PATRONI, S. M. S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C. A. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.5, p.1077-1086, 2004.
- ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v.23, p.66-75, 2007.
- ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999.
- ARNON, I. **Organomineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.
- BALOTTA, 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**, v.22, p.641-649, 1998.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.715-724, 2005.

BARTLETT, R.J.;ROSS, D.N. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p.1191-1192, 1998.

BASTOS, C.S. **Sistemas de adubação em cultivo de milho exclusivo e consorciado com feijão, afetando a produção, estado nutricional e incidência de insetos fitófagos e inimigos naturais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 117p. (Dissertação de Mestrado).

BRESSANI, R. Protein quality of high lysine maize for humans. **American Association Cereal Chemical**, v.36, n.9, p.806-811, 1991.

BÜLL, L.T. ; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

CARDOSO, M.O. Métodos para quantificação da biomassa microbiana do solo. **Revista Agropecuária Técnica**, v.25, n.1/2, p.1-12, 2004.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Carbono, nitrogênio, biomassa e atividade microbiana do solo de áreas em cronosseqüências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.621-632, 2008.

CARVALHO, P. W.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o plantio em sistema orgânico no distrito federal. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.605-611, 2007.

CARVALHO, Y. **Densidade e atividade dos micro-organismos do solo em plantio direto e convencional, na região de Carambeí – PR**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1997. 87p. (Dissertação de Mestrado)

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.133-142, 1990.

CATTELAN, A.J.; GAUDÊNCIO, C.A.; SILVA, T.A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os micro-organismos do solo, na cultura da soja em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.293-301, 1997.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B. e EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.1-4, 1985.

CIOTTA, M. N. et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, n.6, 2003.

COELHO, S. T.; CORTEZ, C. L.; GRISOLI, R. P. S.; GAVIOLI, F.; GOBATTO, D. CARMELO, S. Partial study management and impact of residues from urban pruning: study case in the concession areas of AES Eletropaulo, in Sao Paulo, Brazil. In: WORKSHOP INTERNACIONAL BRASIL-JAPÃO EM BIOCOMBUSTÍVEL, MEIO AMBIENTE E NOVOS PRODUTOS DA BIOMASSA, 5., 2007, Campinas. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 2007, p.125-140.

COLODRO G.; ESPÍNDOLA, C. R., CASSIOLATO, A.M.R.; ALVES, M.C. Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de esgoto **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.2, p.195-198, 2007.

CORDEIRO, L. Fixação do nitrogênio. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.76 - 93.

COSTA, E.S.; LUIZÃO, R.C.; LUIZÃO, F.J. Soil microbial biomass and organic carbon in reforested sites degraded by bauxite mining in the Amazon. **Advances in Geocology**, v. 31, p.443-450, 1998.

COSTA, O. V. **Estoque de carbono e indicadores de qualidade de solo de tabuleiro sob pastagem no sul da Bahia**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 64 p. (Tese de Doutorado).

COUTINHO, L.M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Brasília, v.12, n.68, p.22-30, 1990.

CRUZ, C.S ; PEREIRA, F.R.S ; SANTOS, J.R ; ALBUQUERQUE, A.W ; PEREIRA, R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.62-68, 2008.

DICK, D. P.; MARTINAZO, R.; DALMOLIN, R. S. D.; JACQUES, A. V. A.; MIELNICZUK, J. ; ROSA, A S . Impacto da queima nos atributos químicos e na composição da matéria orgânica do solo e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.663-640, 2008.

ECHER, F. R. Avaliação da eficiência energética e econômica em sistemas de produção de milho (*Zea mays* L.) sob manejo de base ecológica e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.974-977, 2007.

EDMEADES, D. C. The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. **Nutrients Cycling in Agroecosystem**, v.66, p.165-180, 2003.

EMBRAPA. **Alternativas para a prática das queimadas na agricultura. 2001.** Disponível em: <http://www.queimadas.cnpm.embrapa.br/qmd_2000/cartilha.htm>. Acesso em: 16 nov. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1997. 212 p. (Documentos, 1).

FEIGL, B. J.; FERNANDES, S. A. P.; RIZZO, R. T. Biomassa microbiana da serapilheira e do solo sob floresta e pastagem em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: SBSC, 1997. CD - ROM.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. B. M.; CRISPIM, S. M. A. . **Biomassa microbiana, carbono e nitrogênio do solo em pastagem nativa no Pantanal: efeito da queima.** Corumbá, Embrapa Pantanal, 2007. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,73).

FERNANDES, M. S. . **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. v. 1. 432 p.

FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais.** São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258.

GALDOS, M.V. **Dinâmica do carbono do solo no agroecossistema cana-de-açúcar.** Piracicaba, SP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 101p. (Tese de Doutorado).

GAMA-RODRIGUES, E.F.; RODRIGUES, A.C.G.; BARROS, N.F. Biomassa microbiana de carbono e nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.361-365, 1997.

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

GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.55-60, 1995.

GLOVER, J. D.; REGANOLD, J. P.; ANDREWS, P. K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystem & Environment**, v.80, p.29-45, 2000.

GOMES, J.A. **Efeito de adubações orgânica e organomineral sobre a produtividade do milho e sobre algumas características físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo**. Viçosa: UFV, 1995. 59p. (Tese Mestrado)

GONÇALVES, M.A. **Mapeamento de solos e diagnóstico de alterações físicas e morfológicas em área da fazenda escola – UEL**. Londrina, PR. Universidade Estadual de Londrina, 2007. 70p. (Trabalho de Conclusão de Curso)

GRISI, B.M.; GRAY, T.R.G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.109-115, 1986.

HART, P. B. S.; AUGUST, J. A.; WEST, A. W. Long-term consequences of topsoil mining on select biological and physical characteristics of two New Zealand loessial soils under grazed pasture. **Land Degradation**, 1:77- 88, 1989.

HERNANI, L.C.; SAKAI, E.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I.F. Influência de métodos de limpeza de terreno sob floresta secundária em latossolo amarelo do Vale do Ribeira, SP. II. Perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, n.2, p.215-219, 1987.

HOLLAND, E. A.; COLEMAN, D. C. Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem. **Ecology**, v. 69, p. 425-433, 1987.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultivar de feijão IPR Colibri: grupo carioca, ciclo precoce, porte ereto**. IAPAR: Londrina, 2004.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultivar de feijão IPR Eldorado**. IAPAR: Londrina, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemática da Produção Agrícola (2007/2008)**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200807_5.shtm
Acesso em: 15 ago. 2008.

JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, v.33, n.1, 2003.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N., ed. **Soil Biochemistry**. New York, Marcel Dekker, 1981. p.415-471.

KAUFFMAN, D.; CUMMINGS, D.; WARD, D. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**, v.82, n.3, p.519-531, 1994.

KAYLL, A.J. Use of fire in land management. In: KOLZLOWSKI, T.T. e AHLGREN, C.E. **Fire and ecosystems**. Academic Press, 1974. p.483-511.

KENNEDY, A.C. Rhizosphere. In: SYLVIA, D. M.; FUHRMANN, J.J.; HARTEL, P. G.; ZUBERER, D.A. **Principles and applications of soil microbiology**. 2ed. New Jersey: Pearson, 2005. p.242 - 262.

KHANNA P. K. ; RAISON R. J. ; FALKINER R. A. ; Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forest soils. **Forest ecology and management** . v.66, n.1-3, p.107-125, 1994

LANGE, A. ; CARVALHO, J. L.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; GUILHERME, L. R. G. ; MARQUES, J. J. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no Cerrado. **Revista Ceres**, v.53, p.171-178, 2006.

LEAL, R. M.; PRADO, R. M. Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.301-306, 2008.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.27, p.821-832, 2003.

LUCENA, L.F.C; OLIVEIRA, F.A; SILVA, I.F; ANDRADE, A.P. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.334-337, 2000.

LUIZAO, R. C. C.; COSTA, E. S.; LUIZÃO, F. J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações do nitrogênio do solo em uma seqüência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.29, p.43-56, 1999.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. . Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.39-44, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba- POTAFOS, 1997. p.164-165.

MALLIK, A.V.; GIMINGHAM, C.H.; RAHMAN, A.A. Ecological effects of heather burning. I. Water infiltration, moisture retention and porosity of surface soil. **Journal of Ecology**, v.72, n.3, p.767- 776, 1984.

MALUCHE-BARETA, C. R. D. **Diversidade microbiana em solos sob florestas de Araucaria angustifolia**. Piracicaba, SP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. 184p. (Tese de Doutorado)

MARCHIORI JUNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática de um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.257-263, 1999.

MARSARO JUNIOR, A. L.; LAZZARI, S.M.N.; SOUZA, J.L.; LAZZARI, F.A.; CANDIDO, L.M.B.; Influência de diferentes sistemas de adubação na composição nutricional do milho *Zea mays* L. (Poaceae) e seus efeitos no ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) no produto armazenado **Semina**, v. 28, n.1, p.51-64, 2007.

MEIRELLES, M.L. Efeito do fogo sobre a umidade do solo em área de campo sujo de cerrado. **Ciência e Cultura**, v.42, n.7, p.359-360, jul. 1990. Suplemento.

MELERO, S.; PORRAS, J. C. R.; HERENCIA, J. F.; MADEJON, E. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. **Soil & Tillage Research**, v.90, p.162-170, 2005.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. R. G.; FONTES, L. E. F.; CHAGAS, A. C.; LEMOS JÚNIOR, J. B. ; ANDRADE, R. P. . Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.1039-1050, 2006.

MENDES, F. F.; SANTOS, I. C.; FONTANÉTTI, A.; OLIVEIRA, L.R.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L. J. M.; TOLEDO, D.S. Produtividade de feijão de inverno em sistema orgânico em sucessão ao consórcio milho + leguminosas **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1338-1341, 2007.

MENDONÇA, F.C ; MEDEIROS, R.D ; BOTREL, T.A ; FRIZZONE, J.A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.1035-1044, out./dez. 1999. Suplemento.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1103-1110, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ed. Lavras, UFLA, 729p. 2006.

MUCHOVEJ, R. M. C.; OBREZA, T. A. Application of organic wastes in agriculture. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Org.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV/ DPS, p.901-914. 1996.

NARDOTO, G. B. ; BUSTAMANTE, Mercedes M C . Effects of fire on soil N dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p. 955-962, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Board on Science and Technology for International Development). 1988. **Quality-protein maize**. National Academy, Washington, D.C. 100 p.

NEPSTAD, D. C. ; ALENCAR, A.; MOREIRA, A. **A floresta em chamas: origens, impactos e prevenção do fogo na Amazônia.** Belém-PA: World Bank, 1999. 140 p.

OLIVEIRA, E. L. Milho. In: OLIVEIRA, E. L. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná.** Londrina, IAPAR, 2003. p.22-23. (IAPAR, Circular Técnica, 128).

OLIVEIRA, L.R. **Seleção de genitores de milho para sistema de produção orgânico.** Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2005. 41p. (Dissertação de Mestrado).

OWENSBY, C.; WYRILL, J. Effects of range burning on Kansas Flint Hills Soil. **Journal of Range Management**, v.26, n.3, p.185-188, 1973.

PARRA, M. S. Feijão. In: OLIVEIRA, E. L. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná.** Londrina, IAPAR, 2003. p.17-18. (IAPAR, Circular Técnica, 128).

PATERNIANI, E. Métodos tradicionais de melhoramento do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H., **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS, p.23-43, 1993.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.D.M.; ZEMOULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade.** Londrina, IAPAR, 1992. 40p. (IAPAR, Circular Técnica, 76).

PFENNING, L.; EDUARDO, B. P.; CERRI, C. C. Os métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração na estimativa da biomassa microbiana em solos da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.31-37, 1992.

POMIANOSKI, D. J. W.; DEDECEK, R. A.; VILCAHUAMAN L. J. M. Efeito do fogo nas características químicas e biológicas do solo no sistema agroflorestal da bracatinga. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.52, p.93-118, 2006.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, 19:159-164, 1987.

PRADO, R. de M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.83-90, 2001.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química de solos para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

ROMANO, M. R.; VERBURG, N.; ANDRADE, J. M.; ROCHA, C. H. . Desempenho de cinco variedades de milho crioulo em diferentes sistemas de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.808-811, 2007.

ROSCOE, R; MERCANTE, F.M.; MENDES, I.C.; REIS JÚNIOR, F.B.; FRANCHINI, J.C.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.163-198.

RUIVO, M.L.P.; BARROS, N.F. ; SCHAEFER, C.E.R. Relações da biomassa microbiana do solo com características químicas de frações orgânicas e minerais do solo após exploração mineral na Amazônia Oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais**, v.2, n.2, p.121-131, 2006.

SÁ, J.C.M. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 141p. (Tese de Doutorado)

SAMPAIO, C.A.; KATO, O.R.; NASCIMENTO-E-SILVA, D. Sistema de corte e trituração da capoeira sem queima com alternativa de uso da terra, rumo à sustentabilidade florestal no nordeste paraense. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.2, n.1, p. 41-53, 2008.

SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; JUCKSCH I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1161-1170, 2003.

SANTOS, D.; BAHIA, V.G.; TEIXEIRA, W.G. Queimadas e erosão do solo. **Informe Agropecuário**, v.16, n.176, p.62-68, 1992.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT: User's guide**, version 6. 4.ed. Cary, 1989. v.1. 943p.

SHARROW, S.H.; WRIGHT, H.A. Effects of fire, ash, and litter on soil nitrate, temperature, moisture, and tobosagrass production in the rolling plains. **Journal of Range Management**, v.30, n.4, p.266- 270, 1977.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p.

SILVA, E.C.; GALVÃO, J.C.C; MIRANDA, G.V.; ARAÚJO, G.A. A. Produtividade do milho após 13 anos de aplicações contínuas de adubações orgânica e mineral. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, Viçosa, 1998. **Resumos...**, Viçosa, UFV, 1998, 321p.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.275 - 374.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1755-1761, 2007.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2 p.240-244, 2003.

SKJEMSTAD, J.O.; TAYLOR, J.A.; SMERNIK, R.J. Estimation of charcoal (char) in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.30, p.2283-2298, 1999.

SMYTH, T.J.; BASTOS, J.B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.127-132. 1984.

SOARES, E.M.B. **Impacto de aplicações sucessivas de lodo de esgoto sobre os compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com milho**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005. 96 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, R. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; MACIEL, C. D.; CAMPO, R. J. ; ZAIA, D. A. M. Conjunto mínimo de parâmetros para avaliação da microbiota do solo e da fixação biológica do nitrogênio pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.83-91, 2008.

SOUZA, R. F. de ; FAQUIN, V. ; Fernandes, L.A. ; AVILA, F.W. . Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influência da calagem e adubação orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.656-664, 2006.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.271-278, 2005.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter, **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

STICKLER, F.C.; SHARADER, W.D.; JOHNSON, I.J. Comparative value of legumes and fertilizer nitrogen for corn production. **Agronomy Journal**, v.51, n.3, p.157- 160, 1959.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C., BOHEN, H.;VOLKSWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, 1995.174p. (UFRGS, Boletim Técnico, 5).

TOLEDO, M. B.; BUSH, M. B. A Holocene pollen record of savanna establishment in coastal Amapá. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.80, p.341-351, 2008.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Micro-organismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V.,V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002. v.II. p.195-276.

TOZETTI, A. D. ; BILLIA, R. C. ; SILVA, C. ; CERVIGNI, G. ; GOMES, O. M. T. Avaliação de progênies de milho na presença e ausência de adubo. In: VII Simpósio de Ciências Aplicadas da FAEF, 2004, Garça. **Anais**. VII Simpósio de Ciências Aplicadas da FAEF. Garça : Associação Cultural e Educacional de Garça/ACEG, 2004. v.1. p.41-46.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F.M.S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2007, v.31, n.5, p.1173-1184.

TU, C.; RISTAINO, J. B.; HU, S. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: effects of organic inputs and straw mulching. **Soil Biology & Biochemistry**, v.38, p.247-255, 2006.

ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.159, n.1, p.157-163, 1995.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S.. An extraction method for measuring soil microbial biomass C., **Soil Biology & Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.

VENZKE FILHO, S. P. ; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais - Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 599, 2008.

VILELA, N. J. ; RESENDE, F.V ; MEDEIROS, M. A . **Evolução e cadeia produtiva da agricultura orgânica**. (Brasília, Embrapa Hortaliças, 2006. 8p. Circular Técnica 45).

WARDLE, D.A. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: A global-scale synthesis. **Soil Biology & Biochemistry** , v.30, p.1627-1637, 1998.

XAVIER, F.A.S ; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba - CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, n.30, p.247-258, 2006.

YOUNG, V. R. & P. L. PELLETT. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. **American Journal Clinical Nutrition.**, v.59 (suppl.), p.1203S-1212S, 1994.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Quadros de análise de variância

1 ANALISES DE VARIÂNCIA ARTIGO A

1.1 EXPERIMENTO COM A QUEIMA DE RESIDUOS

1.1.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA (CBIO)

Variável analisada: CBIO

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	1557.017222	778.508611	0.127	0.8827
DOSE	3	1006339.425208	335446.475069	54.884	0.0001
erro 1	6	36671.588333	6111.931389		
ADUBO	1	12560.805625	12560.805625	2.231	0.1859
DOSE*ADUBO	3	40492.947431	13497.649144	2.397	0.1667
erro 2	6	33783.192778	5630.532130		
EPOCA	5	1786627.674514	357325.534903	64.279	0.0000
DOSE*EPOCA	15	3392998.738542	226199.915903	40.691	0.0000
ADUBO*EPOCA	5	83539.627292	16707.925458	3.006	0.0153
DOSE*ADUBO*EPOCA	15	373651.867986	24910.124532	4.481	0.0000
erro 3	82	455834.675000	5558.959451		
Total corrigido	143	7224057.559931			
CV 1 (%) =	18.44				
CV 2 (%) =	17.70				
CV 3 (%) =	17.59				
Média geral:	423.8506944	Número de observações:	144		

1.1.2 CARBONO ORGANICO TOTAL (COT)

Variável analisada: COT

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	44.420000	22.210000	1.522	0.2921
DOSE	3	62.746875	20.915625	1.433	0.3230
erro 1	6	87.583333	14.597222		
ADUBO	1	7.608403	7.608403	3.555	0.1083
DOSE*ADUBO	3	27.398542	9.132847	4.267	0.0619
erro 2	6	12.841667	2.140278		
EPOCA	5	719.848958	143.969792	49.833	0.0000
DOSE*EPOCA	15	202.410208	13.494014	4.671	0.0000
ADUBO*EPOCA	5	9.934514	1.986903	0.688	0.6341
DOSE*ADUBO*EPOCA	15	53.860208	3.590681	1.243	0.2582
erro 3	82	236.901667	2.889045		
Total corrigido	143	1465.554375			
CV 1 (%) =	24.67				
CV 2 (%) =	9.44				
CV 3 (%) =	10.97				
Média geral:	15.4895833	Número de observações:	144		

1.1.3 QUOCIENTE MICROBIANO (QMIC)

Variável analisada: QMIC

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	1.589560	0.794780	1.235	0.3554
DOSE	3	37.104374	12.368125	19.225	0.0018
erro 1	6	3.860107	0.643351		
ADUBO	1	1.847334	1.847334	5.347	0.0601
DOSE*ADUBO	3	5.404830	1.801610	5.215	0.0414
erro 2	6	2.072893	0.345482		
EPOCA	5	214.515695	42.903139	119.520	0.0000
DOSE*EPOCA	15	174.528847	11.635256	32.414	0.0000
ADUBO*EPOCA	5	3.929162	0.785832	2.189	0.0632
DOSE*ADUBO*EPOCA	15	20.517924	1.367862	3.811	0.0000
erro 3	82	29.434974	0.358963		
Total corrigido	143	494.805699			
CV 1 (%) =	27.66				
CV 2 (%) =	20.27				
CV 3 (%) =	20.66				
Média geral:	2.8999306		Número de observações:	144	

1.2 EXPERIMENTO SEM QUEIMA DE RESIDUOS

1.2.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA (CBIO)

Variável analisada: CBIO

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	22225.575556	11112.787778	5.252	0.0481
DOSE	3	769655.188333	256551.729444	121.246	0.0000
erro 1	6	12695.806667	2115.967778		
ADUBO	1	3729.137778	3729.137778	0.590	0.4714
DOSE*ADUBO	3	176782.756111	58927.585370	9.328	0.0112
erro 2	6	37902.418889	6317.069815		
EPOCA	5	2165227.233056	433045.446611	50.635	0.0000
DOSE*EPOCA	15	2950423.190833	196694.879389	22.999	0.0000
ADUBO*EPOCA	5	415170.069722	83034.013944	9.709	0.0000
DOSE*ADUBO*EPOCA	15	634189.573056	42279.304870	4.944	0.0000
erro 3	82	701294.592222	8552.373076		
Total corrigido	143	7889295.542222			
CV 1 (%) =	9.61				
CV 2 (%) =	16.60				
CV 3 (%) =	19.32				
Média geral:	478.6888889	Número de observações:	144		

1.2.2 CARBONO ORGANICO TOTAL (COT)

Variável analisada: COT

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	18.020556	9.010278	1.498	0.2967
DOSE	3	153.592986	51.197662	8.511	0.0139
erro 1	6	36.093889	6.015648		
ADUBO	1	3.900625	3.900625	4.655	0.0743
DOSE*ADUBO	3	5.735764	1.911921	2.282	0.1793
erro 2	6	5.027778	0.837963		
EPOCA	5	856.219514	171.243903	31.308	0.0000
DOSE*EPOCA	15	209.919097	13.994606	2.559	0.0036
ADUBO*EPOCA	5	61.257292	12.251458	2.240	0.0580
DOSE*ADUBO*EPOCA	15	132.991319	8.866088	1.621	0.0859
erro 3	82	448.511111	5.469648		
Total corrigido	143	1931.269931			
CV 1 (%) =	15.33				
CV 2 (%) =	5.72				
CV 3 (%) =	14.62				
Média geral:	16.0006944	Número de observações:	144		

1.2.3 QUOCIENTE MICROBIANO (QMIC)

Variável analisada: QMIC

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	1.202518	0.601259	3.293	0.1083
DOSE	3	33.422230	11.140743	61.020	0.0001
erro 1	6	1.095460	0.182577		
ADUBO	1	0.000201	0.000201	0.001	0.9789
DOSE*ADUBO	3	6.672441	2.224147	8.453	0.0142
erro 2	6	1.578665	0.263111		
EPOCA	5	275.416353	55.083271	109.760	0.0000
DOSE*EPOCA	15	109.125399	7.275027	14.496	0.0000
ADUBO*EPOCA	5	16.669853	3.333971	6.643	0.0000
DOSE*ADUBO*EPOCA	15	25.414155	1.694277	3.376	0.0002
erro 3	82	41.151890	0.501852		
Total corrigido	143	511.749166			
CV 1 (%) =	13.37				
CV 2 (%) =	16.05				
CV 3 (%) =	22.16				
Média geral:	3.1967361	Número de observações:	144		

2 ANÁLISES DE VARIÂNCIA ARTIGO B

2.1 EXPERIMENTO COM QUEIMA DE RESÍDUOS

2.1.1 PRODUTIVIDADE DE MILHO (PROD)

Variável analisada: PROD

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	2577892.332917	1288946.166458	1.058	0.4039
DOSE	3	4568521.630833	1522840.543611	1.250	0.3718
erro 1	6	7307344.695417	1217890.782569		
ADUBO	1	6000026.340833	6000026.340833	28.822	0.0017
DOSE*ADUBO	3	777877.284167	259292.428056	1.246	0.3732
erro 2	6	1249059.337083	208176.556181		
SAFRA	1	7804823.107500	7804823.107500	18.618	0.0004
DOSE*SAFRA	3	764882.164167	254960.721389	0.608	0.6183
ADUBO*SAFRA	1	6078060.340833	6078060.340833	14.499	0.0013
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	1086843.150833	362281.050278	0.864	0.4776
erro 3	18	7545778.054583	419209.891921		
Total corrigido	47	45761108.439167			
CV 1 (%) =	14.32				
CV 2 (%) =	5.92				
CV 3 (%) =	8.40				
Média geral:	7704.7708333		Número de observações:	48	

2.1.2 MASSA DE 1000 GRÃOS (M1000G)

Variável analisada: M1000G

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	603.647429	301.823715	1.630	0.2720
DOSE	3	2075.201750	691.733917	3.736	0.0796
erro 1	6	1110.932787	185.155465		
ADUBO	1	1114.384133	1114.384133	4.350	0.0821
DOSE*ADUBO	3	1075.627383	358.542461	1.400	0.3313
erro 2	6	1537.021679	256.170280		
SAFRA	1	220.163333	220.163333	1.650	0.2152
DOSE*SAFRA	3	387.932883	129.310961	0.969	0.4288
ADUBO*SAFRA	1	1590.682133	1590.682133	11.923	0.0028
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	1002.588017	334.196006	2.505	0.0918
erro 3	18	2401.439237	133.413291		
Total corrigido	47	13119.620767			
CV 1 (%) =	3.62				
CV 2 (%) =	4.26				
CV 3 (%) =	3.07				
Média geral:	375.8591667		Número de observações:	48	

2.1.3 ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA (AE)

Variável analisada: AE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.039629	0.019815	4.963	0.0535
DOSE	3	0.078890	0.026297	6.587	0.0251
erro 1	6	0.023954	0.003992		
ADUBO	1	0.141919	0.141919	24.040	0.0027
DOSE*ADUBO	3	0.024023	0.008008	1.356	0.3424
erro 2	6	0.035421	0.005903		
SAFRA	1	0.111169	0.111169	33.995	0.0000
DOSE*SAFRA	3	0.003306	0.001102	0.337	0.7988
ADUBO*SAFRA	1	0.052669	0.052669	16.106	0.0008
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.024606	0.008202	2.508	0.0915
erro 3	18	0.058862	0.003270		
Total corrigido	47	0.594448			
CV 1 (%) =	7.27				
CV 2 (%) =	8.84				
CV 3 (%) =	6.58				
Média geral:	0.8689583	Número de observações:	48		

2.1.4 ALTURA DE PLANTA (AP)

Variável analisada: AP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.077150	0.038575	7.767	0.0216
DOSE	3	0.180556	0.060185	12.118	0.0059
erro 1	6	0.029800	0.004967		
ADUBO	1	0.268502	0.268502	35.616	0.0010
DOSE*ADUBO	3	0.024873	0.008291	1.100	0.4192
erro 2	6	0.045233	0.007539		
SAFRA	1	0.042602	0.042602	6.076	0.0240
DOSE*SAFRA	3	0.014473	0.004824	0.688	0.5710
ADUBO*SAFRA	1	0.242252	0.242252	34.548	0.0000
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.005123	0.001708	0.244	0.8649
erro 3	18	0.126217	0.007012		
Total corrigido	47	1.056781			
CV 1 (%) =	3.97				
CV 2 (%) =	4.89				
CV 3 (%) =	4.72				
Média geral:	1.7756250	Número de observações:	48		

2.1.5 INDÍCE DE ESPIGA (IE)

Variável analisada: IE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.005000	0.002500	3.488	0.0988
DOSE	3	0.003806	0.001269	1.770	0.2525
erro 1	6	0.004300	0.000717		
ADUBO	1	0.015052	0.015052	5.360	0.0598
DOSE*ADUBO	3	0.000856	0.000285	0.102	0.9562
erro 2	6	0.016850	0.002808		
SAFRA	1	0.046252	0.046252	16.836	0.0007
DOSE*SAFRA	3	0.014356	0.004785	1.742	0.1943
ADUBO*SAFRA	1	0.002552	0.002552	0.929	0.3479
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.006356	0.002119	0.771	0.5251
erro 3	18	0.049450	0.002747		
Total corrigido	47	0.164831			
CV 1 (%) =	2.81				
CV 2 (%) =	5.56				
CV 3 (%) =	5.50				
Média geral:	0.9531250	Número de observações:	48		

2.1.6 TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N)

Variável analisada: N

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	3.822917	1.911458	0.321	0.7372
DOSE	3	83.992292	27.997431	4.700	0.0512
erro 1	6	35.742083	5.957014		
ADUBO	1	25.085208	25.085208	8.828	0.0249
DOSE*ADUBO	3	24.515625	8.171875	2.876	0.1254
erro 2	6	17.048750	2.841458		
SAFRA	1	12.916875	12.916875	1.662	0.2136
DOSE*SAFRA	3	146.087292	48.695764	6.266	0.0042
ADUBO*SAFRA	1	20.671875	20.671875	2.660	0.1203
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	28.382292	9.460764	1.217	0.3321
erro 3	18	139.879583	7.771088		
Total corrigido	47	538.144792			
CV 1 (%) =	6.66				
CV 2 (%) =	4.60				
CV 3 (%) =	7.61				
Média geral:	36.6229167	Número de observações:	48		

2.1.7 TEOR DE FÓSFORO FOLIAR (P)

Variável analisada: P

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.387917	0.193958	1.504	0.2955
DOSE	3	1.265625	0.421875	3.271	0.1009
erro 1	6	0.773750	0.128958		
ADUBO	1	0.285208	0.285208	7.045	0.0378
DOSE*ADUBO	3	1.333958	0.444653	10.983	0.0075
erro 2	6	0.242917	0.040486		
SAFRA	1	1.300208	1.300208	13.859	0.0016
DOSE*SAFRA	3	0.362292	0.120764	1.287	0.3090
ADUBO*SAFRA	1	0.000208	0.000208	0.002	0.9629
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.778958	0.259653	2.768	0.0717
erro 3	18	1.688750	0.093819		
Total corrigido	47	8.419792			
CV 1 (%) =	10.11				
CV 2 (%) =	5.66				
CV 3 (%) =	8.62				
Média geral:	3.5520833	Número de observações:	48		

2.1.8 TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR (K)

Variável analisada: K

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	21.671250	10.835625	2.005	0.2153
DOSE	3	79.942292	26.647431	4.931	0.0465
erro 1	6	32.422083	5.403681		
ADUBO	1	11.116875	11.116875	1.952	0.2119
DOSE*ADUBO	3	34.375625	11.458542	2.012	0.2139
erro 2	6	34.176250	5.696042		
SAFRA	1	1562.941875	1562.941875	388.557	0.0000
DOSE*SAFRA	3	25.917292	8.639097	2.148	0.1297
ADUBO*SAFRA	1	4.141875	4.141875	1.030	0.3237
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	48.483958	16.161319	4.018	0.0237
erro 3	18	72.403750	4.022431		
Total corrigido	47	1927.593125			
CV 1 (%) =	7.21				
CV 2 (%) =	7.41				
CV 3 (%) =	6.22				
Média geral:	32.2187500	Número de observações:	48		

2.1.9 TEOR DE CÁLCIO FOLIAR (Ca)

Variável analisada: Ca

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	2.135000	1.067500	3.598	0.0940
DOSE	3	3.615000	1.205000	4.062	0.0681
erro 1	6	1.780000	0.296667		
ADUBO	1	0.300833	0.300833	0.562	0.4819
DOSE*ADUBO	3	2.154167	0.718056	1.341	0.3466
erro 2	6	3.213333	0.535556		
SAFRA	1	0.120000	0.120000	0.305	0.5873
DOSE*SAFRA	3	2.285000	0.761667	1.939	0.1595
ADUBO*SAFRA	1	0.800833	0.800833	2.038	0.1705
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.034167	0.011389	0.029	0.9933
erro 3	18	7.071667	0.392870		
Total corrigido	47	23.510000			
CV 1 (%) =	10.95				
CV 2 (%) =	14.71				
CV 3 (%) =	12.60				
Média geral:	4.9750000	Número de observações:	48		

2.1.10 TEOR DE MAGNÉSIO FOLIAR (Mg)

Variável analisada: Mg

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.240417	0.120208	1.473	0.3017
DOSE	3	0.227292	0.075764	0.929	0.4825
erro 1	6	0.489583	0.081597		
ADUBO	1	0.500208	0.500208	8.773	0.0252
DOSE*ADUBO	3	0.267292	0.089097	1.563	0.2932
erro 2	6	0.342083	0.057014		
SAFRA	1	1.435208	1.435208	23.317	0.0001
DOSE*SAFRA	3	0.052292	0.017431	0.283	0.8369
ADUBO*SAFRA	1	0.005208	0.005208	0.085	0.7745
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.132292	0.044097	0.716	0.5550
erro 3	18	1.107917	0.061551		
Total corrigido	47	4.799792			
CV 1 (%) =	13.95				
CV 2 (%) =	11.66				
CV 3 (%) =	12.11				
Média geral:	2.0479167	Número de observações:	48		

2.2 EXPERIMENTO SEM QUEIMA DE RESÍDUOS

2.2.1 PRODUTIVIDADE DE MILHO (PROD)

Variável analisada: PROD

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	2516647.673750	1258323.836875	7.891	0.0209
DOSE	3	5465323.424167	1821774.474722	11.425	0.0068
erro 1	6	956724.514583	159454.085764		
ADUBO	1	11082059.800833	11082059.800833	28.561	0.0018
DOSE*ADUBO	3	174098.744167	58032.914722	0.150	0.9263
erro 2	6	2328072.779583	388012.129931		
SAFRA	1	7010312.467500	7010312.467500	15.706	0.0009
DOSE*SAFRA	3	1747730.374167	582576.791389	1.305	0.3034
ADUBO*SAFRA	1	4347282.940833	4347282.940833	9.739	0.0059
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	510127.894167	170042.631389	0.381	0.7679
erro 3	18	8034426.358750	446357.019931		
Total corrigido	47	44172806.972500			
CV 1 (%) =	5.14				
CV 2 (%) =	8.02				
CV 3 (%) =	8.60				
Média geral:	7765.9375000	Número de observações:	48		

2.2.2 MASSA DE 1000 GRÃOS (M1000G)

Variável analisada: M1000G

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	196.260779	98.130390	0.642	0.5589
DOSE	3	216.998350	72.332783	0.473	0.7121
erro 1	6	916.994988	152.832498		
ADUBO	1	2313.518700	2313.518700	16.660	0.0065
DOSE*ADUBO	3	63.522817	21.174272	0.152	0.9244
erro 2	6	833.188446	138.864741		
SAFRA	1	66.740833	66.740833	0.262	0.6148
DOSE*SAFRA	3	247.432217	82.477406	0.324	0.8079
ADUBO*SAFRA	1	474.266133	474.266133	1.864	0.1890
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	631.336483	210.445494	0.827	0.4961
erro 3	18	4580.750921	254.486162		
Total corrigido	47	10541.010667			
CV 1 (%) =	3.22				
CV 2 (%) =	3.07				
CV 3 (%) =	4.16				
Média geral:	383.8416667	Número de observações:	48		

2.2.3 ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA (AE)

Variável analisada: AE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.060467	0.030233	3.876	0.0831
DOSE	3	0.072906	0.024302	3.116	0.1097
erro 1	6	0.046800	0.007800		
ADUBO	1	0.217352	0.217352	65.698	0.0002
DOSE*ADUBO	3	0.006656	0.002219	0.671	0.6005
erro 2	6	0.019850	0.003308		
SAFRA	1	0.062352	0.062352	26.839	0.0001
DOSE*SAFRA	3	0.010490	0.003497	1.505	0.2471
ADUBO*SAFRA	1	0.019602	0.019602	8.438	0.0094
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.006406	0.002135	0.919	0.4515
erro 3	18	0.041817	0.002323		
Total corrigido	47	0.564698			
CV 1 (%) =	9.92				
CV 2 (%) =	6.46				
CV 3 (%) =	5.41				
Média geral:	0.8902083	Número de observações:	48		

2.2.4 ALTURA DE PLANTA (AP)

Variável analisada: AP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.098617	0.049308	5.163	0.0496
DOSE	3	0.097656	0.032552	3.409	0.0939
erro 1	6	0.057300	0.009550		
ADUBO	1	0.435102	0.435102	67.955	0.0002
DOSE*ADUBO	3	0.028040	0.009347	1.460	0.3166
erro 2	6	0.038417	0.006403		
SAFRA	1	0.092752	0.092752	16.955	0.0006
DOSE*SAFRA	3	0.023656	0.007885	1.441	0.2637
ADUBO*SAFRA	1	0.191269	0.191269	34.964	0.0000
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.003873	0.001291	0.236	0.8702
erro 3	18	0.098467	0.005470		
Total corrigido	47	1.165148			
CV 1 (%) =	5.50				
CV 2 (%) =	4.50				
CV 3 (%) =	4.16				
Média geral:	1.7772917	Número de observações:	48		

2.2.5 INDÍCE DE ESPIGA (IE)

Variável analisada: IE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.008829	0.004415	2.571	0.1562
DOSE	3	0.003790	0.001263	0.736	0.5679
erro 1	6	0.010304	0.001717		
ADUBO	1	0.011102	0.011102	3.100	0.1288
DOSE*ADUBO	3	0.000006	0.000002	0.001	1.0000
erro 2	6	0.021488	0.003581		
SAFRA	1	0.029502	0.029502	8.156	0.0105
DOSE*SAFRA	3	0.020873	0.006958	1.923	0.1620
ADUBO*SAFRA	1	0.019602	0.019602	5.419	0.0318
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.011940	0.003980	1.100	0.3747
erro 3	18	0.065113	0.003617		
Total corrigido	47	0.202548			
CV 1 (%) =	4.30				
CV 2 (%) =	6.21				
CV 3 (%) =	6.24				
Média geral:	0.9639583	Número de observações:	48		

2.2.6 TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N)

Variável analisada: N

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.645417	0.322708	0.031	0.9692
DOSE	3	112.204167	37.401389	3.646	0.0832
erro 1	6	61.554583	10.259097		
ADUBO	1	18.007500	18.007500	3.939	0.0944
DOSE*ADUBO	3	33.424167	11.141389	2.437	0.1626
erro 2	6	27.429583	4.571597		
SAFRA	1	8.333333	8.333333	1.224	0.2832
DOSE*SAFRA	3	47.905000	15.968333	2.345	0.1071
ADUBO*SAFRA	1	22.963333	22.963333	3.372	0.0829
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	9.128333	3.042778	0.447	0.7225
erro 3	18	122.563750	6.809097		
Total corrigido	47	464.159167			
CV 1 (%) =	8.88				
CV 2 (%) =	5.93				
CV 3 (%) =	7.23				
Média geral:	36.0708333	Número de observações:	48		

2.2.7 TEOR DE FÓSFORO FOLIAR (P)

Variável analisada: P

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.533750	0.266875	1.649	0.2688
DOSE	3	1.310625	0.436875	2.699	0.1389
erro 1	6	0.971250	0.161875		
ADUBO	1	2.125208	2.125208	36.476	0.0009
DOSE*ADUBO	3	0.207292	0.069097	1.186	0.3912
erro 2	6	0.349583	0.058264		
SAFRA	1	0.385208	0.385208	5.366	0.0325
DOSE*SAFRA	3	0.520625	0.173542	2.418	0.0998
ADUBO*SAFRA	1	0.541875	0.541875	7.549	0.0132
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.590625	0.196875	2.743	0.0734
erro 3	18	1.292083	0.071782		
Total corrigido	47	8.828125			
CV 1 (%) =	11.52				
CV 2 (%) =	6.91				
CV 3 (%) =	7.67				
Média geral:	3.4937500	Número de observações:	48		

2.2.8 TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR (K)

Variável analisada: K

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	19.607917	9.803958	3.359	0.1050
DOSE	3	38.385625	12.795208	4.383	0.0588
erro 1	6	17.513750	2.918958		
ADUBO	1	30.241875	30.241875	2.584	0.1591
DOSE*ADUBO	3	54.727292	18.242431	1.558	0.2942
erro 2	6	70.234583	11.705764		
SAFRA	1	2026.700208	2026.700208	477.305	0.0000
DOSE*SAFRA	3	21.152292	7.050764	1.661	0.2110
ADUBO*SAFRA	1	19.635208	19.635208	4.624	0.0454
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	57.500625	19.166875	4.514	0.0157
erro 3	18	76.430417	4.246134		
Total corrigido	47	2432.129792			
CV 1 (%) =	5.21				
CV 2 (%) =	10.43				
CV 3 (%) =	6.28				
Média geral:	32.8020833	Número de observações:	48		

2.2.9 TEOR DE CÁLCIO FOLIAR (Ca)

Variável analisada: Ca

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	2.060000	1.030000	6.159	0.0351
DOSE	3	1.432292	0.477431	2.855	0.1269
erro 1	6	1.003333	0.167222		
ADUBO	1	0.935208	0.935208	0.995	0.3571
DOSE*ADUBO	3	0.555625	0.185208	0.197	0.8948
erro 2	6	5.640000	0.940000		
SAFRA	1	0.775208	0.775208	2.103	0.1643
DOSE*SAFRA	3	1.538958	0.512986	1.391	0.2777
ADUBO*SAFRA	1	0.991875	0.991875	2.690	0.1183
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	1.138958	0.379653	1.030	0.4030
erro 3	18	6.636667	0.368704		
Total corrigido	47	22.708125			
CV 1 (%) =	8.19				
CV 2 (%) =	19.41				
CV 3 (%) =	12.16				
Média geral:	4.9937500	Número de observações:	48		

2.2.10 TEOR DE MAGNÉSIO FOLIAR (Mg)

Variável analisada: Mg

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.377917	0.188958	2.536	0.1591
DOSE	3	0.809167	0.269722	3.620	0.0843
erro 1	6	0.447083	0.074514		
ADUBO	1	0.607500	0.607500	9.561	0.0213
DOSE*ADUBO	3	0.062500	0.020833	0.328	0.8059
erro 2	6	0.381250	0.063542		
SAFRA	1	1.470000	1.470000	21.681	0.0002
DOSE*SAFRA	3	0.646667	0.215556	3.179	0.0491
ADUBO*SAFRA	1	0.003333	0.003333	0.049	0.8270
DOSE*ADUBO*SAFRA	3	0.553333	0.184444	2.720	0.0749
erro 3	18	1.220417	0.067801		
Total corrigido	47	6.579167			
CV 1 (%) =	13.29				
CV 2 (%) =	12.27				
CV 3 (%) =	12.68				
Média geral:	2.0541667	Número de observações:	48		

3 ANÁLISES DE VARIÂNCIA ARTIGO C

3.1 EXPERIMENTO COM QUEIMA DE RESÍDUOS

3.1.1 CULTIVAR IPR COLIBRI

3.1.1.1 PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO (PROD)

Variável analisada: PROD

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	1104027.763333	552013.881667	3.326	0.0658
DOSE	3	1656758.617917	552252.872639	3.328	0.0507
ADUBACAO	1	4583693.010417	4583693.010417	27.619	0.0001
DOSE*ADUBACAO	3	939755.281250	313251.760417	1.888	0.1781
erro	14	2323433.276667	165959.519762		
Total corrigido	23	10607667.949583			
CV (%) =		14.37			
Média geral:	2835.8291667		Número de observações:	24	

3.1.1.2 MASSA DE 1000 GRÃOS (M1000G)

Variável analisada: M1000G

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	241.185833	120.592917	1.070	0.3696
DOSE	3	962.858333	320.952778	2.847	0.0755
ADUBACAO	1	285.660000	285.660000	2.534	0.1338
DOSE*ADUBACAO	3	825.440000	275.146667	2.440	0.1075
erro	14	1578.534167	112.752440		
Total corrigido	23	3893.678333			
CV (%) =		4.85			
Média geral:	218.9416667		Número de observações:	24	

3.1.1.3 MASSA DE GRÃOS POR PLANTA (MGP)

Variável analisada: MGP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	7.885833	3.942917	1.346	0.2919
DOSE	3	18.831250	6.277083	2.143	0.1405
ADUBACAO	1	86.260417	86.260417	29.454	0.0001
DOSE*ADUBACAO	3	7.001250	2.333750	0.797	0.5159
erro	14	41.000833	2.928631		
Total corrigido	23	160.979583			
CV (%) =	21.61				
Média geral:	7.9208333	Número de observações:	24		

3.1.1.4 NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (NVP)

Variável analisada: NV

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	6.600833	3.300417	0.747	0.4918
DOSE	3	31.207917	10.402639	2.354	0.1161
ADUBACAO	1	67.000417	67.000417	15.164	0.0016
DOSE*ADUBACAO	3	7.341250	2.447083	0.554	0.6540
erro	14	61.859167	4.418512		
Total corrigido	23	174.009583			
CV (%) =	25.65				
Média geral:	8.1958333	Número de observações:	24		

3.1.1.5 TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N)

Variável analisada: N

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	327.005833	163.502917	9.133	0.0029
DOSE	3	92.875000	30.958333	1.729	0.2068
ADUBACAO	1	1066.666667	1066.666667	59.579	0.0000
DOSE*ADUBACAO	3	81.583333	27.194444	1.519	0.2531
erro	14	250.647500	17.903393		
Total corrigido	23	1818.778333			
CV (%) =	9.41				
Média geral:	44.9416667	Número de observações:	24		

3.1.1.6 TEOR DE FÓSFORO FOLIAR (P)

Variável analisada: P
Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.097500	0.048750	30.333	0.0000
DOSE	3	0.031250	0.010417	6.481	0.0056
ADUBACAO	1	0.050417	0.050417	31.370	0.0001
DOSE*ADUBACAO	3	0.024583	0.008194	5.099	0.0136
erro	14	0.022500	0.001607		
Total corrigido	23	0.226250			
CV (%) =	2.12				
Média geral:	1.8875000	Número de observações:	24		

3.1.1.7 TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR (K)

Variável analisada: K
Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	121.583333	60.791667	6.149	0.0121
DOSE	3	266.833333	88.944444	8.996	0.0014
ADUBACAO	1	66.666667	66.666667	6.743	0.0211
DOSE*ADUBACAO	3	34.333333	11.444444	1.158	0.3607
erro	14	138.416667	9.886905		
Total corrigido	23	627.833333			
CV (%) =	10.52				
Média geral:	29.8833333	Número de observações:	24		

3.1.1.8 TEOR DE CÁLCIO FOLIAR (Ca)

Variável analisada: Ca
Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	39.050833	19.525417	11.307	0.0012
DOSE	3	141.544583	47.181528	27.322	0.0000
ADUBACAO	1	0.510417	0.510417	0.296	0.5952
DOSE*ADUBACAO	3	15.537917	5.179306	2.999	0.0664
erro	14	24.175833	1.726845		
Total corrigido	23	220.819583			
CV (%) =	6.72				
Média geral:	19.5541667	Número de observações:	24		

3.1.1.9 TEOR DE MAGNÉSIO FOLIAR (Mg)

Variável analisada: Mg

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.502500	0.251250	4.603	0.0291
DOSE	3	0.383333	0.127778	2.341	0.1175
ADUBACAO	1	0.666667	0.666667	12.214	0.0036
DOSE*ADUBACAO	3	0.423333	0.141111	2.585	0.0946
erro	14	0.764167	0.054583		
Total corrigido	23	2.740000			
CV (%) =	8.20				
Média geral:	2.8500000	Número de observações:	24		

3.1.2 CULTIVAR IPR ELDORADO

3.1.2.1 PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO (PROD)

Variável analisada: PROD

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	627808.333333	313904.166667	0.637	0.5435
DOSE	3	1534962.833333	511654.277778	1.038	0.4059
ADUBACAO	1	10570882.666667	10570882.666667	21.455	0.0004
DOSE*ADUBACAO	3	1685878.333333	561959.444444	1.141	0.3668
erro	14	6897845.666667	492703.261905		
Total corrigido	23	21317377.833333			
CV (%) =	33.36				
Média geral:	2104.4166667	Número de observações:	24		

3.1.2.2 MASSA DE 1000 GRÃOS (M1000G)

Variável analisada: M1000G

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	976.050833	488.025417	2.262	0.1409
DOSE	3	393.615000	131.205000	0.608	0.6207
ADUBACAO	1	2392.006667	2392.006667	11.085	0.0050
DOSE*ADUBACAO	3	389.116667	129.705556	0.601	0.6249
erro	14	3020.969167	215.783512		
Total corrigido	23	7171.758333			
CV (%) =	8.42				
Média geral:	174.4416667	Número de observações:	24		

3.1.2.3 MASSA DE GRÃOS POR PLANTA (MGP)

Variável analisada: MGP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	8.425833	4.212917	2.239	0.1433
DOSE	3	26.290000	8.763333	4.658	0.0185
ADUBACAO	1	51.041667	51.041667	27.128	0.0001
DOSE*ADUBACAO	3	17.255000	5.751667	3.057	0.0633
erro	14	26.340833	1.881488		
Total corrigido	23	129.353333			
CV (%) =	29.39				
Média geral:	4.6666667	Número de observações:	24		

3.1.2.4 NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (NVP)

Variável analisada: NVP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	9.610000	4.805000	2.322	0.1347
DOSE	3	28.458333	9.486111	4.583	0.0195
ADUBACAO	1	66.001667	66.001667	31.889	0.0001
DOSE*ADUBACAO	3	16.098333	5.366111	2.593	0.0940
erro	14	28.976667	2.069762		
Total corrigido	23	149.145000			
CV (%) =	20.63				
Média geral:	6.9750000	Número de observações:	24		

3.1.2.5 TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N)

Variável analisada: N

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	441.968133	220.984067	6.487	0.0101
DOSE	3	24.892000	8.297333	0.244	0.8646
ADUBACAO	1	1796.086017	1796.086017	52.721	0.0000
DOSE*ADUBACAO	3	333.053383	111.017794	3.259	0.0536
erro	14	476.944400	34.067457		
Total corrigido	23	3072.943933			
CV (%) =	12.08				
Média geral:	48.3033333	Número de observações:	24		

3.1.2.6 TEOR DE FÓSFORO FOLIAR (P)

Variável analisada: P

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.040533	0.020267	3.737	0.0501
DOSE	3	0.004713	0.001571	0.290	0.8322
ADUBACAO	1	0.024704	0.024704	4.555	0.0510
DOSE*ADUBACAO	3	0.070312	0.023437	4.321	0.0236
erro	14	0.075933	0.005424		
Total corrigido	23	0.216196			
CV (%) =	3.95				
Média geral:	1.8645833	Número de observações:	24		

3.1.2.7 TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR (K)

Variável analisada: K

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	105.270833	52.635417	5.121	0.0214
DOSE	3	21.197917	7.065972	0.687	0.5745
ADUBACAO	1	106.260417	106.260417	10.338	0.0062
DOSE*ADUBACAO	3	107.614583	35.871528	3.490	0.0445
erro	14	143.895833	10.278274		
Total corrigido	23	484.239583			
CV (%) =	10.29				
Média geral:	31.1641667	Número de observações:	24		

3.1.2.8 TEOR DE CÁLCIO FOLIAR (Ca)

Variável analisada: Ca

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	8.422633	4.211317	1.052	0.3752
DOSE	3	44.163646	14.721215	3.678	0.0383
ADUBACAO	1	12.542604	12.542604	3.134	0.0985
DOSE*ADUBACAO	3	27.757146	9.252382	2.312	0.1206
erro	14	56.037367	4.002669		
Total corrigido	23	148.923396			
CV (%) =	11.56				
Média geral:	17.3120833	Número de observações:	24		

3.1.2.9 TEOR DE MAGNÉSIO FOLIAR (Mg)

Variável analisada: Mg

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.391300	0.195650	3.482	0.0592
DOSE	3	0.090150	0.030050	0.535	0.6659
ADUBACAO	1	0.216600	0.216600	3.855	0.0698
DOSE*ADUBACAO	3	0.241233	0.080411	1.431	0.2756
erro	14	0.786567	0.056183		
Total corrigido	23	1.725850			
CV (%) =	10.57				
Média geral:	2.2425000	Número de observações:	24		

3.2 EXPERIMENTO SEM QUEIMA DE RESIDUOS

3.2.2 CULTIVAR IPR COLIBRI

3.2.2.1 PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO (PROD)

Variável analisada: PROD

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	62712783.490000	31356391.745000	0.949	0.4108
DOSE	3	126729151.311667	42243050.437222	1.278	0.3202
ADUBACAO	1	5973629.040000	5973629.040000	0.181	0.6772
DOSE*ADUBACAO	3	119659250.726667	39886416.908889	1.207	0.3436
erro	14	462726524.656667	33051894.618333		
Total corrigido	23	777801339.225000			

CV (%) = 138.72

Média geral: 4144.2750000 Número de observações: 24

3.2.2.2 MASSA DE 1000 GRÃOS (M1000G)

Variável analisada: M1000

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	1.083333	0.541667	0.003	0.9965
DOSE	3	1592.458333	530.819444	3.424	0.0469
ADUBACAO	1	1488.375000	1488.375000	9.601	0.0079
DOSE*ADUBACAO	3	799.791667	266.597222	1.720	0.2087
erro	14	2170.250000	155.017857		
Total corrigido	23	6051.958333			

CV (%) = 5.74

Média geral: 216.7916667 Número de observações: 24

3.2.2.3 MASSA DE GRÃOS POR PLANTA (MGP)

Variável analisada: MGP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	6.485833	3.242917	0.883	0.4355
DOSE	3	44.681667	14.893889	4.053	0.0288
ADUBACAO	1	201.840000	201.840000	54.932	0.0000
DOSE*ADUBACAO	3	6.670000	2.223333	0.605	0.6225
erro	14	51.440833	3.674345		
Total corrigido	23	311.118333			
CV (%) =	22.01				
Média geral:	8.7083333	Número de observações:	24		

3.2.2.4 NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (NVP)

Variável analisada: NVP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	15.062500	7.531250	3.269	0.0684
DOSE	3	53.864583	17.954861	7.794	0.0026
ADUBACAO	1	160.683750	160.683750	69.752	0.0000
DOSE*ADUBACAO	3	5.144583	1.714861	0.744	0.5433
erro	14	32.250833	2.303631		
Total corrigido	23	267.006250			
CV (%) =	16.52				
Média geral:	9.1875000	Número de observações:	24		

3.2.2.5 TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N)

Variável analisada: N

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	543.443333	271.721667	12.937	0.0007
DOSE	3	126.541667	42.180556	2.008	0.1591
ADUBACAO	1	757.126667	757.126667	36.048	0.0000
DOSE*ADUBACAO	3	51.043333	17.014444	0.810	0.5092
erro	14	294.043333	21.003095		
Total corrigido	23	1772.198333			
CV (%) =	10.17				
Média geral:	45.0416667	Número de observações:	24		

3.2.2.6 TEOR DE FÓSFORO FOLIAR (P)

Variável analisada: P

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.065833	0.032917	11.286	0.0012
DOSE	3	0.004583	0.001528	0.524	0.6729
ADUBACAO	1	0.003750	0.003750	1.286	0.2759
DOSE*ADUBACAO	3	0.004583	0.001528	0.524	0.6729
erro	14	0.040833	0.002917		
Total corrigido	23	0.119583			
CV (%) =	2.91				
Média geral:	1.8541667	Número de observações:	24		

3.2.2.7 TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR (K)

Variável analisada: K

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	169.333333	84.666667	6.659	0.0093
DOSE	3	60.125000	20.041667	1.576	0.2395
ADUBACAO	1	63.375000	63.375000	4.985	0.0424
DOSE*ADUBACAO	3	2.125000	0.708333	0.056	0.9821
erro	14	178.000000	12.714286		
Total corrigido	23	472.958333			
CV (%) =	12.26				
Média geral:	29.0916667	Número de observações:	24		

3.2.2.8 TEOR DE CÁLCIO FOLIAR (Ca)

Variável analisada: Ca

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	21.225833	10.612917	2.935	0.0862
DOSE	3	43.494583	14.498194	4.009	0.0297
ADUBACAO	1	0.120417	0.120417	0.033	0.8578
DOSE*ADUBACAO	3	32.001250	10.667083	2.950	0.0692
erro	14	50.627500	3.616250		
Total corrigido	23	147.469583			
CV (%) =	8.90				
Média geral:	21.3708333	Número de observações:	24		

3.2.2.9 TEOR DE MAGNÉSIO FOLIAR (Mg)

Variável analisada: Mg

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.465833	0.232917	3.973	0.0430
DOSE	3	0.141250	0.047083	0.803	0.5127
ADUBACAO	1	0.570417	0.570417	9.729	0.0075
DOSE*ADUBACAO	3	0.381250	0.127083	2.168	0.1374
erro	14	0.820833	0.058631		
Total corrigido	23	2.379583			
CV (%) =	8.29				
Média geral:	2.9208333	Número de observações:		24	

3.2.3 CULTIVAR IPR ELDORADO

3.2.3.1 PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO (PROD)

Variável analisada: PROD

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	1055619.000000	527809.500000	2.835	0.0925
DOSE	3	733924.000000	244641.333333	1.314	0.3091
ADUBACAO	1	3193021.500000	3193021.500000	17.150	0.0010
DOSE*ADUBACAO	3	597381.833333	199127.277778	1.070	0.3936
erro	14	2606545.666667	186181.833333		
Total corrigido	23	8186492.000000			
CV (%) =	20.44				
Média geral:	2110.5000000		Número de observações:	24	

3.2.3.2 MASSA DE 1000 GRÃOS (M1000G)

Variável analisada: M1000G

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	65.535833	32.767917	0.180	0.8369
DOSE	3	203.766667	67.922222	0.374	0.7732
ADUBACAO	1	2873.281667	2873.281667	15.815	0.0014
DOSE*ADUBACAO	3	461.605000	153.868333	0.847	0.4909
erro	14	2543.584167	181.684583		
Total corrigido	23	6147.773333			
CV (%) =	7.59				
Média geral:	177.6666667		Número de observações:	24	

3.2.3.3 MASSA DE GRÃOS POR PLANTA (MGP)

Variável analisada: MGP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	10.280833	5.140417	2.461	0.1213
DOSE	3	9.677917	3.225972	1.545	0.2469
ADUBACAO	1	54.300417	54.300417	26.000	0.0002
DOSE*ADUBACAO	3	4.581250	1.527083	0.731	0.5504
erro	14	29.239167	2.088512		
Total corrigido	23	108.079583			
CV (%) =	25.71				
Média geral:	5.6208333	Número de observações:	24		

3.2.3.4 NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (NVP)

Variável analisada: NVP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	3.815833	1.907917	0.908	0.4260
DOSE	3	10.821250	3.607083	1.716	0.2095
ADUBACAO	1	95.600417	95.600417	45.476	0.0000
DOSE*ADUBACAO	3	15.861250	5.287083	2.515	0.1006
erro	14	29.430833	2.102202		
Total corrigido	23	155.529583			
CV (%) =	17.96				
Média geral:	8.0708333	Número de observações:	24		

3.2.3.5 TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N)

Variável analisada: N

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	270.679675	135.339838	2.455	0.1220
DOSE	3	97.298413	32.432804	0.588	0.6327
ADUBACAO	1	1715.519504	1715.519504	31.113	0.0001
DOSE*ADUBACAO	3	703.094513	234.364838	4.250	0.0248
erro	14	771.942058	55.138718		
Total corrigido	23	3558.534163			
CV (%) =	15.10				
Média geral:	49.1662500	Número de observações:	24		

3.2.3.6 TEOR DE FÓSFORO FOLIAR (P)

Variável analisada: P

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.053958	0.026979	2.488	0.1190
DOSE	3	0.024900	0.008300	0.765	0.5322
ADUBACAO	1	0.126150	0.126150	11.631	0.0042
DOSE*ADUBACAO	3	0.036083	0.012028	1.109	0.3785
erro	14	0.151842	0.010846		
Total corrigido	23	0.392933			
CV (%) =	5.59				
Média geral:	1.8633333	Número de observações:	24		

3.2.3.7 TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR (K)

Variável analisada: K

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	97.937500	48.968750	3.398	0.0626
DOSE	3	79.125000	26.375000	1.830	0.1879
ADUBACAO	1	294.000000	294.000000	20.404	0.0005
DOSE*ADUBACAO	3	81.333333	27.111111	1.882	0.1791
erro	14	201.729167	14.409226		
Total corrigido	23	754.125000			
CV (%) =	12.47				
Média geral:	30.4350000	Número de observações:	24		

3.2.3.8 TEOR DE CÁLCIO FOLIAR (Ca)

Variável analisada: Ca

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	11.004908	5.502454	0.235	0.7935
DOSE	3	389.313283	129.771094	5.547	0.0101
ADUBACAO	1	25.256017	25.256017	1.080	0.3164
DOSE*ADUBACAO	3	73.825083	24.608361	1.052	0.4005
erro	14	327.541092	23.395792		
Total corrigido	23	826.940383			
CV (%) =	26.39				
Média geral:	18.3291667	Número de observações:	24		

3.2.3.9 TEOR DE MAGNÉSIO FOLIAR (Mg)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	2	0.326533	0.163267	1.159	0.3422
DOSE	3	0.755413	0.251804	1.787	0.1958
ADUBACAO	1	0.676704	0.676704	4.803	0.0458
DOSE*ADUBACAO	3	0.567112	0.189037	1.342	0.3008
erro	14	1.972533	0.140895		
Total corrigido	23	4.298296			
CV (%) =	17.14				
Média geral:	2.1895833		Número de observações:	24	