

CLAUDENIR FAVERO

**USO E DEGRADAÇÃO DE SOLOS NA MICRORREGIÃO DE
GOVERNADOR VALADARES, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

CLAUDENIR FAVERO

**USO E DEGRADAÇÃO DE SOLOS NA MICRORREGIÃO DE
GOVERNADOR VALADARES, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 7 de dezembro de 2001.

Prof. Dr. Haruf Salmen Espíndola

Dr. Luiz Marcelo Aguiar Sans

Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça
(Conselheiro)

Prof. Dr. Luiz Eduardo Dias

Prof. Dr. Ivo Jucksch
(Orientador)

Dedico esse trabalho à todos aqueles que praticam a agricultura familiar, em especial, ao meu pai Geraldo Fávero e à minha mãe Norilde Truzzi Fávero

AGRADECIMENTO

À Deus, pelo privilégio de desfrutar a vida nesse planeta e poder realizar trabalhos como este.

Ao povo brasileiro, que, através da CAPES, propiciou os recursos para a realização desse trabalho.

Ao Departamento de Solos/UFV, pela oportunidade.

Ao Centro de Assistência Técnica - CAT de Governador Valadares, MG, pelo apoio nos trabalhos de campo.

Ao Prof. Ivo Jucksch, orientador, amigo, companheiro.

Aos Profs. Liovando Marciano da Costa e Eduardo de Sá Mendonça, conselheiros, pelas atenciosas contribuições.

Ao Prof. Júlio César Lima Neves, pela ajuda nas análises estatísticas.

Aos demais professores do DPS/UFV, pelo aprendizado e pela amizade.

Às estagiárias Aline P. de Oliveira, Lilian M. de Mesquita e Renata M. R. da Silva, pela valiosa ajuda nas análises de laboratório.

Aos funcionários do DPS/UFV, pelo apoio, em especial, ao Carlos (lab. manejo), ao Carlinhos (absorção atômica), ao Cláudio e ao Bené (lab. Física), ao Carlos e ao Dímas (lab. fertilidade) e ao Geraldo (lab. química).

Aos colegas pós-graduandos do DPS/UFV, pelo saudável convívio, em especial, à Agna, à Ronessa, à Rosana, ao Janela, ao Profeta e ao Walder, freqüentadores assíduos do Moreira's Bar.

À minha querida Fernanda Testa Monteiro, pelo carinho e pela força.

BIOGRAFIA

CLAUDENIR FAVERO, filho do agricultor Geraldo Fávero e da agricultora Norilde Truzzi Fávero, nasceu em 8 de junho de 1967, em Rolândia, interior do Estado do Paraná.

Em dezembro de 1985, concluiu o curso Técnico em Agropecuária no Colégio Agrícola Estadual Augusto Ribas, em Ponta Grossa, PR. De janeiro de 1986 a fevereiro de 1988, trabalhou como Técnico Agrícola no Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR.

Graduou-se em Agronomia em janeiro de 1993, pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. De abril de 1993 a julho de 1995 trabalhou como assessor técnico no Centro de Assistência Técnica - CAT, em Governador Valadares, MG.

Em agosto de 1995, iniciou o mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em fevereiro de 1998. Em março do mesmo ano, iniciou o doutorado em Solos e Nutrição de Plantas na mesma universidade.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Caracterização da região	7
2.2. Informações sobre ocupação e uso do solo e condições ambientais	11
2.3. Áreas amostradas	11
2.4. Determinações analíticas	16
2.4.1. Atributos físicos do solo	16
2.4.2. Atributos químicos do solo	17
2.4.3. Atributos ligados a matéria orgânica do solo	17
2.5. Análises estatísticas	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1. Ocupação e uso do solo e condições ambientais	24
3.2. Atributos físicos do solo	32
3.3. Atributos químicos do solo	37
3.4. Atributos ligados a matéria orgânica do solo	41
3.4.1. Formas de carbono orgânico do solo	46
3.5. Índice pedológico de sustentabilidade	54
4. CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICE	68

RESUMO

FAVERO, Claudenir, D.S. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2001.
Uso e degradação de solos na microrregião de Governador Valadares, Minas Gerais. Orientador: Ivo Jucksch. Conselheiros: Liovando Marciano da Costa e Eduardo de Sá Mendonça.

Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de sistematizar informações existentes sobre o processo de ocupação e uso do solo e sobre as condições ambientais da microrregião de Governador Valadares, MG; obter dados sobre atributos físicos, químicos e ligados à matéria orgânica do solo, que sirvam como indicadores de sustentabilidade das diferentes formas de ocupação e uso do solo; e estabelecer um índice pedológico de sustentabilidade para agroecossistemas. Além das informações obtidas em literatura, foram selecionadas nove áreas, em três localidades, nos municípios de Governador Valadares e Periquito, MG, sendo três matas secundárias, três pastagens, uma área em recuperação com sistema agroflorestal, uma cultura perene (bananeira) e um cultivo anual (milho). Em cada área realizaram-se três amostragens de solo nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Nas amostras compostas foram realizadas análises de atributos físicos, atributos químicos e atributos ligados à matéria orgânica, sendo realizado, também, um detalhamento das formas de carbono presentes no solo. Estabeleceu-se um índice pedológico de sustentabilidade, sintetizando num único valor alguns atributos físicos, químicos e ligados à matéria orgânica do solo, que representam as condições atuais dos solos, tendo como referência a condição mais próxima possível da natural (a mata). O índice pedológico de sustentabilidade proposto mostrou-se eficiente na comparação entre os diferentes

agroecossistemas. A forma predominante de ocupação e uso do solo da microrregião de Governador Valadares, MG, com pastagens extensivas e uso constante de queimadas, causou degradação do solo e apresentou o pior índice pedológico de sustentabilidade, tornando evidente sua insustentabilidade ambiental. Os agroecossistemas apresentaram melhores índices pedológicos de sustentabilidade onde predominam a ocupação e o uso dos solos por sistemas de agricultura familiar. A recuperação de pastagens degradadas com sistema agroflorestal está proporcionando melhorias nos atributos do solo. As formas de carbono da fração ácidos fúlvicos, carbono extraído e carbono solúvel em água podem ser consideradas, num monitoramento a longo prazo, como boas indicadoras da sustentabilidade dos agroecossistemas.

ABSTRACT

FAVERO, Claudenir, D.S. Universidade Federal de Viçosa, December 2001. **Use and degradation of soils in the microregion of Governador Valadares, Minas Gerais.** Advisor: Ivo Jucksch. Committee Members: Liovando Marciano da Costa and Eduardo de Sá Mendonça.

The objectives of this work were to systematize information on soil occupation process and use, and environmental conditions in the microregion of Governador Valadares, MG; to obtain data on soil physical, chemical and organic matter related attributes, which can be used as indicators of the sustainability of different forms of soil occupation and use; and to establish a pedological index of sustainability for agroecosystems. Besides the information obtained from literature, nine areas in three localities in the municipalities of Governador Valadares and Periquito, MG, were selected. These areas comprise three secondary forests, three pastures, an area in recuperation with agroforestry system, a perennial crop (banana tree) and an annual crop (corn). Three soil samplings at 0-5, 5-10 and 10-20 cm depths were carried out in each area. The combined samples were analyzed for physical; chemical and organic matter related attributes along with a detailed description of carbon configurations present in the soil. It was established a sustainability pedological index, which synthesizes in a single value some soil physical, chemical and organic matter related attributes. These attributes represent the prevalent soil conditions, having as reference the condition closest to the natural (forest) as possible. The proposed sustainability pedological index was proved efficient when comparing the different agroecosystems. The prevalent form of soil occupation and use in the

microregion of Governador Valadares, with extensive pastures and constant burning, caused soil degradation and gave the worst sustainability pedological index, becoming clear its environmental non-sustainability. The agroecosystems presented better sustainability pedological indexes where the occupation and use of soils is predominately by family farming systems. The use of agroforestry systems in reclamation of degraded pastures is improving soil attributes. In the long term monitoring, carbon of the fulvic acid fraction, extracted carbon and water-soluble carbon can be considered good indicators of sustainability for agroecosystems.

1. INTRODUÇÃO

A microrregião de Governador Valadares está inserida na última região de Minas Gerais - Vale do Rio Doce - que foi ocupada por grande contingente de seres humanos. Sua ocupação se intensificou à partir da década de 1930 com o término da construção da Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM.

A forma de ocupação que predominou no Vale do Rio Doce, MG, foi extremamente exploratória e degradante. Primeiramente, retirou-se a madeira, promovendo-se uma verdadeira devassa na floresta. Em seguida, implantaram-se, generalizadamente, pastagens com capim colômbio (*Panicum maximum*) para criação extensiva de bovinos. O único manejo que foi dado às pastagens foi a queima na época seca do ano.

Ao percorrer a região observa-se, freqüentemente, topos de morro desprovidos de cobertura vegetal e presença de voçorocas nas encostas. Os leitos dos rios apresentam-se assoreados e alguns pequenos cursos d'água começam a perder a perenidade.

Em meio a essa forma predominante de ocupação, algumas comunidades com sistemas de agricultura familiar impuseram formas diferenciadas à ocupação e uso do solo. Esses agricultores não têm a pecuária como única ou principal atividade, introduzindo sistemas diversificados de produção agrícola (arroz, feijão, milho, café, cana-de-açúcar, banana, etc.). Essas comunidades de agricultores familiares destoam do restante da região por apresentarem, além da maior diversidade de produtos agrícolas, alguns remanescentes da floresta

original, os solos e os cursos d'água em melhores condições, ou seja, os recursos naturais mais preservados.

A ação do Centro de Assistência Técnica – CAT, de Governador Valadares, juntamente com organizações de agricultores familiares, está proporcionando a implantação de propostas de reocupação e uso do solo, que recuperam e melhoram as condições ambientais.

A região é carente de estudos que evidenciem o estágio de degradação em que se encontra, em decorrência de sua ocupação histórica, e aponte as possibilidades de uso sustentável dos recursos de que dispõe.

A designação “sustentável” passou a ser amplamente utilizada a partir da publicação, em 1987, do relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - *Nosso Futuro Comum* (mais conhecido como Relatório Brundtland), que instituiu um conceito de desenvolvimento sustentável:

“O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”.

(CMMAD, 1988)

Apesar da ambigüidade do conceito, o termo sustentabilidade passou a ser um grande “guarda-chuva” sob o qual se abrigam diferentes concepções e “correntes de pensamento”. Ninguém é contra uma idéia de sustentação já que a insustentabilidade é algo indesejado, que ameaça e afeta a todos.

A palavra sustentabilidade tem sua origem do Latim *sus-tenere* (Ehlers, 1996), que significa suportar ou manter. O conceito de sustentabilidade, relacionado com o futuro da humanidade, foi usado pela primeira vez em 1972, no livro *Blueprint for Survival* (Kidd, 1992). No final dos anos 70, o termo incorporou dimensões econômicas e sociais em seu significado, passando a ser globalmente utilizado (Ehlers, 1996).

De acordo com Kidd (1992), existem diferentes “correntes de pensamento” que deram origem ao conceito de sustentabilidade. Todas elas envolvem a interação entre: crescimento populacional, uso de recursos e pressão sobre o meio

ambiente. Fazem parte destas correntes de pensamento: a corrente ecológica, a da crítica à tecnologia, o eco-desenvolvimento, e as correntes de pensamento que pregavam o “não crescimento” ou redução do crescimento econômico. Todas essas linhas de pensamento já se encontravam completamente desenvolvidas antes do termo sustentabilidade ser primeiramente utilizado em 1972.

Sustentabilidade é um conceito em disputa, abrigando diferentes, muitas vezes conflitantes, concepções a respeito de como a agricultura, a indústria e o comércio devem desenvolver-se, e de como os recursos naturais devem ser utilizados; desde aquelas que propõem simples ajustes no presente modelo de desenvolvimento, até aquelas que demandam mudanças mais radicais/estruturais nos padrões de produção e de consumo da sociedade como um todo (Ehlers, 1996).

A designação agricultura sustentável surgiu após a publicação do Relatório Brundtland (1987) com o conceito de desenvolvimento sustentável. O primeiro conceito de agricultura sustentável foi instituído pelo congresso dos Estados Unidos através da FACTA 90 - *Food, Agriculture, Conservation, and Trade Act-USA* e veio substituir o conceito de *Agricultura Alternativa* instituído em 1989 pelo NRC - Conselho Nacional de Pesquisa - EUA, uma vez que a designação *Agricultura Alternativa* não era bem aceita, por se contrapor frontalmente à *Agricultura Convencional* (baseada na intensa utilização de insumos externos). Segundo o conceito instituído pela FACTA 90, agricultura sustentável é:

“Um sistema integrado de práticas de cultivo e criação animal com aplicação local específica que, no longo prazo, suprirá as necessidades humanas de alimentos e fibras, melhorará a qualidade do meio ambiente e a base dos recursos naturais da qual depende a economia agrícola, fará o uso mais eficiente dos recursos não-renováveis e integrará, quando apropriado, ciclos e controles biológicos naturais; sustentará ainda a viabilidade econômica das explorações agrícolas e elevará a qualidade de vida dos agricultores e da sociedade como um todo”

(Ehlers, 1996)

A partir de então, diversas instituições e organismos internacionais formularam conceitos e definições sobre agricultura sustentável (NCR/EUA – 1991, FAO – 1991, IICA – 1992, Fórum ONGs e Mov. Sociais na ECO-92 e outros). Os pontos centrais de divergências entre estes conceitos e definições é quanto à utilização de insumos externos e o componente sócio-econômico-político da agricultura, e têm como pontos comuns, a preocupação com a degradação ambiental, a segurança alimentar e a viabilidade econômica.

Reijntjes et al. (1994) definiram agricultura sustentável como sendo uma agricultura ecologicamente equilibrada, economicamente viável, socialmente justa, humana e adaptativa. Alguns autores incluem a segurança alimentar, a produtividade e a qualidade de vida (Stockle et al., 1994); outros, enfatizam mais os aspectos biofísicos do ambiente (Lehman et al., 1993). Ehlers (1996) menciona quatorze diferentes definições de agricultura sustentável. Pretty (1995) cita que desde 1987 existem mais de setenta definições construídas. Cada uma delas apresentando valores, prioridades e objetivos diferentes.

Altieri (1989) introduziu o conceito de sustentabilidade dos agroecossistemas. Para esse autor os princípios básicos de um agroecossistema sustentável são: a conservação dos recursos renováveis, a adaptação da agricultura ao ambiente e a manutenção de um nível alto e estável de produtividade. Ainda, segundo Altieri (1989), o equilíbrio (dinâmico) dos agroecossistemas deve ser avaliado segundo quatro indicadores fundamentais:

1. **Sustentabilidade** – refere-se à habilidade de um agroecossistema em manter a produção através do tempo, face a distúrbios ecológicos e pressões sócio-econômicas;
2. **Equidade** – é a medida de como os produtos do agroecossistema são distribuídos entre os produtores e consumidores locais;
3. **Estabilidade** – é a constância de produção sob um conjunto de condições ambientais, econômicas e de manejo;
4. **Produtividade** – é uma medida quantitativa da proporção e montante de produção por unidade de terra ou insumo.

Os indicadores de sustentabilidade propostos pelos diferentes autores variam de acordo com a dimensão de sustentabilidade que cada um incorpora. Dobbs e Cole (1992) propõem indicadores sócio-econômicos; Bertollo (1998), após ampla revisão bibliográfica, lista exemplos de indicadores biofísicos; já, Altieri e Nicholls (1999) discutem a necessidade de indicadores sócio-econômicos e ambientais.

Dalsgaard e Oficial (1997) utilizaram indicadores agroecológicos (riqueza de espécies, diversidade funcional, eficiência, produtividade, biomassa total, ciclagem de nutrientes, balanço de nutrientes, produção primária/biomassa) e indicadores agroeconômicos (margem bruta e rendimento do trabalho) para avaliar a sustentabilidade de agroecossistemas.

O solo, por ser uma interface entre as outras esferas (biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera), exerce papel fundamental em qualquer ecossistema terrestre. Sua qualidade e a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas estão intimamente vinculadas (Lal e Pirce, 1991, citados por Mielniczuk, 1999). O monitoramento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo fornecem indicativos de sua qualidade (Larson e Pirce, 1994), servindo então, como indicadores de sustentabilidade.

O solo, em sua condição natural, é um sistema aberto, trocando matéria e energia com o meio. A condição de estabilidade é atingida quando as taxas de adição e perdas se equívalem (Addiscot, 1992). A intervenção antrópica, normalmente, leva a situações em que ocorrem mais perdas do que ganhos, comprometendo a qualidade do solo e o cumprimento de suas funções básicas (Doran, 1997).

A questão chave é definir níveis críticos para os atributos do solo, a partir dos quais a sua qualidade e a sustentabilidade dos sistemas ficam comprometidas, mesmo porque, estes níveis serão variáveis de solo para solo (Mielniczuk, 1999). Uma opção é tomar como referência o solo em sua condição natural e, estabelecendo-se os desvios, obter o grau de sustentabilidade dos sistemas.

Diversos autores (Turco e Blume, 1998; Amézquita et al., 1999; Mielniczuk, 1999; Stenberg, 1999) têm utilizado caracterizações de atributos

físicos, químicos e biológicos dos solos como indicadores de sua qualidade e sustentabilidade.

Mielniczuk (1999) afirma que existe um consenso em relação à matéria orgânica como indicador da qualidade do solo devido a dois fatores. Primeiro, porque o seu teor no solo é muito sensível em relação às práticas de manejo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde, nos primeiros anos de cultivo, mais de 50% da matéria orgânica, previamente acumulada, é perdida por diversos processos e segundo, porque, em sua maioria, os atributos do solo e do ambiente relacionados às funções básicas do mesmo têm estreita relação com a matéria orgânica.

Alguns componentes da matéria orgânica do solo, como a matéria orgânica leve e as frações mais lábeis (Mendonça, 2001), bem como, as diferentes formas de fósforo orgânico (Novais e Smyth, 1999) são mais sensíveis às condições de manejo, podendo tornarem-se bons indicadores de sustentabilidade. No entanto, existe uma carência de métodos de determinação e de informações mais seguras sobre tais atributos.

A forma e o grau de intervenção humana na ocupação do solo na microrregião de Governador Valadares, Vale do Rio Doce, MG, aliados à fragilidade do ambiente, determinaram um padrão de uso insustentável. Coexistem com esse padrão dominante de uso do solo formas de ocupação e uso e propostas de recuperação do solo, que apontam para uma maior sustentabilidade.

Diante desse contexto desenvolveu-se o presente trabalho com os seguintes objetivos:

- Sistematizar informações existentes sobre o processo de ocupação e uso do solo e sobre as condições ambientais da microrregião de Governador Valadares, Vale do Rio Doce, MG;
- Obter, em áreas selecionadas, dados sobre atributos físicos, químicos e ligados à matéria orgânica do solo, que demonstrem as atuais condições, e sirvam como indicadores de sustentabilidade das formas de ocupação e uso diferenciados;
- Estabelecer um índice pedológico de sustentabilidade para agroecossistemas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da região

A microrregião de Governador Valadares, MG (Figura 1) é cortada pelo rio Doce, que tem como principais afluentes, pela margem esquerda, os rios Corrente Grande, Suaçuí Pequeno, Suaçuí Grande, Santa Helena e ribeirão Laranjeiras e, pela margem direita, o ribeirão Traíra e o rio Caratinga, com densidade de drenagem de suas bacias que varia de 0,11 a 0,33 km/km² (Souza, 1995).

A montante de Governador Valadares a direção do curso do rio Doce é SW/NE, encontrando-se este encaixado na geossutura que separa duas faixas litoestruturais, seguindo a orientação da Placa Sul-americana (Hasui et al., 1993, citados por Souza, 1995). Na cidade de Governador Valadares, o rio Doce forma um “cotovelo”, sendo capturado pelas falhas transcorrentes, transversais à costa oceânica, provocadas pelas tensões intraplacas induzidas pelo deslocamento da Placa Sul-americana, com eixo de compressão horizontal com direção WNW/ESE e E/W (Hasui, 1990, Macedo et al., 1991, citados por Souza, 1995), seguindo, a partir de então, a direção NW/SE.

As unidades geomorfológicas presentes na microrregião de Governador Valadares, MG são: a Depressão do Rio Doce e os Planaltos Dissecados do Centro Sul e Leste de Minas (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, 1983).

A depressão do Rio Doce trata-se de uma área rebaixada e dissecada, caracterizada por colinas com vales de fundo chato, planícies fluviais colmatadas, rampas de colúvio e lagos de barragens naturais.

Os Planaltos Dissecados do Centro Sul e Leste de Minas caracterizam-se por uma dissecação fluvial atuante nas rochas predominantemente granito-gnaissicas do embasamento pré-cambriano, resultando em formas de colinas e cristas com vales encaixados e/ou de fundo chato, de maneira generalizada em toda a extensão dos planaltos. A dissecação fluvial produziu um relevo peculiar em afloramentos rochosos, os pontões e mornes, que ocorrem isolados, associados às colinas, ou em grupamentos. Os principais grupamentos de pontões relacionam-se com a rede de fraturas e falhas de direção NE e estão orientados nas mesmas direções dos fraturamentos.

Na microrregião de Governador Valadares, são encontradas as seguintes unidades geológicas: Associação de Gnaisses e Granitos Diversos ($\rho\epsilon\eta\eta$), Associação Charnockítica ($\rho\epsilon\sigma\chi$), Granito Intrusivo (γ) e Coberturas Aluvionares (Qa), sendo que a unidade predominante é a Associação de Gnaisses e Granitos Diversos (CETEC, 1983).

A seguir, são descritas as características das unidades.

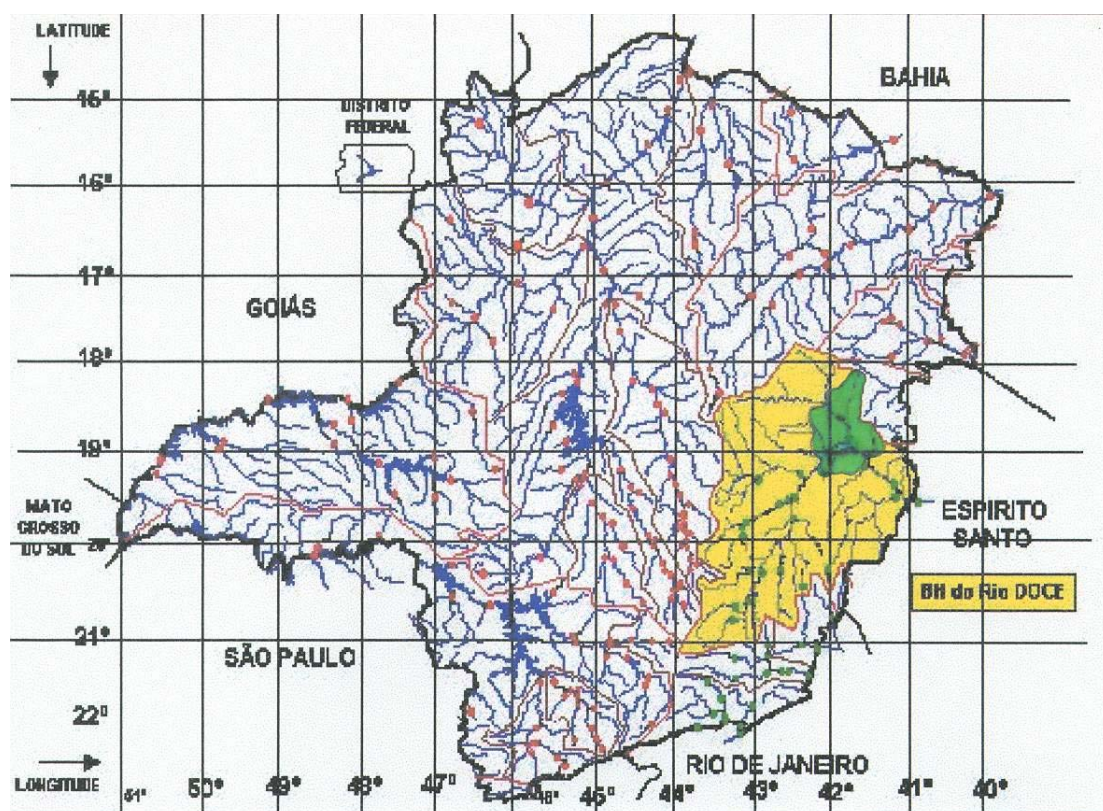


Figura 1 - Porção mineira da bacia hidrográfica do Rio Doce. Em detalhe (cor verde) a microrregião de Governador Valadares, MG.

Pegn - As rochas que compõem esta unidade são: gnaisses kinzigíticos, gnaisses charnockíticos, gnaisses facoidais, gnaisses homogêneos leucocráticos, gnaisses bandados, ortognaisses e veios pegmatóides. Os minerais que compõem estas rochas, predominantemente, são: quartzo, feldspato, muscovita, biotita e anfibólio. As rochas gnaissicas apresentam um profundo manto de intemperismo, sendo raros os locais onde a rocha não decomposta é aflorante. Nesse manto de decomposição, os minerais instáveis foram intemperizados e com a intensa lixiviação, sílica e cátions trocáveis foram perdidos, concentrando óxidos e aluminossilicatos 1:1.

pesch - As rochas que compõem esta unidade são: charnockitos, granulitos, anfibolitos, dioritos, gabros, piroxênitos e migmatitos. Os minerais constituintes desses tipos de rochas são principalmente: quartzo, feldspato, micas, olivina, anfibólio e piroxênio. Geralmente apresentam um manto de intemperismo menor que 10 m de espessura, sendo freqüentes os afloramentos rochosos. Nessa unidade, na faixa de migmatitos, se encontra a suite pegmatítica, portadora de pedras preciosas, feldspato, caulim e micas.

γ - Constitui-se principalmente de granodioritos, quartzo-monzonitos, tonalitos, dioritos e granitóides porfiróides. Os minerais predominantes nessas rochas são: quartzo, feldspato, biotita e muscovita. O manto de intemperismo dessas rochas é pouco espesso, sendo comum a exposição da rocha sã.

Qa - As coberturas aluvionares são constituídas principalmente por areias, argilas e cascalhos. Apresentam espessuras variáveis em função da textura.

De acordo com o “Levantamento Exploratório dos Solos da Região sob Influência da Companhia Vale do Rio Doce” (Brasil, 1970) ocorrem, predominantemente, na microrregião de Governador Valadares, MG, solos: Podzólicos Vermelho Amarelo eutróficos, Latossolos Vermelho Amarelo distróficos e Aluviões eutróficos. Segundo Baruqui (1982), nessa região, os Podzólicos ocupam todas as elevações nas áreas de cotas mais baixas, sendo que nas áreas de cotas mais elevadas os Latossolos ocupam o topo das elevações, o

terço superior e, às vezes, o terço médio das encostas e os Podzólicos, o terço inferior e, às vezes, o terço médio das encostas. Os Aluviões ocorrem nas margens dos rios, principalmente, do Itambacuri, do Suaçuí Grande e do Doce.

Com relação aos aspectos climáticos, predominam nessa região, pela classificação de Köppen, o clima CWa (Clima tropical úmido-megatérmico, com estação seca no inverno, em que a temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C, sendo a precipitação do mês mais seco, inferior a 60 mm). A pluviosidade média anual oscila entre 1000 e 1500 mm. As maiores chuvas ocorrem no mês de dezembro ou janeiro (Baruqui, 1982). No município de Governador Valadares, onde está situada a estação meteorológica da Universidade Vale do Rio Doce, a temperatura média anual é de 25,60 °C, a média máxima anual de 28,70 °C e a média mínima anual de 18,30 °C.

No Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais (CETEC, 1983) realizado na década de 80, restava muito pouco da vegetação nativa na microrregião de Governador Valadares, MG. Quase que a totalidade da área aparece como Atuação Antrópica, o que significa a retirada da vegetação primitiva e sua substituição por diferentes formas de uso do solo. Os resquícios de vegetação nativa aparecem como Capoeira, representando as formações capoeirão, capoeira e capoeirinha. São formações secundárias, em fase de desenvolvimento, originárias de floresta cortada ou queimada.

A região do Vale do Rio Doce, MG, era, primitivamente, coberta pela Floresta Atlântica, que penetrava em Minas Gerais pelos lados sul, sudeste, leste e parte do nordeste (Baruqui, 1982). De acordo com o regime hídrico local, essa floresta pode ser classificada como perenifólia, subperenifólia e subcaducifólia. A floresta perenifólia tem ocorrência restrita às margens dos cursos d'água, apresentado-se sempre verde durante todo o ano. A floresta subperenifólia apresenta pequena porcentagem de espécies decíduas durante a estação seca, mantendo-se sempre verde no restante do ano. A floresta subcaducifólia, predominante na área, é composta por considerável quantidade de espécies decíduas durante o período seco do ano, que é, nesta região, de aproximadamente 5 meses.

2.2. Informações sobre ocupação e uso do solo e condições ambientais

As informações e os dados sobre a ocupação e o uso dos solos, bem como, sobre as condições ambientais da região foram obtidos em literatura.

2.3. Áreas amostradas

Foram selecionadas áreas com ocupações e usos diferenciados em três localidades nos municípios de Governador Valadares e Periquito, no médio Vale do Rio Doce, MG. Nas três localidades, foram selecionadas áreas que se encontram o mais próximo possível da condição natural (remanescentes de mata), para comparação com áreas que foram submetidas a diferentes usos (Figura 2).

Comunidade de Ilha Brava, município de Governador Valadares, MG

A comunidade de Ilha Brava está localizada nas porções mais rebaixadas da depressão do Rio Doce, próxima à sua margem esquerda e representa o padrão de ocupação e uso do solo da região, com pastagens e uso intensivo de queimadas. Nessa localidade foram selecionadas duas áreas para amostragens:

a) Mata Secundária – localizada na propriedade do Sr. Dimas Carlos Teixeira, em encosta com exposição leste, coordenadas 18° 56' 15'' Latitude Sul, 42° 03' 39'' Longitude Oeste e 280 m de Altitude. Trata-se de uma área de onde foi extraída madeira e sofreu efeitos de queimadas, no passado. Atualmente, encontra-se em estágio de regeneração.

b) Pastagem – localizada na propriedade do Sr. José Antônio Reis, em encosta com exposição leste, coordenadas 18° 55' 56'' Latitude Sul, 42° 03' 03'' Longitude Oeste e 280 m de Altitude. É formada por brachiaria (*Brachiaria decumbens*) semeada à cerca de 6 anos, manualmente e sem qualquer tipo de adubação. Anteriormente, era formada por capim colônia (*Panicum maximum*) submetido, anualmente, ao fogo.

Comunidade de Ilha Funda, município de Periquito, MG

A comunidade de Ilha Funda está localizada numa região de transição entre a depressão do Rio Doce e os planaltos dissecados. A comunidade é constituída por 9 famílias remanescentes dos primeiros familiares que ocuparam as terras devolutas dessa região na década de 1930.



Figura 2 - Áreas amostradas na microrregião de Governador Valadares, MG.
a) - mata secundária em Ilha Brava; b) - pastagem em Ilha Brava;
c) - mata secundária em Ilha Funda; d) - pastagem em Ilha Funda;
e) - área em recuperação com sistema agroflorestal em Ilha Funda;
f) - mata secundária no Córrego dos Desidérios; g) - pastagem no Córrego dos Desidérios; h) - bananal no Córrego dos Desidérios;
i) - área de plantio de milho no Córrego dos Desidérios.

No início da ocupação das áreas da comunidade, após a derrubada da mata, foram implantadas lavouras de café, que foram cortadas na década de 1960, com a crise do café e substituídas por pastagens. Atualmente, além dos quintais (situados ao redor das residências), poucas áreas, localizadas nas partes baixas do relevo e próximas aos cursos d'água, são utilizadas para plantio de arroz, feijão e milho. A maior parte das áreas da comunidade, principalmente as partes mais altas do relevo, são utilizadas com pastagens. Estas apresentam sérios problemas de erosão, com áreas de topos de morro e encostas desprovidas de cobertura vegetal e apresentando voçorocas. Os cursos d'água apresentam-se assoreados com evidências de diminuição da vazão. Foram selecionadas três áreas para amostragens:

c) Mata Secundária – localizada na propriedade do Sr. José Maria Coelho de Barros, em encosta com exposição leste, coordenadas 19° 07' 19'' Latitude Sul, 42° 16' 40'' Longitude Oeste e 310 m de Altitude. Trata-se de uma área de onde foi extraída madeira e que sofreu efeitos de queimadas no passado. Atualmente, encontra-se em estágio de regeneração.

d) Pastagem – localizada na propriedade do Sr. Hermes Raimundo Oliveira, em encosta com exposição noroeste, coordenadas 19° 07' 18'' Latitude Sul, 42° 16' 14'' Longitude Oeste e 330 m de Altitude. É formada por brachiaria (*Brachiaria decumbens*) semeada à cerca de 15 anos, manualmente, e sem qualquer tipo de adubação, após o preparo do solo com arado à tração animal. Anteriormente, era formada por capim gordura (*Melinis minutiflora*), tendo sido muito queimada, no passado.

e) Área em recuperação com Sistema Agroflorestal – localizada na propriedade dos herdeiros do Sr. Intelvino Albino da Silva, em encosta com exposição nordeste, coordenadas 19° 07' 18'' Latitude Sul, 42° 16' 14'' Longitude Oeste e 330 m de Altitude. É uma experiência de recuperação de pastagem degradada (pelo uso intenso do fogo e ocorrência de erosão) implantada em 1994 pelo CAT – Centro de Assistência Técnica de Governador Valadares, MG em parceria com a Associação Comunitária de Ilha Funda, Periquito, MG. A implantação do sistema seguiu o método desenvolvido por Ernst Götsch, agricultor e pesquisador que vive em Piraí do Norte, Sul da Bahia.

O método consiste, basicamente, na introdução de espécies cultivadas consorciadas com espécies silvestres e no manejo das espécies espontâneas, de forma que as associações de plantas sucedem-se umas às outras num processo dinâmico e contínuo, à semelhança do que ocorre com a sucessão natural de espécies (Götsch, 1996). O método preconiza também, a utilização de duas formas de intervenção que visam acelerar o processo de sucessão. A primeira é chamada de **capina seletiva**, através da qual cortam-se as espécies pioneiras que já cumpriram a sua função no sistema. A segunda são as **podas rejuvenecedoras**, que são podas drásticas efetuadas em espécies pioneiras, antes de amadurecerem, com o intuito de restaurar a função estimuladora do crescimento devido a brotação. Estas duas intervenções potencializam o desenvolvimento do sistema, uma vez que todo o material cortado é depositado sobre o solo, servindo como proteção e adubação.

No início do sistema, a erosão foi contida com o uso de cordões em nível, seguindo-se a introdução de leguminosas adubadeiras (feijão-de-porco, feijão-bravo do Ceará, mucuna preta e guandu) e, progressivamente, sendo introduzidas espécies agrícolas e arbóreas (abacaxi, mandioca, capineira, piteira, acácia java, sombreiro, bauhinia, ipês e outras). Devido a longos períodos sem chuvas e a intensos ataques de formigas cortadeiras, várias espécies não sobreviveram. Desde que o sistema foi implantado a única produção agrícola obtida foi de abacaxi (produção baixa, apenas para consumo doméstico). Das espécies herbáceas e arbóreas introduzidas, as mais persistentes foram: feijão-bravo do Ceará, acácia de java e ipê amarelo. O sistema está em evolução, sendo manejadas as espécies espontâneas e introduzidas novas espécies.

Comunidade do Córrego dos Desidérios, município de Gov. Valadares, MG

A comunidade do Córrego dos Desidérios está localizada nos planaltos dissecados, com altitudes mais elevadas e temperaturas médias mais baixas que as áreas situadas na depressão do Rio Doce. A comunidade é constituída por 39 famílias, descendentes, em sua quase totalidade, de três troncos familiares que ocuparam originalmente a comunidade: os Desidérios, os Modestos e os Bahia. A microbacia do Córrego dos Desidérios é uma das mais preservadas do município

de Governador Valadares, MG, com vários remanescentes de mata, cobrindo topos de morros e encostas. Os níveis de erosão são baixos e as nascentes e cursos d'água encontram-se pouco assoreadas e com fluxo perene e regular. No início de sua ocupação, a comunidade foi produtora de café, dizimado na década de 1960. Atualmente, a principal fonte de renda é a produção de banana. Além da produção de banana, são produzidos: cana-de-açúcar, mandioca, milho, feijão, arroz. Os quintais que rodeiam as residências abrigam uma grande diversidade de frutíferas e olerícolas. As partes baixas do relevo, margeando os cursos d'água, são ocupadas pelos quintais, e por plantios de arroz, feijão, mandioca, milho e cana-de-açúcar. A banana, e parte dos plantios de cana-de-açúcar, milho e feijão, ocupam as encostas até o terço mediano. A maior parte das encostas é ocupada por pastagens. Quatro áreas foram selecionadas para amostragens nessa localidade:

f) Mata Secundária – localizada na propriedade do Sr. José Jorge da Silva, no terço superior de encosta, com exposição sudoeste, coordenadas 18° 48' 29'' Latitude Sul, 42° 16' 07'' Longitude Oeste e 600 m de Altitude. Trata-se de uma área de onde foi extraída madeira no passado, encontrando-se, atualmente, em estágio de regeneração.

g) Pastagem – localizada na propriedade do Sr. José Jorge da Silva, no terço mediano de encosta com exposição sudoeste, coordenadas 18° 48' 29'' Latitude Sul, 42° 16' 07'' Longitude Oeste e 600 m de Altitude. É formada por brachiaria (*Brachiaria decumbens*) semeada a cerca de 3 anos, manualmente e com matraca, sem qualquer tipo de adubação. Anteriormente, era área de cultivo de milho e feijão.

h) Bananal – localizado na propriedade do Sr. José Matilde da Silva, no terço médio de encosta com exposição noroeste, coordenadas 18° 48' 29'' Latitude Sul, 42° 16' 07'' Longitude Oeste e 600 m de Altitude. Foi plantado há mais de 25 anos, manualmente através de mudas, e nunca recebeu qualquer tipo de adubação. Anteriormente, era área de cultivo de milho e feijão. No passado, (há mais de 50 anos) foi área de lavoura de café.

i) Área de cultivo de milho – localizada na propriedade do Sr. José Matilde da Silva, no terço médio de encosta com exposição noroeste, coordenadas 18° 48'

29'' Latitude Sul, 42° 16' 07'' Longitude Oeste e 600 m de Altitude. Era área de cultivo de banana com o mesmo histórico do bananal anteriormente citado. Há cerca de 10 anos o bananal sofreu intenso ataque do “Mal do Panamá” sendo, então, substituído pelo cultivo de milho. O milho é plantado todos os anos, manualmente, sem qualquer tipo de adubação. Em alguns anos foram introduzidas leguminosas, consorciadas ao milho, com a função de adubação verde.

2.4. Determinações analíticas

Em cada área selecionada foram realizadas três amostragens de solos, em altitudes diferentes, nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. Para cada amostragem, foram abertas três pequenas trincheiras, nas quais coletou-se três amostras por profundidade. Desta forma, as amostras compostas de cada profundidade, foram constituídas por 9 amostras simples. Uma porção de cada amostra composta foi protegida do calor e da insolação até a chegada ao laboratório, onde o teor de umidade foi mantido constante e as amostras armazenadas a 4 °C, para as determinações de carbono mineralizável e carbono da biomassa microbiana. Foram coletadas, também, amostras indeformadas, em anel volumétrico, para as determinações de umidade atual e densidade do solo.

Após secagem ao ar, as amostras de solos foram passadas em peneiras de 2 mm de malha e armazenadas em potes de plástico. Em cada amostra procederam-se às determinações analíticas conforme descrito a seguir.

2.4.1. Atributos físicos do solo

Foram realizadas: *análise textural, umidade atual, umidade residual, equivalente de umidade, densidade do solo e densidade de partículas, porosidade total, e grau de floculação*, conforme EMBRAPA (1997). A *argila dispersa* em água foi determinada pelo método proposto por Jucksch (1987).

2.4.2. Atributos químicos do solo

Foram medidos: *potencial de hidrogênio* (pH) - medido com peagâmetro em água na relação 1:2,5; *acidez trocável* (Al^{3+}) - extraído com KCl 1 mol/L e titulado com NaOH 0,025 mol/L; *acidez potencial* (H + Al) - extraído com acetato de cálcio 1 mol/L em pH 7,0 e titulado com NaOH 0,0606 mol/L; *cálcio e magnésio* (Ca^{2+} e Mg^{2+}) - extraídos com KCl 1 mol/L e determinados por espectrometria de absorção atômica; *potássio* (K^+) - extraído com Mehlich-1 e determinado por fotometria de chama; e calculados: *soma de bases* (SB) = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$; *capacidade de troca catiônica efetiva* (CTCe) = SB + Al^{3+} ; *capacidade de troca catiônica total a pH 7,0* (CTCt) = SB + (H + Al); *percentagem de saturação de bases* (V) = SB/CTCt x 100; *percentagem de saturação com alumínio* (m) = $\text{Al}^{3+}/\text{CTCe} \times 100$ conforme EMBRAPA (1997). Obteve-se, também, *Fósforo disponível* (P) - pela extração com Mehlich-1 e leitura da absorvância a 725 nm em espectrofotômetro, conforme Defelipo e Ribeiro (1981).

2.4.3. Atributos ligados à matéria orgânica do solo

Carbono orgânico total (Yeomans e Bremner, 1988)

Amostra de 0,2 g de solo, almofarizada e passada em peneira de 0,210 mm, foi acondicionada em tubos pirex de bloco digestor, juntando-se 5 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,17 mol/L e 7,5 mL de H_2SO_4 concentrado. Após o pré-aquecimento do bloco digestor até a temperatura de 170° C, os tubos foram colocados no bloco e mantidos nessa temperatura por 30 minutos. Em seguida, foram retirados para que esfriassem. O conteúdo de cada tubo foi transferido, quantitativamente, para erlenmeyers de 125 mL, utilizando-se água destilada. Deixou-se a solução esfriar até temperatura ambiente, adicionaram-se 2 mL de H_3PO_4 concentrado, 0,2 g de NaF e três gotas da solução indicadora ferroin, e titulou-se com $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,2 mol/L. Foram feitas duas provas em branco; uma sofreu aquecimento, a outra não.

O teor de carbono orgânico total foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{COT}(\text{dag/kg}) = (\text{V}) \cdot (\text{N.Peq.100}) / \text{Pam}$$

Onde:

V = Volume de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ gasto na titulação, sendo:

$$V = (V_{bc} - V_a) \cdot (V_{bs} - V_{bc}) / V_{bs} + (V_{bc} - V_a), \text{ em que:}$$

V_{bc} = Volume de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ gasto na titulação da prova em branco que sofreu aquecimento;

V_{bs} = Volume de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ gasto na titulação da prova em branco que não sofreu aquecimento;

V_a = Volume de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ gasto na titulação da amostra.

N = Normalidade da solução de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Peq = Peso equivalente do carbono.

Pam = Peso da amostra de solo em mg.

Nitrogênio total - determinado pelo método de Kjeldahl por destilação a vapor, descrito por Tedesco et al. (1985).

Fósforo orgânico (Bowman, 1989)

Em 2 g de amostra de solo, acondicionada em erlenmeyer de 125 mL, foram adicionados 3 mL de H_2SO_4 concentrado. O erlenmeyer foi agitado, manualmente, para completa imersão do ácido na amostra; foram adicionados 3 mL de água destilada, em três porções de 1 mL cada, agitando-se, manualmente, a cada adição de 1 mL. Na seqüência, adicionaram-se mais 44 mL de água destilada, completando-se um volume total de extrator de 50 mL. Após agitação manual por 5 a 10 segundos, a solução foi filtrada em filtro de papel lento, reservando-se o filtrado (extrato ácido) e retornando-se, quantitativamente, a amostra para o erlenmeyer. Em seguida, foram adicionados 100 mL de NaOH 0,5 mol/L e procedeu-se a uma agitação, em agitador horizontal, por duas horas. A solução foi filtrada em papel de filtro lento, reservando-se o filtrado (extrato básico).

As amostras foram digeridas adicionado-se, seqüencialmente, em frascos de vidro de 50 mL: 2 mL do extrato (ácido ou básico), 0,5 g de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ e 2 mL H_2SO_4 5,5 mol/L. Os frascos de vidro foram aquecidos em chapa quente (aproximadamente 150°C) por 60 minutos. Após a digestão, o material

gelatinoso, que ficou no fundo dos frascos de vidro, foi redissolvido com 5 mL de HCl 0,6 mol/L. O pH da solução foi ajustado com NaOH 10 mol/L, utilizando-se indicador p-nitrophenol, e o volume completado para 25 mL com água destilada (extrato digerido).

Tanto no extrato ácido, como no extrato básico, foram feitas determinações de fósforo em amostra digerida (*fósforo total* - Pt) e em amostra não digerida (*fósforo inorgânico* - Pi). A diferença entre o fósforo determinado na amostra digerida (Pt) e o fósforo determinado na amostra não digerida (Pi) fornece os valores de *fósforo orgânico* (Po). O Po total é a soma do Po do extrato ácido mais o Po do extrato básico.

Para a determinação de fósforo na amostra não digerida, tomou-se 0,5 ou 1 mL do extrato (ácido ou básico), dependendo do teor de fósforo de cada amostra, completando-se a solução de leitura para 5 mL com água destilada. Na leitura do extrato básico, foi feita uma prova em branco para cada amostra (extrato sem o reagente de trabalho) devida a turbidez apresentada pelo mesmo. Na amostra digerida, o fósforo foi determinado tomando-se 10 mL do extrato digerido, sendo a leitura feita em cubeta de 5 cm de comprimento.

Em todos os casos o fósforo foi determinado conforme Defelipo e Ribeiro (1981).

Fracionamento de substâncias húmicas e determinação do teor de carbono nas frações:

O fracionamento das substâncias húmicas foi feito conforme método descrito por Schnitzer (1982), segundo a técnica de solubilidade diferencial, utilizando-se os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Hayes et al., 1989).

As frações ácidos fúlvicos e húmicos foram extraídas com solução NaOH 0,1mol/L na relação solo:extrator de 1:10 p/v, utilizando-se 1,0 g de solo almofarizado e passado em peneira de 0,210 mm e um tempo de contato de 24 h, após agitação horizontal por 30 minutos. A separação entre o extrato alcalino e o resíduo foi feita por centrifugação a 996 g por 20 minutos. Seguiram-se duas lavagens do resíduo com a mesma solução, adicionando-se o extrato ao

anteriormente reservado. O resíduo foi recolhido em erlenmeyer de 125 mL e colocado para secar em estufa com circulação de ar a 105⁰C. O extrato alcalino teve o pH ajustado para 1,6 ± 0,2 com solução aquosa de H₂SO₄ 20% e decantou por 18 horas. O precipitado, fração ácidos húmicos (FAH), foi separado da fração solúvel por centrifugação a 996 g por 5 minutos, rediluído em solução NaOH 0,1 mol/L e seu volume aferido para 50 mL. A porção solúvel no extrato acidificado, fração ácidos fúlvicos (FAF), teve o volume aferido para 50 mL, utilizando-se água destilada.

O carbono nos extratos das frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos foi determinado segundo o método de Yeomans e Bremner (1988), utilizando-se alíquotas de 5 mL de extrato, 5mL de K₂Cr₂O₇ 0,017 mol/L e 10mL de H₂SO₄ concentrado, e titulando-se com Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O 0,02 mol/L. O carbono da fração humina (FHU) foi determinado da mesma forma que o carbono orgânico total (Yeomans e Bremner, 1988), utilizando-se 0,2 g do resíduo.

Carbono mineralizável (Gregorich et al., 1991).

Em 50 g de amostra de solo passado em peneira de 2 mm de malha e acondicionada em pote de plástico de 500 cm³, foi adicionada água até à umidade correspondente a 60% da capacidade de campo. Sobre a amostra de solo foi colocado um frasco de plástico de 50 cm³ contendo 10 mL de NaOH 0,5 mol/L. O pote de plástico de 500 cm³ foi hermeticamente fechado com tampa de rosca e colocado para incubação em germinador de sementes a 25 ⁰C. A cada 5 dias foi determinado o carbono mineralizado pela atividade microbiana, titulando-se o NaOH restante com HCl 0,25 mol/L. Para a titulação do NaOH, o pote de plástico contendo a amostra incubada foi aberto, o NaOH vertido para erlenmeyer de 125 mL, adicionando-se, imediatamente, 5 mL de BaCl₂.2H₂O 1,0 mol/L. Após o reabastecimento com NaOH as amostras de solo voltaram à incubação. Ao NaOH recolhido no erlenmeyer foram adicionadas três gotas de indicador fenolftaleína, procedendo-se, em seguida, à titulação com HCl. A quantidade de carbono mineralizado foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{mgCO}_2 = (B - A) \times M \times E$$

sendo:

B = Volume de ácido clorídrico gasto na prova em branco;

A = Volume de ácido clorídrico gasto na amostra;

M = Molaridade do ácido clorídrico (mol/L);

E = Peso equivalente do carbono (6).

Carbono da biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana foi extraído do solo com K_2SO_4 0,5 mol/L. O seu teor foi obtido pela diferença entre o carbono extraído de amostra submetida à irradiação em microondas e o carbono extraído de amostra não submetida à irradiação em microondas (Ferreira et al., 1999).

Duas amostras de 10 g de solo foram acondicionadas em erlenmeyer de 125 mL e umedecidas à 60% da capacidade de campo. Uma das amostras foi submetida à irradiação em microondas a 400 J/g por duas vezes. Em seguida, nas duas amostras foram adicionados 25 mL de K_2SO_4 0,5 mol/L. As amostras foram agitadas em agitador horizontal por 60 minutos, centrifugadas a 1356 g por 5 minutos e filtradas em filtro de papel rápido. Adicionaram-se duas gotas de H_2SO_4 concentrado ao filtrado, no qual foi determinado o teor de carbono.

Para a determinação do carbono, foram pipetados 5 mL do extrato em erlenmeyer de 125 mL contendo 1 mL de $K_2Cr_2O_7$ 0,17 mol/L e 5 mL de H_2SO_4 concentrado. Foi colocado um pequeno funil de vidro na abertura do erlenmeyer para ajudar no refluxo da mistura ácido-dicromato. A solução foi submetida à irradiação em microondas a 500 J/mL. Depois da digestão em microondas, o volume foi ajustado para 25 mL. Os procedimentos de digestão e diluição, descritos acima, foram repetidos para padrões de sacarose (0, 10, 20, 40, 80, 200 e 400 mgC/L) e uma prova em branco. Nos padrões de sacarose e nas amostras foi medida a absorvância a 590 nm, utilizando-se um espectrofotômetro (Islam e Weil, 1998).

Carbono extraível com solução salina (Mendonça et al., 2001)

Amostra de 10 g de solo foi acondicionada em erlenmeyer de 125 mL, juntamente com 20 mL da solução extratora de $NaHSO_4 \cdot H_2O$ 0,025 mol/L. A suspensão foi agitada por 30 minutos em agitador horizontal e centrifugada a

1356 g por 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado em filtro de papel rápido, reservando-se o filtrado. O carbono foi determinado por colorimetria, utilizando-se um espectrofotômetro (Islam e Weil, 1998).

Carbono Solúvel em Água (Mendonça, 1992)

Amostra de 10 g de solo foi acondicionada em erlenmeyer de 125 mL, juntamente com 20 mL de água destilada. A suspensão foi agitada por 30 minutos em agitador horizontal e centrifugada a 1356 g por 10 min. O sobrenadante foi filtrado em filtro de papel rápido, reservando-se o filtrado. O carbono foi determinado por colorimetria, utilizando-se um espectrofotômetro (Islam e Weil, 1998).

Carbono da matéria orgânica leve (Anderson e Ingram, 1989)

Amostra de 30 g de solo foi acondicionada em frasco de vidro de 200 mL, juntamente com 100 mL de água destilada. A suspensão foi agitada por 3 horas em agitador horizontal e passada em peneira de 0,210 mm de malha. O material retido na peneira foi acondicionado em bacia de plástico com água de torneira. O material orgânico que flutuou na água foi recolhido em cadinho de porcelana e colocado para secar em estufa com circulação de ar a 70°C por 12 horas. Em seguida, o material foi calcinado em mufla a 550°C por 6 horas, sendo pesado antes e depois da calcinação. O valor de carbono da matéria orgânica leve foi obtido pela diferença entre o peso do cadinho mais o material orgânico antes da calcinação na mufla e o peso do cadinho mais a cinza após a calcinação na mufla.

2.5. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o seguinte modelo:

FV	GL
SIS	(i-1)
Erro (a)	(i-1)(k-1)+(k-1)
PRO	(j-1)
PRO X SIS	(j-1)(i-1)
Erro (b)	i(j-1)(k-1)

sendo:

i = sistema

j = profundidade

k = repetição

As médias de profundidades, dentro de um mesmo sistema, foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o Quadrado Médio do Erro (b).

As médias de sistemas foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se, nesse caso, o Quadrado Médio do Erro (a).

Os valores de formas de carbono foram correlacionadas entre si e com os índices de sustentabilidade propostos, através do teste de correlação de Pearson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ocupação e uso do solo e condições ambientais

Até o final do século XVIII, o Vale do Rio Doce, MG constituía-se dos chamados “sertões do leste”, separando as áreas auríferas do litoral. Descendo para o leste ficava o território aonde, do ponto de vista do colonizador, eram e deveriam ficar “áreas vazias”. Com o objetivo de manter uma barreira natural ao contrabando, a coroa portuguesa baixou, entre 1704 e 1769, uma série de proibições, restringindo a abertura de estradas, a navegação e a fixação de colonos. Qualquer um que chegasse ao Espírito Santo, vindo do Rio Doce, estava sujeito a prisão (Pimenta, 1971, citado por Espíndola, 2000).

Os primeiros habitantes dessa região, dos quais se têm notícia, foram os grupos indígenas conhecidos como Botocudo. Assim eram denominados os membros de vários grupos indígenas existentes nas bacias do Rio Doce, Mucurí, São Mateus e Jequitinhonha (Espíndola, 2000). Naquela época, existiam muitos relatos denunciando as “hostilidades” e “maldades” praticadas pelos Botocudo. Para o governador Pedro Maria Xavier de Athayde Mello (1808) “o botocudo é selvagem que não se pode domesticar” (Vasconcelos, 1974).

Com a decadência da mineração, no final do século XVIII, os governadores da Capitania de Minas Gerais buscavam alternativas econômicas para a Capitania. Em 1807, o governador Pedro M. X. de Athayde Mello apresentou os “sertões do leste” como solução para os problemas da Capitania. No entanto, para ele, os obstáculos eram a insalubridade da região, as cachoeiras e, o mais grave, a ferocidade dos botocudo. As propostas de Pedro M. X. de Athayde Mello foram

acatadas pela coroa portuguesa, seguindo-se uma série de ações no sentido de controlar/dominar os Botocudo. Inicialmente, através de ações militares e posteriormente, através de ações missionárias. As ações militares e missionárias conseguiram, segundo Espíndola (1996), “limpar os vales” da presença dos Botocudo.

Os fluxos migratórios para o vale do Rio Doce sucederam às ações militares e missionárias, podendo ser descritos da seguinte forma: de origem interna, vieram moradores da antiga região mineradora da bacia do Suaçuí e da extremidade norte da Zona da Mata; também vieram moradores do vale do Jequitinhonha e da Bahia; outros vieram da região fluminense, descendo pelo rio Manhuaçu. A partir do final do século XIX, do litoral para o interior, vieram estrangeiros ou seus descendentes estabelecidos na serra do Espírito Santo (Espíndola, 2000).

A intensificação da ocupação do Vale do Rio Doce e, especialmente da microrregião de Governador Valadares, se deu, com a construção da Estrada de Ferro Vitória a Minas - EFVM, iniciada em 1903 e concluída na década de 30 do século XX. Em 1907, a construção da EFVM foi interrompida na localidade de Derribadinha, até que se construísse a ponte sobre o Rio Doce. Em 1910, atravessando o rio, a ferrovia atingiu Figueira do Rio Doce, atual Governador Valadares (Espíndola, 2000).

A ferrovia veio substituir o precário sistema de transporte feito por canoas e provocou o aumento do povoamento ao longo das margens do Rio Doce. A própria construção da EFVM trouxe um grande contingente de pessoas para a região. A companhia foi buscar trabalhadores nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco (Espíndola, 1996).

Outro fator de grande contribuição, para acelerar o povoamento desta região, foi a construção, nos anos 40/50, da rodovia Rio-Bahia. No início dos anos trinta, a região não contava com uma única estrada de rodagem de tráfego permanente. Existiam apenas picadas na mata e caminhos toscos, trafegados por tropas de burro. Nos anos cinquenta, a Rio-Bahia determinou a alteração no sentido do tráfego, deixando de ser apenas no sentido Belo Horizonte-Vitória pela EFVM, mas dirigindo-se, também, para o Rio de Janeiro. Sua construção fez

avançar a ocupação demográfica, determinando uma alteração significativa no rumo da ocupação que se processava (Espíndola, 2000).

Apresentando terras de boa fertilidade, madeiras de excelente qualidade e riquezas minerais, agora com a facilidade de transporte proporcionada pela ferrovia e pela Rio-Bahia (as duas se cruzam exatamente em Governador Valadares), a região se torna um grande atrativo para migrantes em busca de meios de sobrevivência, e para fazendeiros e industriais em busca de riqueza fácil (Pereira, 1980).

A região experimentou um fantástico crescimento populacional. Somente nos anos 40, as áreas de crescimento moderado tiveram índices de aproximadamente 80%, com vários municípios ultrapassando 200% de expansão populacional. Governador Valadares, que até o final dos anos vinte, era uma simples estação da estrada de ferro (Figueira do Rio Doce), entre 1940-1950, se tornou um centro regional, apresentando um crescimento populacional de 400% (Espíndola, 2000).

Nos anos quarenta e cinquenta, a base da expansão demográfica foi o aumento das atividades econômicas, com a intensificação da produção carvoeira, da atividade madeireira e da multiplicação de serrarias. Por outro lado, ocorreu a introdução da cultura comercial da cana-de-açúcar, a expansão da pecuária extensiva e das culturas de subsistência (Strauch, 1958).

A primeira atividade econômica de maior porte, que se instalou no Vale do Rio Doce, foi a extração da madeira, que passou, nos anos quarenta e cinquenta, da simples exploração da tora bruta para o processamento pelas serrarias e a produção de carvão e lenha para atender às demandas das indústrias siderúrgicas que se instalavam à montante do Rio Doce, no Vale do Rio Piracicaba. A madeira, de boa qualidade, era um recurso natural “gratuito” e de fácil obtenção de lucro. Além disso, a atividade madeireira dinamizava a região, possibilitando a abertura de estradas e a criação de povoados em torno das serrarias. A atividade madeireira foi importante fator de interiorização da colonização, ao permitir o espraiamento da população pelo território. Os proprietários de terras, principalmente os pequenos, e os que tinham posse de terras devolutas, obtinham, através da venda da madeira, uma capitalização mínima para iniciar

suas atividades agrícolas. Os principais mercados compradores eram Vitória, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. Esta atividade durou até o esgotamento da matéria prima, observando-se hoje, em quase todas as cidades da região, os vestígios das serrarias e ruínas presentes na paisagem (Espíndola, 2000).

Outra atividade que teve expressão e concentrou-se em Gov. Valadares foi a extração e beneficiamento de mica, expandindo-se durante a II guerra mundial, devido aos interesses estratégicos dos Estados Unidos. Os proprietários de jazidas controlavam o beneficiamento mantendo estabelecimentos, mas, principalmente, contratando os serviços de centenas de pequenas oficinas, e de trabalhadores domésticos, espalhados em fundos de quintais pelos bairros pobres da cidade. Nos anos cinquenta, o produto era na sua totalidade exportado para os Estados Unidos e, secundariamente, para a Alemanha (Strauch, 1958). Nos anos sessenta, esta atividade perdeu, paulatinamente, a importância, até não ser mais de interesse econômico (Espíndola, 2000).

A agricultura entrou nessa região, inicialmente, pelas mãos dos posseiros, vindos de outras regiões do estado ou de estados nordestinos. Tratava-se em primeira mão, de culturas de subsistência (arroz, feijão, milho, mandioca, banana). Eram plantadas nas partes mais altas do terreno. As partes mais baixas eram mais facilmente alagadas e sujeitas a doenças (informações obtidas de agricultores pioneiros na região). Praticou-se em algumas áreas a *agricultura itinerante* (derrubava-se a floresta, plantava-se por alguns anos, abandonava-se aquela área e partia-se para a derrubada da floresta em nova área). Na obra de Saint-Hilaire, essa prática é criticada com veemência. Depois de descrever a prática dos colonos da região, no caminho entre Vila do Príncipe (atual Serro) e Peçanha, afirma que “o terreno que se acaba de semear só apresenta a imagem da destruição e do caos”, referindo-se à prática de desfloretrar o terreno, deixar secar por alguns dias, colocar fogo e, finalmente, realizar a plantação. Ele relata que após duas colheitas, deixava-se o terreno repousar. Depois de cinco, seis ou sete anos, cortavam-se novamente as árvores, queimava-se e, em seguida, fazia-se novo cultivo nas cinzas. Com mais uma colheita, deixava-se o solo repousar de novo, repetindo-se o processo até que o solo ficasse inteiramente esgotado. O autor conclui que, desse modo, “os agricultores terminam, na Província de

Minas, o que começaram os homens que iam à cata de ouro, a funesta destruição das matas” (Saint-Hilaire, 1975, citado por Espíndola, 2000).

O café também foi introduzido no Vale do Rio Doce, concentrando-se nos municípios de Caratinga, Conselheiro Pena, Resplendor e Itueta (Espíndola, 2000). Na microrregião de Governador Valadares não teve a mesma importância que em outras microrregiões do Vale do Rio Doce.

A única cultura comercial de grande importância, implantada na microrregião de Governador Valadares nos primórdios de sua ocupação, foi a cana-de-açúcar, destinada à Companhia Açucareira do Rio Doce - CARDO pertencente à CIA Belgo Mineira. A companhia aproveitou a baixada aluvial, à jusante da cidade de Gov. Valadares onde se localizava, para sua plantação e, ao mesmo tempo, favoreceu o desenvolvimento de grandes e pequenas plantações de fornecedores. Nos anos setenta esta atividade foi encerrada, ficando apenas as ruínas da antiga usina de açúcar (Espíndola, 2000).

Aos poucos o capim colônia foi tomando conta da paisagem, trazendo consigo a principal atividade econômica desta região até os dias atuais, a pecuária extensiva. Nas áreas aluviais, após a derrubada da mata, o capim colônia tomava conta da faixa ribeirinha. Os fazendeiros cediam as partes baixas de suas fazendas (terraço ou leito maior) para os pequenos agricultores plantarem culturas de subsistência, com a condição de que implantassem o capim colônia. Depois da colheita, o “colônia” já estava crescendo, então soltava-se o gado para pastejá-lo. Antes das próximas chuvas ateavam fogo. Como o “colônia” resistia ao fogo, ele era o primeiro a brotar dando muito trabalho para se implantar culturas novamente. Mesmo nas partes altas, quando as áreas ficavam “abandonadas” após alguns cultivos, o “colônia” ia penetrando e tomando conta (Espíndola, 2000).

Como aos poucos, a maior parte das terras iam sendo incorporadas pelos grandes fazendeiros e estes tinham como atividade apenas a criação de gado, a pecuária foi se alastrando. Os dizeres de um fazendeiro da região refletem o pensamento dominante:

“Eu! para que vou me dedicar à lavoura? Não sou trouxa. Lavoura gasta gente para preparar a terra, plantar, cultivar e colher. Já com os “orelhudos” - assim denominavam o gado - a coisa é muito mais simples e barata. Um vaqueiro toma conta de milhares de bois. O “colonião” nasce, só de semear de cima do cavalo, brotando pelas quinze bandas. Se o pasto está sujo, uma caixa de fósforo resolve. Taco fogo, o mato morre e o pasto sai mais viçoso ainda”.

Pereira (1980)

O Vale do Rio Doce, e notadamente, a microrregião de Governador Valadares são, provavelmente, as porções mais degradadas do estado de Minas Gerais. É freqüente na paisagem, o topo e o terço superior das elevações encontrarem-se desprovidos de cobertura vegetal (“pelados”) e as encostas apresentarem voçorocas.

Em estudos de erosão acelerada realizados pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC (1989), a maior parte das áreas da microrregião de Governador Valadares aparecem como de ocorrência muito alta de erosão (Figura 3).

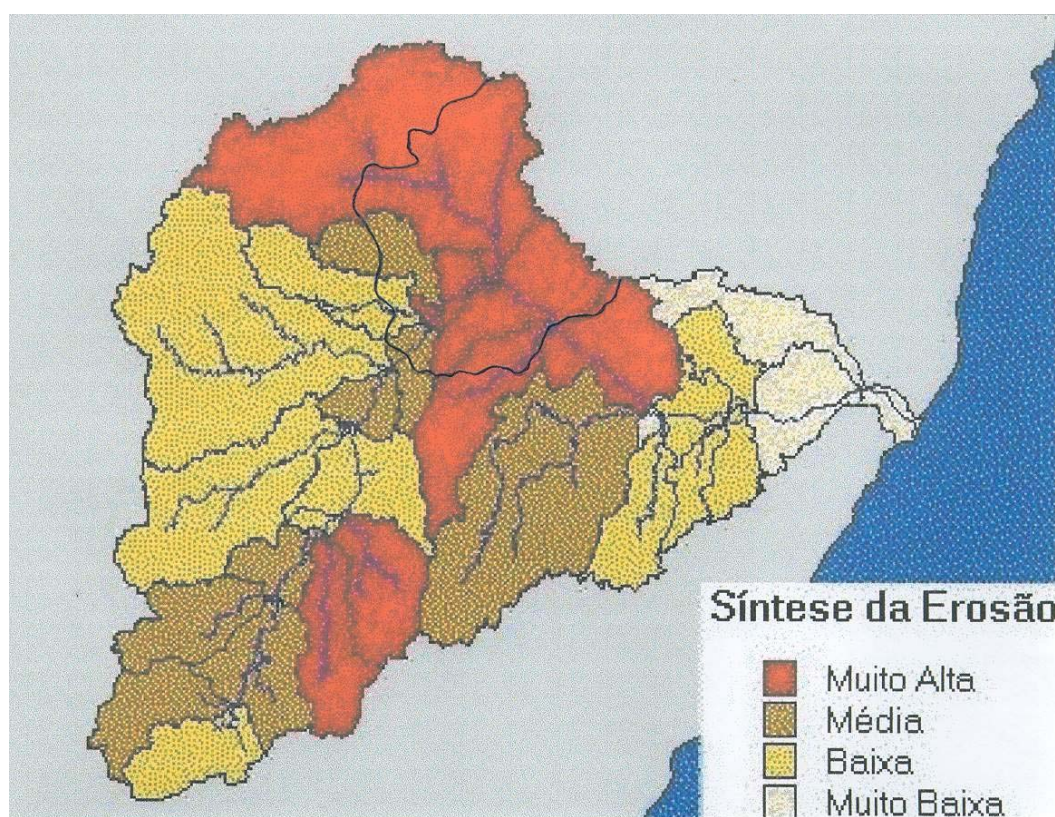
Na avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Doce, baseada em dados de 1985 a 1990 (Agência Técnica do Rio Doce, 1994), as águas da microrregião de Governador Valadares se apresentavam com qualidade inferior a classe 2, necessitando portanto, de tratamento avançado, ou sendo impróprias, para o abastecimento humano (Resolução CONAMA 020/86). Os principais problemas apontados foram as contaminações bacteriológicas e tóxicas (metais, óleos e graxas, fenóis e detergentes) e o excesso de sólidos em suspensão. Este último, certamente, provocado pelos intensos processos erosivos ocorrentes na região.

Devido a grande quantidade de sedimentos acumulados no leito do rio Doce, o alagamento de suas margens tem se tornado constante nas estações chuvosas. Por outro lado, está se tornando cada vez mais freqüente a presença de leitos de pequenos cursos d’água completamente secos durante a estação seca.

A capacidade suporte das pastagens da região constituídas, em sua maioria, por capim colonião (*Panicum maximum*), que foi no passado de 2,0 unidades adultas/ha de bovinos, já, na década de oitenta, não ultrapassava a 0,8 unidades adultas/ha (Baruqui, 1982). Embora a área destinada à pastagem tenha aumentado nas últimas décadas, a produção de bovinos tem declinado acentuadamente (Figura 4).

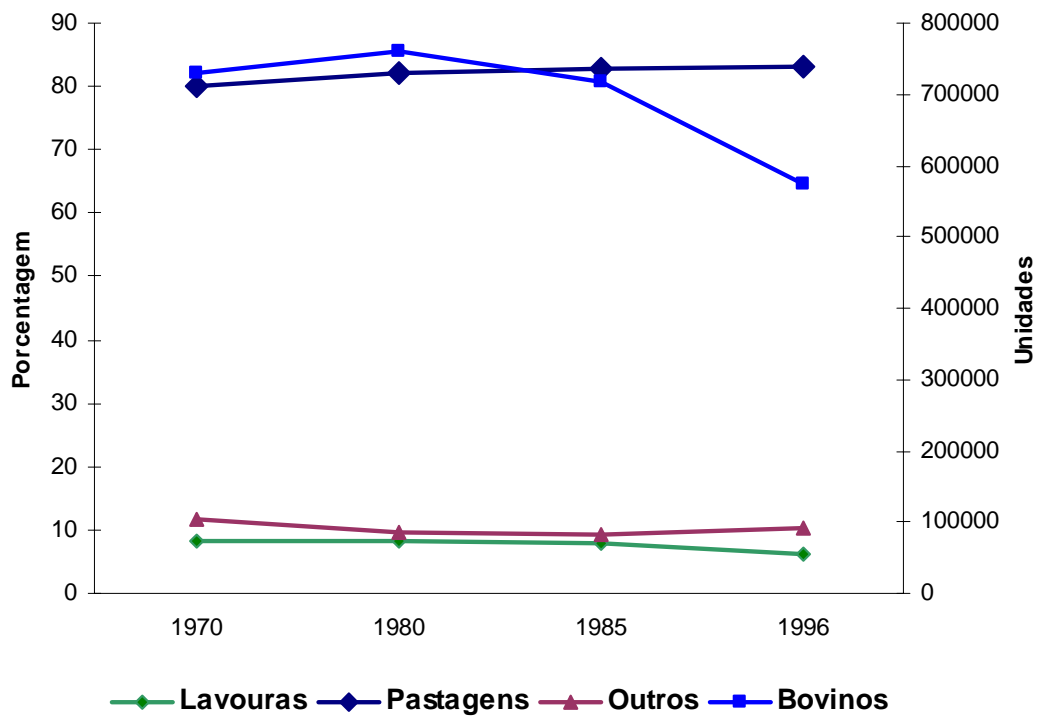
A produção dos principais produtos agropecuários da região também declinou nas últimas décadas. Mesmo o arroz e o leite que apresentaram acréscimos de produção até a década de 80, declinaram na década de 90 (Figura 5).

Todos esses dados evidenciam a degradação ambiental da microrregião de Governador Valadares, Vale do Rio Doce, MG, fruto da forma predominante de ocupação e uso do solo. Essa degradação ambiental somada à alta concentração de terra e de renda, refletem-se numa crescente degradação sócio-econômica, a ponto dessa região ser considerada “problemática no contexto estadual” (Economia Mineira, 1989).



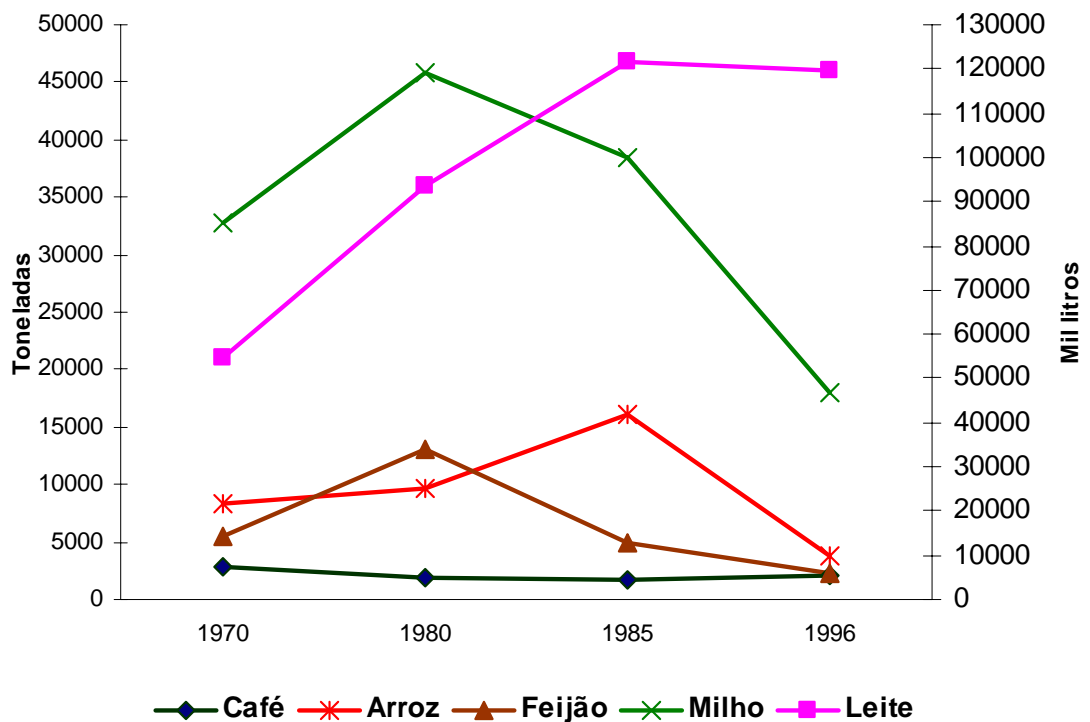
Fonte: CETEC (1989).

Figura 3 - Ocorrência de erosão na bacia hidrográfica do Rio Doce. Em destaque, a microrregião de Governador Valadares, MG.



Fonte: IBGE - Censos Agropecuários de 1970, 1980, 1985 e 1996.

Figura 4 - Utilização das terras e produção de bovinos na microrregião de Governador Valadares, MG, nas últimas décadas.



Fonte: IBGE - Censos Agropecuários de 1970, 1980, 1985 e 1996.

Figura 5 - Produção dos principais produtos agropecuários na microrregião de Governador Valadares, MG, nas últimas décadas.

3.2. Atributos físicos do solo

Os solos das áreas estudadas em Ilha Brava e Ilha Funda são Argilosos/Argilo-Arenosos e os solos das áreas estudadas no Córrego dos Desidérios são Franco-Argilo-Arenosos/Franco-Arenosos (Tabela 1). Os solos do Córrego dos Desidérios são oriundos, provavelmente, de material mais rico em quartzo que os solos de Ilha Brava e os de Ilha Funda.

O teor de argila no solo sob pastagem foi maior do que no solo sob mata nas três localidades estudadas, ocorrendo o inverso com o teor de areia grossa. Observa-se, também, que há um acréscimo no teor de argila, em profundidade, em todos os solos estudados (Tabela 1). Devido à maior exposição, o solo sob pastagem sofreu maior erosão e, conseqüentemente, a perda das camadas superficiais que apresentavam maiores teores de partículas grosseiras.

O solo da área em recuperação com sistema agroflorestal, em Ilha Funda, apresentou teor de argila superior e de areia grossa inferior aos da mata e da pastagem (Tabela 1). Por se tratar de uma área que estava intensamente degradada, antes de iniciar o processo de recuperação, a erosão foi mais intensa, com maiores perdas das camadas superficiais, mais ricas em partículas grosseiras.

Os solos sob bananeira e sob milho do Córrego dos Desidérios, são mais jovens que os solos sob mata e sob floresta da mesma localidade, o que pode ser constatado pelos maiores teores de silte apresentados (Tabela 1). Albuquerque Filho (2001), trabalhando com este solo, classificou-o como Cambissolo eutrófico.

A pastagem diferenciou-se da mata nos principais atributos físicos do solo, nas três localidades estudadas, apresentando maiores valores de densidade do solo e argila dispersa em água e menores valores de porosidade total e grau de floculação, exceto para o teor de argila dispersa em água em Ilha Funda, que foi menor que na mata e, conseqüentemente, sendo maior o grau de floculação; e o grau de floculação no Córrego dos Desidérios, que foi maior do que na mata, mesmo com o teor de argila dispersa em água tendo sido maior, ambos apresentando diferenças não significativas (Tabela 2).

Tabela 1 - Valores médios da análise textural em amostras de solos de diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	Areia G.	Areia F.	Silte	Argila	Classe Textural
-----%-----						
Ilha Brava						
Mata	0 – 5	43 a	13 a	2 a	42 b	Argilo-Arenosa
	5 – 10	39 b	13 a	1 a	47 a	Argilo-Arenosa
	10 – 20	36 b	14 a	2 a	48 a	Argilo-Arenosa
	Média	39 A	13 B	2 B	46 B	Argilo-Arenosa
Pas	0 – 5	29 a	18 a	6 a	47 b	Argilo-Arenosa
	5 – 10	25 b	17 a	5 a	53 a	Argila
	10 – 20	23 b	15 b	6 a	56 a	Argila
	Média	26 B	16 A	6 A	52 A	Argila
Ilha Funda						
Mata	0 – 5	46 a	7 a	4 a	43 a	Argilo-Arenosa
	5 – 10	42 ab	8 a	6 a	44 a	Argilo-Arenosa
	10 – 20	42 b	6 a	6 a	46 a	Argilo-Arenosa
	Média	43 A	7 A	6 A	44 B	Argilo-Arenosa
Pas	0 – 5	43 a	7 a	5 a	45 a	Argilo-Arenosa
	5 – 10	41ab	7 a	5 a	47 a	Argilo-Arenosa
	10 – 20	37 b	6 a	7 a	50 a	Argila
	Média	41 AB	7 A	5 A	47 AB	Argilo-Arenosa
Saf	0 – 5	34 a	8 a	5 a	53 b	Argila
	5 – 10	31 a	6 b	6 a	57 ab	Argila
	10 – 20	30 a	6 b	6 a	58 a	Argila
	Média	32 B	7 A	6 A	56 A	Argila
Córrego dos Desidérios						
Mata	0 – 5	67 a	8 b	5 b	20 a	Franco-Argilo-Arenosa
	5 – 10	63 a	9 b	8 ab	20 a	Franco-Argilo-Arenosa
	10 – 20	57 b	10 a	10 a	23 a	Franco-Argilo-Arenosa
	Média	62 A	9 A	8 C	21 B	Franco-Argilo-Arenosa
Pas	0 – 5	53 a	9 a	11 a	27 a	Franco-Argilo-Arenosa
	5 – 10	54 a	8 a	8 a	30 a	Franco-Argilo-Arenosa
	10 – 20	50 a	8 a	8 a	32 a	Franco-Argilo-Arenosa
	Média	52 C	8 A	10 BC	30 A	Franco-Argilo-Arenosa
Ban	0 – 5	57 a	7 a	19 a	17 a	Franco-Arenosa
	5 – 10	59 a	8 a	15 a	18 a	Franco-Arenosa
	10 – 20	56 a	8 a	15 a	21 a	Franco-Argilo-Arenosa
	Média	57 B	8 A	17 AB	18 B	Franco-Arenosa
Mil	0 – 5	51 a	9 a	22 a	18 a	Franco-Arenosa
	5 – 10	48 a	9 ab	23 a	20 a	Franco-Argilo-Arenosa
	10 – 20	50 a	7 b	21 a	22 a	Franco-Argilo-Arenosa
	Média	49 C	9 A	22 A	20 B	Franco-Argilo-Arenosa

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho. Médias de sistemas seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma localidade e médias de profundidades seguidas pela mesma letra minúscula; no mesmo sistema, ambas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Valores médios de atributos físicos do solo em diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	A. D.	G. F.	U. A.	U. R.	E. U.	P. T.	D.S.	D. P.
		-----%-----						-----g/cm ³ -----	
Ilha Brava									
Mata	0-5	15,6 a	62,7 a	16,0 a	1,77 a	17,2 b	58,1 a	1,03 a	2,47 a
	5-10	15,8 a	66,3 a	17,0 a	2,10 a	18,2 ab	56,5 a	1,04 a	2,39 a
	10-20	15,7 a	67,2 a	17,2 a	2,14 a	19,2 a	54,7 a	1,13 a	2,49 a
	Média	15,7 B	65,4 A	16,7 A	2,00 A	18,2 B	56,4 A	1,07 B	2,45 A
Pas	0-5	21,7 b	53,7 a	14,9 b	2,41 a	21,6 b	43,6 b	1,40 a	2,48 a
	5-10	24,1 a	54,6 a	16,1 b	2,64 a	23,5 a	47,7 ab	1,30 ab	2,48 a
	10-20	24,0 a	57,4 a	18,4 a	2,83 a	23,9 a	50,8 a	1,24 a	2,52 a
	Média	23,3 A	55,2 B	16,5 A	2,63 A	23,0 A	47,4 B	1,31 A	2,49 A
Ilha Funda									
Mata	0-5	13,1 a	68,6 a	19,6 b	1,60 a	23,6 a	60,5 a	0,96 a	2,43 a
	5-10	13,4 a	69,2 a	21,5 a	1,91 a	24,4 a	61,1 a	0,93 a	2,39 a
	10-20	14,7 a	67,1 a	22,5 a	1,98 a	25,9 a	59,8 a	1,00 a	2,50 a
	Média	13,8 A	68,3 A	21,2 A	1,83 A	24,6 AB	60,5 A	0,96 B	2,44 A
Pas	0-5	11,8 a	73,2 a	18,2 b	2,23 a	23,0 a	56,4 a	1,08 a	2,47 a
	5-10	13,0 a	72,1 a	20,0 b	2,22 a	22,9 a	55,1 a	1,11 a	2,48 a
	10-20	13,7 a	71,9 a	22,7 a	2,64 a	25,2 a	60,2 a	1,00 a	2,52 a
	Média	12,8 A	72,4 A	20,3 A	2,36 A	23,7 B	57,2 A	1,06 AB	2,49 A
Saf	0-5	15,7 a	70,5 ab	20,1 c	2,66 a	23,9 b	52,6 a	1,21 a	2,56 a
	5-10	16,9 a	70,2 b	22,0 b	2,02 a	26,2 ab	54,3 a	1,18 ab	2,58 a
	10-20	15,2 a	73,8 a	24,3 a	2,48 a	27,8 a	57,8 a	1,06 b	2,51 a
	Média	15,9 A	71,5 A	22,1 A	2,39 A	26,0 A	54,9 A	1,15 A	2,55 A
Córrego dos Desidérios									
Mata	0-5	9,6 a	51,6 a	20,0 a	1,85 a	14,6 a	59,6 a	1,00 a	2,48 a
	5-10	10,6 a	46,2 a	20,5 a	1,77 a	14,8 a	60,6 a	0,99 a	2,51 a
	10-20	12,5 a	46,3 a	20,0 a	1,76 a	15,5 a	59,0 a	1,03 a	2,52 a
	Média	10,9AB	48,0 A	20,2AB	1,79 C	15,0 C	59,7 A	1,00 B	2,50 A
Pas	0-5	11,8 b	57,8 a	26,4 a	3,02 a	19,0 a	49,1 a	1,26 a	2,48 a
	5-10	13,7 ab	54,7 a	24,3 a	2,22 a	18,8 a	50,6 a	1,24 a	2,51 a
	10-20	16,0 a	49,3 a	23,6 a	2,00 a	20,5 a	53,1 a	1,19 a	2,54 a
	Média	13,8 A	53,9 A	24,8 A	2,41 BC	19,4 B	51,0 B	1,23 A	2,51 A
Ban	0-5	8,0 a	52,6 a	15,9 a	3,72 a	19,7 a	56,2 a	1,07 a	2,45 a
	5-10	8,9 a	51,5 a	18,9 a	3,75 a	19,9 a	60,4 a	0,96 a	2,42 a
	10-20	9,5 a	54,9 a	19,4 a	3,83 a	17,8 a	55,4 a	1,12 a	2,50 a
	Média	8,8 AB	53,0 A	18,1 B	3,77AB	19,1 B	57,3 AB	1,05 AB	2,46 AB
Mil	0-5	3,3 a	82,2 a	17,2 a	3,71 a	24,4 a	61,6 a	0,93 a	2,43 a
	5-10	3,7 a	81,3 a	20,7 a	4,16 a	23,3 a	61,5 a	0,94 a	2,45 a
	10-20	4,2 a	81,2 a	20,5 a	4,82 a	25,3 a	61,4 a	0,91 a	2,37 a
	Média	3,7 B	81,6 A	19,5 B	4,23 A	24,3 A	61,5 A	0,93 B	2,42 B

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho; A. D. = argila dispersa em água; G. F. = grau de floculação; U. A. = umidade atual; U. R. = umidade residual; E. U. = equivalente de umidade; P. T. = porosidade total; D. S. = densidade do solo; D. P. = densidade de partículas. Médias de sistemas seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma localidade e médias de profundidades seguidas pela mesma letra minúscula; no mesmo sistema, ambas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A microrregião de Governador Valadares, MG está inserida no domínio morfoclimático dos mares de morros florestados (Ab'saber, 1970). Nesse domínio os solos estão, em sua maioria, em relevo íngreme (Resende et al., 1995). Em pastagens com relevo íngreme a precipitação efetiva é menor, sendo maior o escoamento superficial e, conseqüentemente, a possibilidade de ocorrência de erosão (Baruqui, 1982). Em situações de uso constante de fogo a situação é mais delicada, pois a exposição do solo ao impacto das gotas de chuvas provoca desagregação de partículas, entupimento e redução de poros e aumento na densidade do solo (Paraná, 1994).

As diferenças entre os valores dos atributos físicos do solo sob pastagem em relação ao solo sob mata foram, na média, maiores em Ilha Brava (Tabela 3), encontrando-se o solo sob pastagem, nesta localidade, num estágio mais avançado de degradação física. Em Ilha Brava, além do relevo íngreme e dos efeitos das queimadas, possivelmente, os solos avaliados são do tipo Podzólico, conforme descreve Baruqui (1982). Devido ao gradiente textural, os solos Podzólicos são mais susceptíveis aos efeitos erosivos e suas conseqüências.

A área em recuperação com sistema agroflorestal, em Ilha Funda, apresentou condições físicas do solo piores do que as da mata e do que as da própria pastagem, com maiores valores de densidade do solo e de argila dispersa em água e menor valor de porosidade total, embora as diferenças não tenham sido significativas para a argila dispersa em água e para a porosidade total (Tabela 2), ficando evidente que o tempo de recuperação ainda não foi suficiente para alterar os atributos físicos do solo.

As áreas com bananeira e com milho, no Córrego dos Desidérios, apresentaram valores menores de argila dispersa em água e valores maiores de grau de floculação do que os da mata, embora as diferenças não tenham sido significativas (Tabela 2) . Essas diferenças são devidas aos diferenciados teores das frações texturais apresentados pelos solos dessas áreas (Tabela 1).

O equivalente de umidade foi maior nos solos sob pastagem, em relação ao solo sob mata, em Ilha Brava e no Córrego dos Desidérios, não sendo significativas as diferenças em Ilha Funda; no solo da área em recuperação com

Tabela 3 - Diferenças entre os valores médios dos atributos físicos do solo em diversos agroecossistemas, em relação à mata, na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	A. D.	G. F.	U. A.	U. R.	E. U.	P. T.	D.S.	D. P.
		-----%-----						-----g/cm ³ -----	
Ilha Brava									
Pas	0-5	-6,12	8,98	1,03	-0,64	-4,4	14,53	-0,37	-0,01
	5-10	-8,30	11,70	0,91	-0,54	-5,3	8,84	-0,26	-0,09
	10-20	-8,31	9,84	-1,17	-0,69	-4,7	3,86	-0,11	-0,03
	Média	-7,58	10,17	0,26	-0,62	-4,8	9,08	-0,25	-0,04
Ilha Funda									
Pas	0-5	1,30	-4,61	1,41	-0,63	0,6	4,19	-0,12	-0,04
	5-10	0,44	-2,93	1,55	-0,31	1,5	5,99	-0,18	-0,09
	10-20	1,04	-4,72	-0,21	-0,66	0,7	-0,37	0,00	-0,02
	Média	0,93	-4,09	0,92	-0,53	0,9	3,27	-0,10	-0,05
Saf	0-5	-2,57	-1,91	-0,52	-1,06	-0,3	7,90	-0,25	-0,13
	5-10	-3,46	-1,02	-0,54	-0,11	-1,8	6,80	-0,25	-0,19
	10-20	-0,48	-6,66	-1,79	-0,50	-1,9	2,05	-0,06	-0,01
	Média	-2,17	-3,20	-0,95	-0,56	-1,3	5,58	-0,19	-0,11
Córrego dos Desidérios									
Pas	0-5	-2,20	-6,19	-6,43	-1,17	-4,5	10,56	-0,26	0,00
	5-10	-3,15	-8,47	-3,81	-0,45	-4,0	9,99	-0,25	0,00
	10-20	-3,54	-3,03	-3,62	-0,24	-5,0	5,82	-0,16	-0,02
	Média	-2,96	-5,90	-4,62	-0,62	-4,5	8,79	-0,22	-0,01
Ban	0-5	1,60	-1,06	4,14	-1,87	-5,1	3,47	-0,07	0,03
	5-10	1,66	-5,23	1,56	-1,98	-5,1	0,24	0,03	0,09
	10-20	2,93	-8,63	0,59	-2,07	-2,3	3,56	-0,09	0,02
	Média	2,06	-4,97	2,10	-1,97	-4,2	2,42	-0,04	0,05
Mil	0-5	6,29	-30,68	2,77	-1,86	-9,8	-1,99	0,07	0,05
	5-10	6,86	-35,09	-0,19	-2,39	-8,5	-0,84	0,05	0,06
	10-20	8,26	-34,91	-0,50	-3,06	-9,7	-2,47	0,12	0,15
	Média	7,14	-33,56	0,69	-2,44	-9,3	-1,77	0,08	0,09

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho; A. D. = argila dispersa em água; G. F. = grau de flocculação; U. A. = umidade atual; U. R. = umidade residual; E. U. = equivalente de umidade; P. T. = porosidade total; D. S. = densidade do solo; D. P. = densidade de partículas.

sistema agroflorestal foi maior que nos solos sob mata e sob pastagem; no solo sob bananeira foi maior que no solo sob mata, não diferindo do solo sob pastagem e; no solo sob milho foi maior que nos demais solos avaliados, da mesma localidade (Tabela 2). Nos solos sob pastagem e sob sistema agroflorestal o equivalente de umidade foi maior que nos solos sob mata em função dos seus

maiores teores de argila (Tabela 1). Já, nos solos sob bananeira e sob milho, o equivalente de umidade foi mais condizente com os teores de silte (Tabela 1) e como será visto mais adiante (item 3.4.) com os teores de carbono orgânico total. Como o equivalente de umidade é feito com amostras indeformadas, é natural que seus valores estejam relacionados aos teores das partículas minerais mais finas (argila e silte) e aos teores de matéria orgânica do solo.

Os teores de umidade atual, umidade residual e densidade de partículas não apresentaram diferenças significativas entre os diversos sistemas avaliados em Ilha Brava e em Ilha Funda (Tabela 2), evidenciando homogeneidade entre os solos sob os sistemas avaliados, nessas localidades. No Córrego dos Desidérios, as diferenças nos valores desses atributos, entre os solos dos diversos sistemas, foram mais significativas, principalmente, dos solos sob bananeira e sob milho em relação aos solos sob mata e sob pastagem (Tabela 2), demonstrando que os solos sob bananeira e sob milho diferem dos solos sob mata e sob pastagem quanto ao tempo de formação e composição mineralógica. Diferem também, quanto ao acúmulo de carbono orgânico, conforme será visto mais adiante (item 3.4.).

3.3. Atributos químicos do solo

Os valores de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , bem como a soma de bases no solo sob pastagem, em Ilha Brava, foram próximos aos do solo sob mata, não diferenciando significativamente. No solo sob mata há uma maior concentração dos cátions na camada mais superficial. Em Ilha Funda, a soma de bases foi maior no solo sob mata, em relação ao solo sob pastagem; no entanto, os valores isolados de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} não diferenciaram significativamente. No córrego dos Desidérios, embora não apresentando diferenças significativas, os níveis de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} e a soma de bases foram maiores no solo sob pastagem (Tabela 4).

Os valores de P foram maiores nos solos sob mata, em relação aos solos sob pastagem, nas três localidades estudadas, embora de forma não significativa em

Tabela 4 - Valores médios de atributos químicos do solo em diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	pH H ₂ O	P mg/dm ³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTCe	CTCt	m	V
													-----%
Ilha Brava													
Mata	0-5	4,38a	7,64a	0,13a	0,55a	0,26a	1,59a	3,87a	0,94a	2,52a	4,80a	62,0b	19,1a
	5-10	4,35a	6,23ab	0,10b	0,19b	0,10b	1,70a	3,73a	0,39b	2,09b	4,12b	79,5ab	9,9ab
	10-20	4,34a	4,81b	0,07c	0,09b	0,05b	1,80a	3,50a	0,22b	2,01b	3,72b	88,5a	6,3b
	Média	4,35A	6,23A	0,10A	0,28A	0,14A	1,70A	3,70A	0,51A	2,21A	4,21A	76,7A	11,8A
Pas	0-5	4,67a	5,94a	0,11a	0,45a	0,25a	1,06a	2,90a	0,81a	1,87a	3,71a	56,6a	21,8a
	5-10	4,63a	4,20ab	0,07b	0,37a	0,14a	1,36a	3,00a	0,58a	1,94a	3,58a	68,3a	16,5a
	10-20	4,62a	3,70b	0,05b	0,27a	0,11a	1,41a	2,80a	0,43a	1,84a	3,23a	74,5a	14,2a
	Média	4,64A	4,61B	0,08A	0,37A	0,17A	1,28A	2,90B	0,61A	1,89A	3,51B	66,5A	17,5A
Ilha Funda													
Mata	0-5	4,25a	3,01a	0,15a	0,09a	0,06a	2,73a	5,63a	0,30a	3,04a	5,94a	90,0a	5,15a
	5-10	4,35a	3,39a	0,11a	0,03a	0,04b	2,61ab	5,17ab	0,18a	2,79b	5,35b	93,5a	3,39a
	10-20	4,37a	2,65a	0,09a	0,02a	0,03b	2,37b	4,70b	0,14a	2,51c	4,84b	94,5a	2,86a
	Média	4,33A	3,02A	0,12A	0,05A	0,04A	2,57A	5,17A	0,21A	2,78A	5,37A	92,6A	3,80B
Pas	0-5	4,31a	3,71a	0,13a	0,07a	0,04a	2,71a	5,27a	0,24a	2,95a	5,51a	91,8a	4,38a
	5-10	4,31a	2,80b	0,08b	0,04a	0,02b	2,74a	5,27a	0,14a	2,88a	5,40ab	95,3a	2,53a
	10-20	4,40a	2,40b	0,06b	0,02a	0,01b	2,75a	4,77a	0,09a	2,84a	4,86b	96,8a	1,88a
	Média	4,34A	2,97A	0,09A	0,04A	0,02A	2,74A	5,10A	0,16B	2,89A	5,26A	94,6A	2,93B
Saf	0-5	4,57a	2,92a	0,23a	0,23a	0,07a	2,12b	4,33a	0,53a	2,65a	4,86a	79,1b	10,8a
	5-10	4,48a	2,81a	0,15b	0,07b	0,03b	2,55a	4,63a	0,24b	2,80a	4,88a	90,9a	5,03b
	10-20	4,42a	2,33a	0,11b	0,07b	0,02b	2,44a	4,37a	0,20b	2,64a	4,56a	92,3a	4,35b
	Média	4,49A	2,69A	0,16A	0,12A	0,04A	2,37A	4,44B	0,32A	2,69A	4,77B	87,4A	6,71A
Córrego dos Desidérios													
Mata	0-5	4,68a	5,21a	0,19a	0,54a	0,16a	0,90b	3,23a	0,89a	1,79a	4,12a	50,4b	21,5a
	5-10	4,58a	4,04ab	0,19a	0,21a	0,08a	1,13a	3,23a	0,48a	1,61a	3,71a	70,2a	13,0ab
	10-20	4,66a	3,44b	0,16a	0,11a	0,06a	1,10a	3,03a	0,32a	1,43a	3,36a	76,9a	10,1b
	Média	4,64C	4,23B	0,18C	0,29B	0,10B	1,04A	3,17A	0,56B	1,60B	3,73B	65,8A	14,9B
Pas	0-5	5,24a	4,56a	0,27a	1,62a	0,65a	0,28b	2,73a	2,55a	2,82a	5,28a	10,7c	47,6a
	5-10	5,29a	3,52ab	0,22a	0,93a	0,34ab	0,41b	2,80a	1,48ab	1,89ab	4,28b	24,5b	33,4b
	10-20	5,20a	2,83b	0,19a	0,44a	0,17b	0,63a	2,67a	0,80b	1,43b	3,47b	45,5a	22,6c
	Média	5,25B	3,64B	0,23C	1,00B	0,38B	0,44B	2,73A	1,61B	2,05B	4,34B	26,9B	34,5B
Ban	0-5	5,94a	5,44a	0,64a	6,99a	1,95a	0,06a	2,43a	9,58a	9,65a	12,0a	0,67a	79,6a
	5-10	6,02a	4,24a	0,63a	6,05a	1,57b	0,08a	2,70a	8,25b	8,33b	11,0b	0,89a	75,1ab
	10-20	6,02a	3,75a	0,44b	4,02b	1,13c	0,10a	2,77a	5,59c	5,69c	8,4c	1,93a	66,8b
	Média	5,99A	4,48B	0,57A	5,69A	1,55A	0,08C	2,63A	7,81A	7,89A	10,4A	1,16C	73,8A
Mil	0-5	5,71a	8,73a	0,67a	5,11a	1,20a	0,14a	3,77a	6,98a	7,12a	10,8a	2,13a	64,6a
	5-10	5,77a	7,91a	0,43b	5,09a	1,16a	0,22a	4,03a	6,67a	6,90a	10,7a	3,99a	60,9ab
	10-20	5,75a	5,93b	0,38b	4,17a	0,71b	0,21a	4,50a	5,26b	5,47b	9,8b	4,77a	52,9b
	Média	5,74A	7,52A	0,49B	4,79A	1,02A	0,19C	4,10A	6,31A	6,50A	10,4A	3,63C	59,5A

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho. Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ extraídos com KCl 1mol.L⁻¹; P e K extraídos com Mehlich-1. Médias de sistemas seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma localidade e médias de profundidades seguidas pela mesma letra minúscula, no mesmo sistema; ambas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Ilha Funda e no Córrego dos Desidérios. Os valores de Al^{3+} e a saturação por alumínio foram maiores no solo sob mata, em relação ao solo sob pastagem, no Córrego dos Desidérios; conseqüentemente, o pH foi menor no solo sob mata. Em Ilha Brava e Ilha Funda não foram observadas diferenças significativas no que se refere aos valores de Al^{3+} , à saturação por alumínio e ao pH entre os solos sob pastagem e sob mata (Tabela 4).

Nas três localidades estudadas, os solos sob mata são intensamente intemperizados e os cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) que não foram perdidos por lixiviação estão, em sua maioria, contidos na vegetação e reciclando-se, continuamente. Quando a mata atinge um equilíbrio dinâmico, os nutrientes movimentam-se em um ciclo quase fechado (Costa, 1990). Em solos altamente intemperizados, a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes (Reis e Barros, 1990). Dessa forma, os sítios de troca das partículas coloidais desses solos encontram-se com alta saturação por Al^{3+} e baixa saturação por cátions trocáveis. Os solos sob pastagem, além de terem sofrido as mesmas perdas de cátions, provocadas pelo intemperismo, estão, constantemente, sujeitos a perdas devidas às queimadas e aos processos erosivos, apresentando, como no caso de Ilha Funda, menor quantidade de cátions trocáveis que a mata. A pastagem do Córrego dos Desidérios é uma situação diferente das demais. Trata-se de uma pastagem implantada a cerca de 3 anos (anteriormente, a área era cultivada com milho e feijão) e está localizada numa posição, no relevo, imediatamente abaixo da mata (Figura 2). Certamente, está havendo entrada de nutrientes advindos da área de mata.

Os valores de H+Al, a capacidade de troca de cátions efetiva e a capacidade de troca de cátions total, nos solos sob pastagem, em relação aos solos sob mata, foram menores em Ilha Brava; próximos, em Ilha Funda, e, maiores, no Córrego dos Desidérios, exceto para H+Al (Tabela 4). Esses valores são em função dos níveis de cátions trocáveis e, como será visto posteriormente (item 3.4.), dos teores de carbono orgânico apresentados.

O solo da área em recuperação com sistema agroflorestal em Ilha Funda, apresentou pH, soma de bases e saturação por bases maiores que os solos sob mata e sob pastagem, embora a diferença não tenha sido significativa para pH.

Por outro lado, os valores de Al^{3+} e $H+Al$, a saturação por alumínio e a capacidade de troca de cátions total foram menores no solo da área em recuperação com sistema agroflorestal, embora não significativos para Al^{3+} e saturação por alumínio (Tabela 4). A ciclagem de nutrientes proporcionada pelas espécies introduzidas no sistema agroflorestal está melhorando as condições químicas do solo em recuperação, principalmente na camada mais superficial (Tabela 4). No entanto, o material orgânico, incorporado pelas espécies introduzidas, está sendo mineralizado rapidamente com pouca alteração na capacidade de troca de cátions.

Nas áreas com bananeira e com milho, no Córrego dos Desidérios, os solos apresentaram pH, valores de P, cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}), soma de bases e saturação por bases maiores e, valores de Al^{3+} e saturação por alumínio menores que os solos dos demais sistemas avaliados, na mesma localidade (Tabela 4), sendo as diferenças médias dos valores desses atributos do solo, nesses dois agroecossistemas, em relação à mata, maiores do que as diferenças médias dos níveis desses mesmos atributos, também em relação à mata, de todos os demais agroecossistemas avaliados (Tabela 5). As áreas com bananeira e com milho estão localizadas numa encosta, próximas a um afloramento rochoso (Figura 2). O solo é do tipo Cambissolo eutrófico, com minerais primários em decomposição (Albuquerque Filho, 2001). Portanto, nestes sistemas está ocorrendo entrada de nutrientes provenientes da intemperização do material de origem.

A maior presença de cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}), e conseqüentemente, soma de bases e saturação por bases no solo da área com bananeira, em relação ao solo da área com milho (Tabela 4) demonstram a maior capacidade de ciclagem dos nutrientes, provenientes do intemperismo, pela bananeira. Como o solo não é revolvido, os nutrientes acumulam-se, em maiores quantidades, na camada mais superficial (Tabela 4).

Os solos sob bananeira e sob milho apresentaram, também, maiores valores de capacidade de troca de cátions efetiva e total que os solos dos demais sistemas avaliados (Tabela 4); certamente, em função dos seus maiores teores de matéria orgânica, como será visto a seguir.

Tabela 5 - Diferenças entre os valores médios dos atributos químicos do solo em diversos agroecossistemas em relação à mata na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	pH H ₂ O	P mg/dm ³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTCe	CTCt	m	V
													-----%
Ilha Brava													
Pas	0-5	-0,29	1,69	0,02	0,09	0,01	0,53	0,97	0,13	0,65	1,09	5,42	-2,68
	5-10	-0,28	2,03	0,03	-0,18	-0,04	0,34	0,73	-0,19	0,15	0,54	11,22	-6,55
	10-20	-0,28	1,12	0,02	-0,18	-0,05	0,38	0,70	-0,21	0,17	0,49	13,96	-7,92
	Média	-0,29	1,61	0,02	-0,09	-0,03	0,42	0,80	-0,09	0,32	0,71	10,20	-5,72
Ilha Funda													
Pas	0-5	-0,06	-0,70	0,01	0,02	0,03	0,02	0,37	0,06	0,08	0,43	-1,86	0,77
	5-10	0,04	0,59	0,03	-0,01	0,02	-0,13	-0,10	0,04	-0,09	-0,06	-1,79	0,87
	10-20	-0,03	0,25	0,03	0,00	0,01	-0,38	-0,07	0,05	-0,34	-0,02	-2,32	0,98
	Média	-0,02	0,05	0,03	0,01	0,02	-0,17	0,07	0,05	-0,11	0,12	-1,99	0,87
Saf	0-5	-0,32	0,09	-0,08	-0,14	0,00	0,62	1,30	-0,23	0,39	1,07	10,92	-5,61
	5-10	-0,13	0,58	-0,03	-0,04	0,01	0,06	0,53	-0,06	0,00	0,47	2,59	-1,63
	10-20	-0,04	0,32	-0,01	-0,05	0,01	-0,07	0,33	-0,06	-0,13	0,27	2,14	-1,49
	Média	-0,16	0,33	-0,04	-0,08	0,00	0,20	0,72	-0,12	0,08	0,61	5,21	-2,91
Córrego dos Desidérios													
Pas	0-5	-0,57	0,65	-0,08	-1,09	-0,49	0,62	0,50	-1,66	-1,04	-1,16	39,71	-26,1
	5-10	-0,72	0,52	-0,03	-0,72	-0,26	0,72	0,43	-1,00	-0,28	-0,57	45,74	-20,4
	10-20	-0,54	0,61	-0,03	-0,34	-0,11	0,47	0,37	-0,48	-0,01	-0,11	31,38	-12,5
	Média	-0,61	0,59	-0,05	-0,71	-0,29	0,60	0,43	-1,05	-0,44	-0,61	38,94	-19,7
Ban	0-5	-1,26	-0,23	-0,45	-6,45	-1,79	0,83	0,80	-8,69	-7,86	-7,89	49,72	-58,1
	5-10	-1,44	-0,20	-0,44	-5,84	-1,49	1,05	0,53	-7,77	-6,72	-7,24	69,30	-62,1
	10-20	-1,36	-0,31	-0,28	-3,91	-1,08	1,00	0,27	-5,26	-4,26	-5,00	74,98	-56,7
	Média	-1,35	-0,25	-0,39	-5,40	-1,45	0,96	0,53	-7,24	-6,28	-6,71	64,67	-58,9
Mil	0-5	-1,03	-3,53	-0,48	-4,58	-1,04	0,76	-0,53	-6,09	-5,33	-6,63	48,27	-43,1
	5-10	-1,20	-3,87	-0,24	-4,87	-1,08	0,91	-0,80	-6,20	-5,29	-7,00	66,19	-47,9
	10-20	-1,09	-2,48	-0,22	-4,06	-0,66	0,89	-1,47	-4,94	-4,05	-6,40	72,13	-42,8
	Média	-1,11	-3,29	-0,31	-4,50	-0,93	0,85	-0,93	-5,74	-4,89	-6,68	62,20	-44,6

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho.

3.4. Atributos ligados à matéria orgânica do solo

Os teores de carbono orgânico total e os estoques de carbono orgânico encontrados nos solos sob mata foram maiores que nos solos sob pastagem em Ilha Brava e em Ilha Funda. No Córrego dos Desidérios não houve diferenças

entre o teor de carbono orgânico total no solo sob mata em relação ao solo sob pastagem, sendo o estoque de carbono orgânico superior no solo sob pastagem (Tabela 6 e Figura 6). A diferença entre o teor de carbono orgânico total do solo sob pastagem em relação ao solo sob mata foi maior em Ilha Brava (Tabela 7).

Esses dados contrariam resultados apresentados por Choné et al. (1991), Cerri et al. (1992) e Cerri et al. (1996), que obtiveram maiores conteúdos de carbono orgânico em solos sob pastagens, na região amazônica, e refletem o estágio de degradação dos solos sob pastagens nos ambientes estudados. Em Ilha Brava, o manejo adotado nas pastagens é aquele predominante na microrregião de Governador Valadares, ou seja, uso intenso de queimadas e exposição do solo aos agentes erosivos, encontrando-se o solo sob pastagem, nessa localidade, no estágio mais avançado de degradação. No Córrego dos Desidérios a não utilização de queimadas e a posição da pastagem, no relevo, imediatamente abaixo de uma mata (Figura 2), portanto, em condição de maior conservação, coloca o solo sob pastagem, dessa localidade, como o menos degradado. O solo sob pastagem em Ilha Funda ocupa uma posição intermediária quanto ao estágio de degradação. Nessa localidade, as queimadas nas pastagens foram utilizadas intensamente, no passado. Atualmente, não se verifica mais esta prática na comunidade.

Na área em recuperação com sistema agroflorestal, em Ilha Funda, o teor de carbono orgânico total e o estoque de carbono orgânico no solo, foram inferiores aos solos da mata e da pastagem, embora a diferença não tenha sido significativa em relação à pastagem (Tabela 6 e Figura 6). Essa área estava num estágio avançado de degradação antes de iniciar o processo de recuperação, não conseguindo, até o momento, recuperar os níveis de matéria orgânica.

Os solos das áreas com bananeira e com milho, no Córrego dos Desidérios, apresentaram teores de carbono orgânico total e estoques de carbono orgânico superiores às demais áreas avaliadas (Tabela 6 e Figura 6). O acúmulo de matéria orgânica nessas áreas deve-se a baixa atividade microbiana. Quando as amostras foram incubadas a 25⁰ C e com umidade em 60% da capacidade de campo, a atividade microbiana intensificou-se (item 3.4.1).

Tabela 6 - Valores médios de atributos ligados à matéria orgânica do solo em diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	COT -----dag/kg-----	NT	Po mg/kg	NT -----%COT-----	Po	C/P	C/N
Ilha Brava								
Mata	0-5	3,07a	0,16a	69a	5,05a	0,22a	538a	21,33a
	5-10	2,45a	0,14a	58a	5,92a	0,24a	569a	18,37a
	10-20	2,46a	0,15a	45a	6,46a	0,22a	956a	16,14a
	Média	2,66A	0,15A	58A	5,81A	0,23A	688A	18,61A
Pas	0-5	2,02a	0,15a	77a	7,46a	0,39a	275a	14,22a
	5-10	1,71a	0,10a	66a	6,14a	0,37a	413a	17,71a
	10-20	1,47a	0,11a	32a	7,85a	0,22a	465a	13,29a
	Média	1,73B	0,12A	58A	7,15A	0,33A	384A	15,07A
Ilha Funda								
Mata	0-5	3,62a	0,19a	82a	5,15a	0,23a	476a	19,68a
	5-10	3,21a	0,17a	51a	5,34a	0,16a	638a	20,03a
	10-20	2,85a	0,13a	55a	4,72a	0,19a	515a	22,56a
	Média	3,23A	0,16A	63A	5,07A	0,19A	543A	20,76A
Pas	0-5	3,03a	0,19a	76a	6,36a	0,25a	529a	15,82a
	5-10	2,83a	0,13a	51a	4,67a	0,18a	580a	22,27a
	10-20	2,43a	0,16a	58a	6,35a	0,24a	457a	17,66a
	Média	2,76B	0,16A	63A	5,79A	0,22A	522A	18,58A
Saf	0-5	2,45a	0,16a	72a	6,79a	0,29a	347a	15,67a
	5-10	2,24a	0,13a	87a	6,02a	0,39a	323a	18,10a
	10-20	2,20a	0,13a	59a	5,85a	0,27a	411a	17,26a
	Média	2,30B	0,14A	73A	6,22A	0,32A	360A	17,01A
Córrego dos Desidérios								
Mata	0-5	3,29a	0,18a	135a	5,49a	0,27b	365a	19,27a
	5-10	2,51a	0,12a	124a	4,87a	0,48ab	220ab	21,18a
	10-20	2,02a	0,13a	133a	6,80a	0,68a	164b	16,15a
	Média	2,61B	0,14C	130B	5,72A	0,48A	250B	18,87A
Pas	0-5	3,70a	0,18a	103a	4,67b	0,26a	429a	23,02a
	5-10	2,52ab	0,20a	54a	8,20a	0,22a	477a	12,36a
	10-20	1,99b	0,13a	67a	6,40ab	0,34a	305a	16,01a
	Média	2,74B	0,17B	74B	6,43A	0,28A	404A	17,13A
Ban	0-5	6,17a	0,27a	311a	4,32a	0,52a	212a	23,66a
	5-10	5,24a	0,28a	328a	5,43a	0,63a	162a	18,60a
	10-20	3,61b	0,23a	245a	6,83a	0,79a	147a	15,20a
	Média	5,01A	0,26A	295A	5,53A	0,65A	174B	19,15A
Mil	0-5	5,45a	0,29a	296a	5,55a	0,56a	189a	20,45a
	5-10	5,12a	0,28a	299a	5,39a	0,59a	194a	20,41a
	10-20	4,75a	0,29a	322a	5,99a	0,72a	158a	16,82a
	Média	5,11A	0,29A	305A	5,64A	0,62A	180B	19,23A

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho; COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; Po = fósforo orgânico; C/P = relação carbono/fósforo; C/N = relação carbono/nitrogênio. Médias de sistemas seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma localidade e médias de profundidades seguidas pela mesma letra minúscula; no mesmo sistema, ambas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os teores de nitrogênio total e fósforo orgânico não seguiram a mesma tendência dos teores de carbono orgânico total nos solos sob mata e sob pastagem. Em Ilha Brava e Ilha Funda esses teores foram bem próximos, sendo as diferenças não significativas. No Córrego dos Desidérios, não obstante os teores de carbono orgânico terem sido bem próximos, o teor de nitrogênio total foi maior no solo sob pastagem. Por sua vez, o teor de fósforo orgânico foi quase o dobro no solo sob mata, em relação ao solo sob pastagem (Tabela 6).

Quando relacionados ao carbono orgânico total, os teores de nitrogênio total e de fósforo orgânico foram maiores, e as relações carbono/fósforo e carbono/nitrogênio foram menores nos solos sob pastagem, em relação aos solos sob mata, exceto no Córrego dos Desidérios, em que o teor de fósforo orgânico foi maior, e a relação carbono/fósforo foi menor no solo sob mata (Tabela 6).

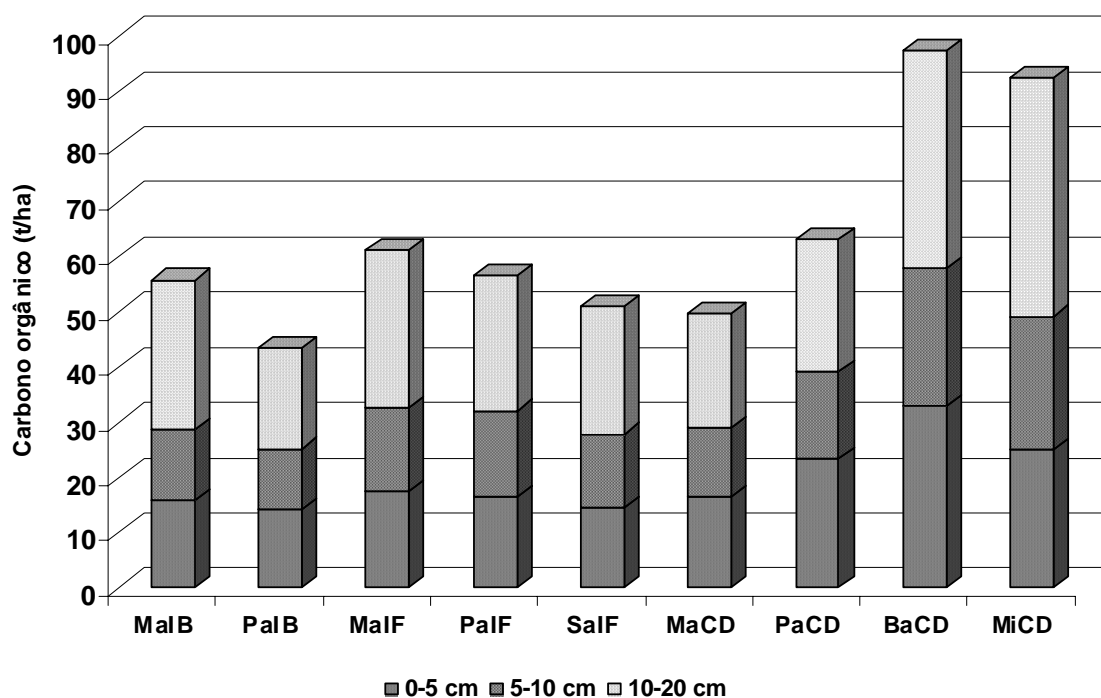


Figura 6 - Valores médios do estoque de carbono orgânico no solo em diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG.

MaIB = mata em Ilha Brava; PaIB = pastagem em Ilha Brava; MaIF = mata em Ilha Funda; PaIF = pastagem em Ilha Funda; SaIF = sistema agroflorestral em Ilha Funda; MaCD = mata no Córrego dos Desidérios; PaCD = pastagem no Córrego dos Desidérios; BaCD = Bananeira no Córrego dos Desidérios; MiCD = Milho no Córrego dos Desidérios.

Tabela 7 - Diferenças entre os valores médios dos atributos ligados à matéria orgânica do solo em diversos agroecossistemas, em relação à mata, na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	COT -----dag/kg-----	NT	Po mg/kg	C/P	C/N
Ilha Brava						
Pas	0-5	1,05	0,01	-7,2	263	7,11
	5-10	0,74	0,04	-7,2	156	0,66
	10-20	0,99	0,04	12,8	491	2,85
	Média	0,93	0,03	-0,6	304	3,54
Ilha Funda						
Pas	0-5	0,59	0,00	6,3	-53	3,86
	5-10	0,38	0,04	-0,5	58	-2,24
	10-20	0,42	-0,03	-2,9	58	4,9
	Média	0,46	0,00	1,0	21	2,17
Saf	0-5	1,17	0,03	9,9	129	4,01
	5-10	0,97	0,04	-36,4	315	1,93
	10-20	0,65	0,00	-3,6	104	5,3
	Média	0,93	0,02	-10,0	183	3,75
Córrego dos Desidérios						
Pas	0-5	-0,41	0,00	32,6	-64	-3,75
	5-10	-0,01	-0,08	69,8	-257	8,82
	10-20	0,03	0,00	65,7	-141	0,14
	Média	-0,13	-0,03	56,1	-154	1,74
Ban	0-5	-2,88	-0,09	-176,0	153	-4,39
	5-10	-2,73	-0,16	-204,3	58	2,58
	10-20	-1,59	-0,10	-112,3	17	0,95
	Média	-2,40	-0,12	-164,2	76	-0,29
Mil	0-5	-2,16	-0,11	-160,6	176	-1,18
	5-10	-2,61	-0,16	-175,2	26	0,77
	10-20	-2,73	-0,16	-189,2	6	-0,67
	Média	-2,50	-0,14	-175,0	70	-0,36

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho; COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; Po = fósforo orgânico; C/P = relação carbono/fósforo; C/N = relação carbono/nitrogênio..

Embora as diferenças não tenham sido significativas, esses dados evidenciam que existem diferenças qualitativas entre a matéria orgânica dos solos sob mata e sob pastagem, sendo essa última mais rica em nitrogênio e fósforo, exceto para o fósforo, no Córrego dos Desidérios. Por apresentarem sistema radicular fasciculado, e por este, estar sendo constantemente renovado, as gramíneas são eficientes na ciclagem de nutrientes, notadamente de fósforo (Qasem, 1992).

No solo da área em recuperação com sistema agroflorestal, os teores de nitrogênio total e de fósforo orgânico, relacionados ao carbono orgânico total, foram maiores e as relações carbono/fósforo e carbono/nitrogênio foram menores que nos solos dos demais sistemas avaliados, na mesma localidade, embora, também, de forma não significativa (Tabela 6). As espécies de leguminosas introduzidas no sistema agroflorestal são, provavelmente, as responsáveis por esse enriquecimento maior de nitrogênio e fósforo na matéria orgânica do solo sob esse sistema. Diversos autores relacionam os efeitos das leguminosas na fixação de nitrogênio atmosférico e na ciclagem de nutrientes do solo, entre eles o fósforo (Alvarenga et al., 1995, Franco et al., 1995, Favero et al., 2000).

Nos solos das áreas com bananeira e com milho, os teores de nitrogênio total e de fósforo orgânico acompanharam os teores de carbono orgânico total, sendo maiores que nos solos dos demais sistemas avaliados na mesma localidade. No entanto, os teores de nitrogênio total, relacionados ao carbono orgânico total, foram similares aos da mata, e inferiores aos da pastagem e a relação carbono/nitrogênio foram similares ao da mata e superiores ao da pastagem (Tabela 6), demonstrando que a riqueza em nitrogênio da matéria orgânica dos solos sob bananeira e sob milho não difere da matéria orgânica do solo sob mata e é menor que a do solo sob pastagem. Quanto ao fósforo, a matéria orgânica dos solos sob bananeira e sob milho mostrou-se mais rica que a dos solos sob mata e sob pastagem, como pode ser constatado pelos maiores teores de fósforo orgânico, relacionados ao carbono orgânico total, e menores relações carbono/fósforo apresentados por aqueles (Tabela 6).

3.4.1. Formas de carbono orgânico do solo

Inversamente ao observado para os teores de carbono orgânico total, os teores de carbono da matéria orgânica leve, foram maiores nos solos sob pastagem, comparados aos solos sob mata, em Ilha Brava e Ilha Funda, e menor, no Córrego dos Desidérios (Tabela 8). As diferenças não significativas entre as médias dos sistemas são resultado dos elevados coeficientes de variação entre as médias (Tabelas 10A, 11A e 12A). Em alguns solos sob pastagem ocorre maior

presença de matéria orgânica leve, em relação à mata, em função da entrada de material orgânico proporcionada pelo sistema radicular das gramíneas (Teixeira e Bastos, 1989).

No solo sob pastagem, no Córrego dos Desidérios, está ocorrendo maior decomposição do material orgânico que no solo sob mata, conforme pode ser comprovado pela maior presença de biomassa microbiana (Tabela 8), em decorrência, provavelmente, do maior teor de nitrogênio desse material (Tabela 6). A atuação dos microorganismos na decomposição da matéria orgânica do solo depende, dentre vários fatores, da disponibilidade de nutrientes (Neves, 1992). A decomposição da matéria orgânica será mais intensa, quanto mais rica for em nutrientes, especialmente de nitrogênio. Num material mais rico em nitrogênio, a quantidade imobilizada pela biomassa microbiana será menor, pois esse elemento estará em quantidade suficiente para atender à atividade metabólica dos microorganismos e ao processo de decomposição (Gama-Rodrigues, 1999).

O teor de carbono da matéria orgânica leve do solo da área em recuperação com sistema agroflorestal, em Ilha Funda, foi menor que dos solos das áreas com mata e com pastagem (Tabela 8), demonstrando que a entrada de material orgânico no sistema é de fácil decomposição pelos organismos do solo, conforme já discutido, devido à maior riqueza em nutrientes proporcionada pelas leguminosas introduzidas.

No solo sob bananeira o teor de carbono da matéria orgânica leve foi maior que no solo sob milho (Tabela 8), refletindo a maior entrada de material orgânico proveniente de folhas e restos culturais da bananeira.

Em todos os sistemas, nas três localidades estudadas, observou-se decréscimo no carbono da fração ácidos húmicos e acréscimo no carbono da fração ácidos fúlvicos, em profundidade, refletindo-se no decréscimo, em profundidade, da relação: fração ácidos húmicos/fração ácidos fúlvicos (Tabela 8). A maior solubilidade dos ácidos fúlvicos confere a estes maior mobilidade das camadas superficiais para as camadas subsuperficiais do solo (Lima, 1996, Dick, 1998, Medeiros, 1999).

Tabela 8 - Valores médios de formas de carbono orgânico do solo em diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	FHU	FAH	FAF	Cmol	Cext	Csol	Cbm	Cmi	$\frac{FAH+FAF}{FHU}$	$\frac{FAH}{FAF}$	qCO_2
-----%COT-----												
Ilha Brava												
Mata	0-5	60,6a	15,7a	14,7a	8,63a	2,88a	1,39a	0,71a	0,92a	0,55a	1,11a	0,04a
	5-10	72,1a	14,3ab	17,0a	9,68a	3,45a	1,58a	0,95a	1,38a	0,44a	0,85ab	0,05a
	10-20	70,7a	10,2b	17,1a	5,80a	3,49a	0,95a	1,43a	1,15a	0,40a	0,62b	0,03a
	Média	67,8A	13,4A	16,3A	8,04A	3,27B	1,31B	1,03B	1,15A	0,46A	0,86A	0,04A
Pas	0-5	68,1a	14,2a	14,0a	20,18a	4,26b	3,27a	1,53a	1,71a	0,41a	1,01a	0,04a
	5-10	76,3a	10,9ab	16,6a	21,27a	5,64ab	2,97a	1,90a	1,08a	0,36a	0,65ab	0,03a
	10-20	83,0a	7,3b	18,8a	11,40b	6,74a	2,44a	1,98a	1,60a	0,32a	0,40b	0,03a
	Média	75,8A	10,8A	16,5A	17,62A	5,54A	2,89A	1,80A	1,46A	0,36A	0,69A	0,03A
Ilha Funda												
Mata	0-5	57,3a	21,8a	13,7a	16,16a	2,27a	2,33a	0,77a	0,88a	0,64a	1,64a	0,04a
	5-10	60,5a	16,3a	15,6a	13,56a	2,69a	2,27a	1,07a	0,41a	0,54a	1,05b	0,01a
	10-20	79,5a	14,6a	15,6a	11,37a	2,92a	2,46a	0,97a	0,86a	0,40a	0,95b	0,03a
	Média	65,8A	17,6B	15,0B	13,70A	2,63B	2,35A	0,94A	0,72B	0,53B	1,21A	0,03A
Pas	0-5	60,4a	24,4a	15,2b	24,50a	3,27a	1,92a	0,95a	1,19a	0,66a	1,63a	0,04a
	5-10	57,2a	25,6a	16,6ab	21,91a	3,69a	2,42a	0,82a	1,02a	0,74a	1,53a	0,05a
	10-20	61,6a	14,8b	21,2a	12,17a	3,98a	2,88a	1,23a	1,24a	0,59a	0,70b	0,03a
	Média	59,7B	21,6A	17,7A	19,53A	3,64A	2,41A	1,00A	1,15B	0,66A	1,29A	0,04A
Saf	0-5	66,9a	17,3a	17,8a	10,88a	3,04a	2,22b	1,54a	1,40a	0,53a	1,02a	0,03a
	5-10	59,1a	14,2ab	19,4a	13,02a	3,84a	2,73ab	1,33a	1,90a	0,57a	0,73ab	0,06a
	10-20	58,6a	8,1b	22,6a	5,34a	4,17a	3,49a	1,43a	1,78a	0,55a	0,36b	0,05a
	Média	61,5A	13,2C	19,9A	9,74A	3,68A	2,81A	1,43A	1,69A	0,55B	0,70B	0,04A
Córrego dos Desidérios												
Mata	0-5	65,6a	17,5a	18,4b	26,97a	1,81b	1,18b	0,62a	0,87b	0,59a	0,95a	0,05a
	5-10	77,0a	16,5a	20,6ab	29,17a	2,54ab	1,61ab	0,43a	1,53a	0,49a	0,80a	0,15a
	10-20	65,6a	11,0a	23,6a	14,74a	3,25a	2,03a	1,01a	1,80a	0,54a	0,48a	0,08a
	Média	69,4A	15,0B	20,9A	23,63A	2,54A	1,61A	0,69A	1,40A	0,54A	0,75B	0,09A
Pas	0-5	71,7a	19,7a	14,9c	6,31a	1,36c	0,96b	0,82b	1,22b	0,48a	1,33a	0,05a
	5-10	65,6a	16,7ab	20,3b	8,48a	2,59b	1,28b	0,92b	1,39ab	0,57a	0,82a	0,05a
	10-20	67,7a	11,8b	24,8a	6,16a	3,62a	2,45a	2,25a	1,89a	0,54a	0,49a	0,04a
	Média	68,3A	16,1B	20,0A	6,98A	2,52A	1,56A	1,33A	1,50A	0,53A	0,88B	0,05A
Ban	0-5	64,1a	14,8a	4,0a	14,77a	0,62a	0,54b	0,19a	0,65a	0,30a	3,94a	0,13a
	5-10	65,0a	16,8a	5,1a	16,46a	0,73a	0,66ab	0,23a	0,96a	0,34a	3,44a	0,15a
	10-20	79,7a	18,9a	5,9a	10,59a	1,17a	1,07a	0,50a	0,84a	0,35a	3,47a	0,07a
	Média	69,6A	16,8B	5,0B	13,94A	0,84B	0,76B	0,31B	0,82B	0,33B	3,62A	0,12A
Mil	0-5	67,8a	20,9a	9,1a	8,90a	0,42a	0,26a	0,12a	0,90a	0,47a	2,36a	0,38a
	5-10	67,6a	24,5a	9,0a	6,60a	0,51a	0,26a	0,10a	0,75a	0,52a	3,10a	0,31a
	10-20	76,5a	26,3a	9,5a	4,43a	0,57a	0,35a	0,17a	0,70a	0,47a	3,23a	0,14b
	Média	70,6A	23,9A	9,2B	6,64A	0,50B	0,29B	0,13B	0,78B	0,49A	2,90A	0,28A

Pas = pastagem; Saf = sistema agroflorestal; Ban = bananeira; Mil = milho; FHU = fração humina; FAH = fração ácidos húmicos; FAF = fração ácidos fúlvicos; Cmol = carbono da matéria orgânica leve; Cext = carbono extraído; Csol = carbono solúvel; Cbm = carbono da biomassa microbiana; Cmi = carbono mineralizável; qCO_2 = quociente metabólico (Cmi(dia)/Cbm). Médias de sistemas seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma localidade e médias de profundidades seguidas pela mesma letra minúscula, no mesmo sistema; ambas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os teores de carbono da fração ácidos fúlvicos, do carbono extraído e do carbono solúvel em água foram maiores nos solos sob pastagem, comparados aos solos sob mata, em Ilha Brava e em Ilha Funda, embora de forma não significativa para o carbono da fração ácidos fúlvicos em Ilha Brava e para o carbono solúvel em água em Ilha Funda. No Córrego dos Desidérios foram superiores no solo sob mata, porém, de forma não significativa. No solo da área em recuperação com sistema agroflorestal foram superiores e nos solos das áreas com bananeira e com milho foram inferiores aos solos dos demais sistemas avaliados, na mesma localidade, embora não tenham sido significativas as diferenças entre o solo da área em recuperação com sistema agroflorestal, em comparação com o solo sob pastagem em Ilha Funda (Tabela 8).

O carbono da fração ácidos fúlvicos, o carbono extraído e o carbono solúvel em água são formas de carbono mais dinâmicas no solo, o que pode ser observado pelas suas mobilidades, pois há um acréscimo nos teores dessas formas, em profundidade, em todos os sistemas avaliados (Tabela 8). Medeiros (1999) também verificou a mobilidade dessas formas de carbono no perfil do solo. Essas formas de carbono são mais disponíveis aos microorganismos, existindo correlações positivas com o carbono da biomassa microbiana e com o carbono mineralizável (Tabela 9).

A matéria orgânica dos solos sob pastagem está presente em menor quantidade que nos solos sob mata, porém, em formas mais dinâmicas. Além disso, a matéria orgânica destes solos é mais rica em nitrogênio e, em alguns casos, em fósforo, conferindo a estas maior acessibilidade dos microorganismos; conseqüentemente, o tempo de permanência no solo é menor, e são passíveis de serem perdidas do sistema com maior facilidade.

As áreas com bananeira e com milho apresentaram a matéria orgânica dos solos com baixos teores das formas mais dinâmicas, representadas pelos teores de carbono da fração ácidos fúlvicos, do carbono extraído e do carbono solúvel em água. Essas áreas apresentaram, também, menor atividade microbiana, conforme pode ser constatado pelos menores teores de carbono da biomassa microbiana e carbono mineralizável (Tabela 8). Quando as amostras dessas áreas foram incubadas a 25 °C e com umidade em 60% da capacidade de campo, a

Tabela 9 - Correlações de Pearson entre formas de carbono em diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

	FHU	FAH	FAF	Cmol	Cext	Csol	Cbm	Cmi
FHU								
FAH	-0,15							
FAF	-0,01	-0,38**						
Cmol	-0,02	0,14	-0,04					
Clab	0,14	-0,54**	0,66**	0,03				
Csol	-0,01	-0,39**	0,60**	0,08	0,79**			
Cbm	0,13	-0,46**	0,58**	-0,04	0,72**	0,62**		
Cmi	0,13	-0,42**	0,61**	-0,03	0,53**	0,46**	0,48**	

FHU = fração humina; FAH = fração ácidos húmicos; FAF = fração ácidos fúlvicos; Cmol = carbono da matéria orgânica leve; Cext = carbono extraído; Csol = carbono solúvel em água; Cbm = carbono da biomassa microbiana; Cmi = carbono mineralizável. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

mineralização de carbono foi intensa, conforme pode ser comprovada pelos maiores valores do quociente metabólico apresentados (Tabela 8).

Nos demais sistemas e localidades estudados, os valores do coeficiente metabólico foram bem próximos, não diferindo significativamente em nenhuma situação (Tabela 8).

Segundo Anderson e Domsch (1990) o coeficiente metabólico é um bom indicador das reações microbianas, podendo estabelecer uma estimativa dos efeitos dos fatores ambientais na população microbiana, não sendo, portando, um valor absoluto da quantidade de biomassa microbiana.

Sendo a fração humina considerada como a matéria orgânica de maior estabilidade no solo (Hayes et al., 1989, Sposito, 1989, Kilham, 1994), os menores valores da relação fração ácidos húmicos + fração ácidos fúlvicos/fração humina, apresentados pelos solos das áreas com bananeira e com milho (Tabela 8), colocam-nas como áreas com matéria orgânica de maior estabilidade dentre os sistemas estudados.

Blair et al. (1995) estabeleceram um índice de manejo de carbono – IMC, considerando como carbono lábil as formas de carbono oxidadas por KMnO_4 333 mmol/L, obtido pela equação:

$$\text{IMC} = \text{IQC} \times \text{IL} \times 100$$

Sendo:

IQC – Índice da Quantidade de Carbono

IL – Índice de Labilidade do carbono

Em que:

$$\text{IQC} = \frac{\text{Carbono total da amostra}}{\text{Carbono total da amostra de referência}}$$

$$\text{IL} = \frac{\text{Labilidade do carbono da amostra}}{\text{Labilidade do carbono da amostra de referência}}$$

$$\text{Labilidade do Carbono} - \text{LC} = \frac{\text{Carbono lábil}}{\text{Carbono total} - \text{Carbono lábil}}$$

A estabilidade da matéria orgânica pode ser demonstrada, também, pelo índice de labilidade do carbono (IL), da equação do índice de manejo de carbono (IMC) de Blair et al. (1995), considerando como carbono lábil as formas de carbono extraídas por $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,025 mol/L (item 2.4.3.).

Tomando-se a mata como referência, os valores de IL das pastagens são maiores que 1,0 exceto para a camada de 0 a 5 cm, no Córrego dos Desidérios, sendo estes diretamente relacionados aos valores de labilidade do carbono - LC, sempre maiores nas pastagens (Tabela 10).

Os maiores valores de IL, na pastagem, foram verificados em Ilha Brava e os menores, no Córrego dos Desidérios (Tabela 10), colocando a matéria orgânica do solo sob pastagem em Ilha Brava como a de menor estabilidade e a do solo sob pastagem no Córrego dos Desidérios como a de maior estabilidade, dentre os solos sob pastagens estudados.

Os valores de IL na área em recuperação com sistema agroflorestal também foram maiores que 1,0 (Tabela 10). As formas mais dinâmicas de carbono presentes no solo dessa área são resultado da entrada no sistema de espécies de leguminosas com material orgânico mais rico em nutrientes, portando, de fácil decomposição e mineralização pelos microorganismos, não havendo, ainda, um acúmulo maior de carbono nas formas mais estáveis. Como os solos das áreas com bananeira e com milho apresentam características diferenciadas das do solo sob mata, estabeleceu-se um IL para milho, tomando-se como referência a

Tabela 10 - Índice de manejo do carbono em diversos sistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Sistema	Prof. cm	COT -----mg/g-----	Clab	Cnlab	IQC	LC	IL	IMC
Ilha Brava								
Mata	0 - 5	30,69	0,88	29,81	-	0,030	-	100
	5 - 10	24,47	0,83	23,64	-	0,036	-	100
	10 - 20	24,59	0,80	23,79	-	0,036	-	100
Pastagem	0 - 5	20,24	0,85	19,39	0,67	0,044	1,52	98
	5 - 10	17,08	0,96	16,12	0,73	0,060	1,71	119
	10 - 20	14,73	0,99	13,74	0,63	0,072	2,14	128
Ilha Funda								
Mata	0 - 5	36,19	0,86	35,33	-	0,024	-	100
	5 - 10	32,10	0,86	31,24	-	0,028	-	100
	10 - 20	28,47	0,81	27,66	-	0,030	-	100
Pastagem	0 - 5	30,33	0,99	29,34	0,84	0,034	1,39	116
	5 - 10	28,27	1,00	27,27	0,88	0,038	1,38	117
	10 - 20	24,26	0,96	23,30	0,88	0,041	1,45	121
Agroflorestal	0 - 5	24,49	0,70	23,79	0,69	0,031	1,32	82
	5 - 10	22,44	0,86	21,58	0,70	0,040	1,45	102
	10 - 20	21,99	0,91	21,08	0,79	0,043	1,49	115
Córrego dos Desidérios								
Mata	0 - 5	32,93	0,60	32,34	-	0,018	-	100
	5 - 10	25,13	0,63	24,50	-	0,026	-	100
	10 - 20	20,25	0,64	19,61	-	0,034	-	100
Pastagem	0 - 5	36,96	0,49	36,47	1,13	0,014	0,75	83
	5 - 10	25,25	0,63	24,62	1,03	0,027	1,08	101
	10 - 20	19,88	0,70	19,18	0,98	0,038	1,12	110
Bananeira	0 - 5	61,70	0,37	61,33		0,006		100
	5 - 10	52,43	0,38	52,05		0,007		100
	10 - 20	36,08	0,37	35,71		0,012		100
Milho	0 - 5	54,53	0,22	54,31	0,89	0,004	0,69	59
	5 - 10	51,23	0,26	50,97	0,98	0,005	0,69	68
	10 - 20	47,52	0,26	47,26	1,64	0,006	0,53	70

COT = carbono orgânico total; Clab = carbono lábil; Cnlab = carbono não lábil; IQC = índice da quantidade de carbono; LC = labilidade do carbono; IL = índice de labilidade; IMC = índice de manejo do carbono.

área com bananeira. Nesse caso, a área com milho apresentou valores de IL menores que 1,0 (Tabela 10). A natureza mais lignificada da matéria orgânica do milho, provavelmente, está contribuindo para essa maior estabilidade.

O índice de manejo de carbono – IMC, proposto por Blair et al. (1995), sendo um produto entre o índice da quantidade de carbono – IQC e o índice de labilidade do carbono – IL, dá um indicativo da possibilidade do sistema estar em recuperação ou degradação. O IMC das pastagens e do sistema agroflorestal

estudados, tendo como referência a mata, foram maiores que 100 (Tabela 10) dando um indicativo de que estes sistemas estariam em recuperação. Por outro lado, o IMC do milho, em relação à bananeira, é menor que 100 (Tabela 10), dando um indicativo de que aquele sistema estaria em degradação.

Diversos atributos físicos e químicos do solo indicam que os solos sob pastagens estão numa condição de degradação, em relação ao solo sob mata, principalmente em Ilha Brava e em Ilha Funda, e que o solo sob sistema agroflorestal está em recuperação. Portanto, o IMC, proposto por Blair et al. (1995) não deve ser tomado, isoladamente, na avaliação da possibilidade de recuperação de um sistema. No caso das pastagens avaliadas em Ilha Brava e em Ilha Funda, os valores de IMC, acima de 100, foram devidos aos elevados valores de IL. Como já discutido, as formas mais lábeis de carbono são passíveis de serem perdidas dos sistemas com mais facilidade. Sendo assim, podem não estar contribuindo para a recuperação do sistema.

Conforme a hipótese de Mendonça e Rowell (1994) as formas mais lábeis de carbono funcionam como ânions na superfície de troca catiônica do solo, podendo se ligar às partículas do solo diretamente ou pela complexação com cátions trocáveis. Na maioria dos solos estudados a concentração de cátions trocáveis é muito baixa, exceto para Al^{3+} (Tabela 4). Isto pode estar contribuindo para a perda das formas mais lábeis de carbono. Por outro lado, as que permanecem no sistema, estão, em parte, complexadas com Al^{3+} .

As formas de carbono da fração ácidos fúlvicos, carbono extraído e carbono solúvel em água apresentaram altas correlações negativas com os índices de sustentabilidade propostos nesse trabalho (Tabela 11). Essas formas mais lábeis de carbono não foram incorporadas aos índices pedológicos de sustentabilidade; no entanto, podem ser consideradas como boas indicadoras da dinâmica da matéria orgânica no solo, e por conseguinte, da sustentabilidade dos agroecossistemas.

A estabilidade da matéria orgânica discutida nesse trabalho reflete uma avaliação pontual e momentânea. Para uma compreensão melhor da dinâmica da matéria orgânica nos solos, é necessário um monitoramento a longo prazo das diversas formas de carbono.

Tabela 11 - Correlações de Pearson entre as formas de carbono e os índices de sustentabilidade em diversos agroecossistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Índice	FHU	FAH	FAF	Cmol	Cext	Csol	Cbm	Cmi
InFis	-0,14	0,59**	-0,28*	-0,48**	-0,55**	-0,58**	-0,18	-0,27*
InQui	0,05	0,54**	-0,82**	-0,41**	-0,76**	-0,58**	-0,41**	-0,51**
InMO	-0,11	0,47**	-0,77**	-0,36**	-0,76**	-0,61**	-0,45**	-0,45**
InPed	-0,01	0,57**	-0,84**	-0,43**	-0,81**	-0,64**	-0,44**	-0,52**

COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; Po = fósforo orgânico; NTC = nitrogênio total em relação ao carbono (%); PoC = fósforo orgânico em relação ao carbono (%); C/N = relação carbono/nitrogênio; C/P = relação carbono/fósforo; FHU = fração humina; FAH = fração ácidos húmicos; FAF = fração ácidos fúlvicos; Cmol = carbono da matéria orgânica leve; Cext = carbono extraído; Csol = carbono solúvel em água; Cbm = carbono da biomassa microbiana; Cmi = carbono mineralizável; InFis = índice de sustentabilidade relacionado aos atributos físicos do solo; InQui = índice de sustentabilidade relacionado aos atributos químicos do solo; InMO = índice de sustentabilidade relacionado aos atributos ligados à matéria orgânica do solo; InPed = índice pedológico de sustentabilidade. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

3.5. Índice pedológico de sustentabilidade

Visando uma comparação mais objetiva entre os agroecossistemas avaliados, está sendo proposto, nesse trabalho, um índice pedológico de sustentabilidade.

Foram selecionados alguns atributos físicos, químicos e ligados à matéria orgânica que representem as condições do solo e que, quanto maiores foram os seus valores, signifiquem, melhores condições.

A mata foi tomada como referência, sendo os valores dos atributos do solo avaliados num determinado agroecossistema, divididos pelos valores dos mesmos atributos do solo avaliados naquela condição. Assim, para um determinado atributo (I):

$$I = \frac{\text{Valor do atributo no agroecossistema}}{\text{Valor do atributo na mata}}$$

Dessa forma, os atributos dos solos na condição mata passam a ter peso 1,0. Nos diferentes agroecossistemas, recebem pesos relativos à mata, que podem ser maiores ou menores que 1,0. Sendo menor, reflete pior condição de sustentabilidade que a mata e vice-versa.

O índice pedológico de sustentabilidade foi dividido em três partes: índice de sustentabilidade relacionado aos atributos físicos do solo (InFis); índice de

sustentabilidade relacionado aos atributos químicos do solo (InQui) e; índice de sustentabilidade relacionado aos atributos ligados à matéria orgânica do solo (InMo), constituindo-se numa média aritmética simples dos pesos dados aos atributos físicos, químicos e ligados à matéria orgânica, respectivamente, conforme equações abaixo:

$$\text{InFis} = \frac{\sum \text{I dos atributos físicos considerados}}{\text{n}^\circ \text{ de atributos físicos considerados}}$$

$$\text{InQui} = \frac{\sum \text{I dos atributos químicos considerados}}{\text{n}^\circ \text{ de atributos químicos considerados}}$$

$$\text{InMo} = \frac{\sum \text{I dos atributos ligados à MO considerados}}{\text{n}^\circ \text{ de atributos ligados à MO considerados}}$$

O índice pedológico de sustentabilidade (InPed) constitui-se numa média aritmética simples dos índices parciais:

$$\text{InPed} = \frac{\text{InFis} + \text{InQui} + \text{InMo}}{3}$$

Optou-se por estabelecer o mesmo peso a todos os atributos do solo devido à dificuldade de se estabelecer pesos diferenciados. Um determinado atributo do solo tem importância relativa para um determinado agroecossistema dependendo do tipo de solo, posição na paisagem, uso, etc. Estabelecer uma escala de valores para os diferentes atributos do solo demanda um estudo mais aprofundado da importância relativa de cada atributo, em cada agroecossistema avaliado.

Para compor o índice pedológico de sustentabilidade, foram selecionados os atributos: grau de floculação (G. F.), umidade atual (U. A.), porosidade total (P. T.), potencial de hidrogênio (pH), fósforo (P), acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e fósforo orgânico (Po), por serem atributos que refletem bem as condições físicas, químicas e biológicas dos solos estudados. Além disso, a aplicação do índice requer a utilização de atributos que, quanto maior o seu valor, representa melhor condição do solo.

A pastagem em Ilha Brava apresentou o menor índice pedológico de sustentabilidade (0,88), seguida da pastagem em Ilha Funda (0,96). A pastagem em Ilha Brava apresentou a pior condição de sustentabilidade nos atributos

físicos e ligados à matéria orgânica e melhor, apenas, que a pastagem em Ilha Funda, nos atributos químicos (Tabela 12).

A pastagem no Córrego dos Desidérios apresentou melhor condição de sustentabilidade que as demais pastagens estudadas, com índice pedológico de sustentabilidade igual a 1,15. Devendo-se isso, ao índice relativo aos atributos químicos, que foi de 1,43, uma vez que o índice relativo aos atributos ligados à matéria orgânica foi de 0,94 e o índice relativo aos atributos físicos foi de 1,07 (Tabela 12).

A área em recuperação com sistema agroflorestal apresentou índice pedológico de sustentabilidade igual a 1,0, devendo-se isso, também, ao índice relativo aos atributos químicos, que foi de 1,08. Nessa área, o índice relativo aos atributos ligados à matéria orgânica foi de 0,92, sendo o índice relativo aos atributos físicos igual a 1,0 (Tabela 12).

Na bananeira e no milho, os índices pedológicos de sustentabilidade relativos à mata foram de 2,43 e 2,42, respectivamente. Devendo-se isso, principalmente, aos índices relativos aos atributos químicos e ligados à matéria orgânica (Tabela 12).

O uso desse índice relativo à mata para os agroecossistemas bananeira e milho é prejudicado pelas diferentes características que os solos dessas áreas apresentam em relação ao solo sob mata. Uma comparação mais adequada é a do agroecossistema milho com o agroecossistema bananeira. Nesse caso, o índice pedológico de sustentabilidade do milho (1,18), relativo à bananeira, coloca o milho numa condição melhor de sustentabilidade (Tabela 12).

A aplicação do índice pedológico de sustentabilidade reforça e sintetiza as discussões feitas ao longo desse trabalho, demonstrando que a forma de ocupação e uso do solo predominante na microrregião de Governador Valadares, MG (pastagens com o uso intensivo de queimadas e ausência de práticas de manejo e conservação do solo), são causas da degradação ambiental e distanciam-se de uma condição desejável de sustentabilidade, mesmo considerando-se que os referenciais tomados nesse trabalho (as matas), tratam-se de capoeiras em regeneração que já sofreram ações antrópicas (retirada de madeira, queimadas, etc.) e, portanto, apresentam condições diferenciadas das naturais. Se continuar

Tabela 12 - Índice pedológico de sustentabilidade, relativo à mata, de diversos agroecossistemas na microrregião de Governador Valadares, MG

Agroecossistema	G. F.	U. A.	P. T.	InFis	pH	P	H+Al	SB	InQui	COT	NT	Po	InMO	InPed
Pastagem - Ilha Brava	0,84	0,98	0,84	0,89	1,07	0,74	0,78	1,20	0,95	0,65	0,80	1,00	0,82	0,88
Pastagem - Ilha Funda	1,06	0,96	0,95	0,99	1,00	0,98	0,99	0,76	0,93	0,85	1,00	1,00	0,95	0,96
Pastagem - Cór. dos Desidérios	1,12	1,23	0,85	1,07	1,13	0,86	0,86	2,88	1,43	1,05	1,21	0,57	0,94	1,15
SAF - Ilha Funda	1,05	1,04	0,91	1,00	1,04	0,89	0,86	1,52	1,08	0,71	0,88	1,16	0,92	1,00
Banana - Córrego dos Desidérios	1,10	0,90	0,96	0,99	1,29	1,06	0,83	13,95	4,28	1,92	1,86	2,27	2,02	2,43
Milho - Córrego dos Desidérios	1,70	0,97	1,03	1,23	1,24	1,78	1,29	11,27	3,89	1,96	2,07	2,35	2,13	2,42
Milho* - Córrego dos Desidérios	1,54	1,08	1,07	1,23	0,96	1,68	1,56	0,81	1,25	1,02	1,12	1,03	1,06	1,18

G.F. = grau de flocculação; U. A. = umidade atual; P. T. = porosidade total; InFis = índice de sustentabilidade relacionado aos atributos físicos do solo; pH = potencial de hidrogênio; P = fósforo; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; InQui = índice de sustentabilidade relacionado aos atributos químicos do solo; COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; Po = fósforo orgânico; InMO = índice de sustentabilidade relacionado aos atributos ligados à matéria orgânica do solo; InPed = índice pedológico de sustentabilidade.

* índice relativo à banana.

essa forma de ocupação e uso do solo, há uma grande tendência das possibilidades de sustentabilidade piorarem. Por outro lado, a proposta de recuperação de pastagens degradadas com sistemas agroflorestais é promissora para a região, conforme pôde ser constatado pelo melhor índice pedológico de sustentabilidade apresentado pela área em recuperação com sistema agroflorestal, em relação à pastagem na mesma localidade.

O índice pedológico de sustentabilidade reflete, também, que em algumas localidades da microrregião de Governador Valadares, MG, onde se pratica a agricultura familiar, com sistemas mais diversificados de produção, quando não se utilizam queimadas e há preservação da cobertura vegetal nos topos dos morros, os agroecossistemas apresentam melhores condições de sustentabilidade.

O índice pedológico de sustentabilidade proposto mostrou-se eficiente na comparação entre os diferentes agroecossistemas; no entanto, precisa ser aprimorado para que se possa incorporar a importância relativa de cada atributo num determinado agroecossistema, dependendo do tipo de solo, posição na paisagem, uso, etc. Uma possibilidade pode ser a incorporação dos desvios do solo utilizado na avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho et al.,1978). Por outro lado, o índice pedológico de sustentabilidade não pode ser tomado isoladamente na avaliação da sustentabilidade de um agroecossistema. Ele pode dar uma contribuição na avaliação da sustentabilidade ambiental. No entanto, para uma avaliação mais completa da sustentabilidade é necessário considerar outras dimensões como, a econômica, a social, a cultural, que não fizeram parte dos objetivos desse trabalho.

4. CONCLUSÕES

A partir da pesquisa realizada sobre a ocupação e o uso do solo e sobre as condições ambientais da microrregião de Governador Valadares, MG; e dos dados analíticos sobre atributos físicos, químicos e ligados à matéria orgânica do solo, obtidos de amostras de solos coletadas em nove áreas selecionadas, em três localidades, representando a condição natural (mata) e os usos diferenciados ocorrentes na região, é possível concluir que:

- A forma predominante de ocupação e uso do solo na microrregião de Governador Valadares, MG, com pastagens extensivas e uso constante de queimadas, causaram degradação do solo, tornando evidente sua insustentabilidade ambiental;
- O índice pedológico de sustentabilidade proposto mostrou-se eficiente na comparação entre os diferentes agroecossistemas. No entanto, precisa ser aprimorado, para que se possa incorporar a importância relativa de cada atributo num determinado agroecossistema, dependendo do tipo de solo, posição na paisagem, uso, etc.
- As pastagens extensivas e, mesmo, as pastagens em pequenas propriedades com uso intensivo de queimadas apresentaram os piores índices pedológicos de sustentabilidade;

- Nas localidades em que predominam a ocupação e o uso do solo por sistemas de agricultura familiar, os agroecossistemas apresentaram melhores índices pedológicos de sustentabilidade, refletindo, não só a forma de ocupação e uso mas, também, em alguns casos, as melhores condições dos solos;
- A recuperação de pastagens degradadas com sistema agroflorestal está proporcionando melhorias nos atributos do solo, refletidas no índice pedológico de sustentabilidade;
- As formas de carbono da fração ácidos fúlvicos, carbono extraído e carbono solúvel em água podem ser consideradas, num monitoramento a longo prazo, como boas indicadoras da sustentabilidade dos agroecossistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab`saber, A. N. 1970. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. São Paulo: Geomorfologia. v. 20, 26pp.
- Addiscot, T. M. 1992. Entropy and sustainability. Dordrechster: European Journal of Soil Science. v. 46, p. 161-168.
- Agência Técnica da Bacia do Rio Doce. 1994. Projeto Rio Doce, Relatório final. Belo Horizonte: Agência Técnica do Rio Doce. v. 1, Cap. 4, p. 73-114.
- Albuquerque Filho, M. R. 2001. Relação homem-ambiente e pedogênese em uma microbacia do Médio Rio Doce, MG. Viçosa: UFV. 73pp. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- Altieri, M. 1989. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: AS-PTA. 237pp.
- Altieri, M., Nicholls, C. I. 1999. Agroecologia: Teoria y aplicaciones para una agricultura sustentable. Berkeley: Universidade de Califórnia. 105pp.
- Alvarenga, R.C., Costa, L.M. da, Moura Filho, W., Regazzi, A.J. 1995. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. Pesq. agropec. bras. v. 30, p. 175-185.
- Alves, B. J. R. 1992. Avaliação da mineralização do N do solo *in situ*. Itaguaí: UFRRJ. 177pp. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- Amézquita, E., Friesen, D., Sanz, J. I. 1999. Indicadores de sustentabilidad: parámetros edafoclimáticos y diagnóstico del perfil cultural. In: Guimarães, E. P., Sanz, J. I., Rao, I. M., Amézquita, M. C.; Amézquita, E. (Eds). Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de America Latina. Cali: CIAT. p. 49-64.
- Anderson, T. H., Domsch, K. H. 1990. Application of eco-physiological quocients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. Soil Biol. Biochem. v. 22, p. 251-255.

- Anderson, J. M., Ingram, J. S. I. 1989. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB International, Unesco, UK. 171p.
- Baruqui, F. M. 1982. Inter-relações solo-pastagens nas regiões Mata e Rio Doce do estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV. 119pp. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- Bertollo, P. 1998. Assessing ecosystem health in governed landscapes: a framework for developing core indicators. *Ecosystem Health*. v. 4, n. 1, p. 33-51.
- Blair, G. J., Lefroy, R. D., Lisle, L. 1995. Soil carbon fraction based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust. J. Agric. Res.* v. 46, n. 15, p. 1459-1466.
- Bowman, R. A. 1989. A sequential extraction procedure with concentrated sulfuric acid and dilute base for soil organic phosphorus. *Soil Sci. Am. J.* v. 53, p. 362-366.
- Brasil. 1970. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório dos solos da região sob influência da companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 154pp. (Boletim técnico, 13)
- Cerri, C. C., Bernoux, M., Volkoff, B., Moraes, J. L. 1996. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: Alvarez, V. H.; Fontes, L. E. F.; Fontes, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS, UFV, DPS. p. 61-69.
- Cerri, C. C., Moraes, J. F. L., Volkoff, B. 1992. Dinâmica do carbono orgânico em solos vinculados a pastagens da Amazônia brasileira. *Inv. Agr.* v. 1, p. 95-102.
- CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. 1983. Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CETEC. 158pp. (com 8 mapas)
- CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. 1989. Relatório final dos estudos de erosão acelerada. Belo Horizonte: CETEC. s.n.p.
- Choné, T., Andreux, F., Correa, J. C., Volkoff, B., Cerri, C. C., 1991. Changes in organic matter in an Oxisol from the central Amazon forest during eighth years as pasture, determined by ¹³C isotopic composition. In: Berthelin, J. ed. Diversity of environmental biogeochemistry. Amsterdam: Elsevier. p. 397-405.
- CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 1998. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. 96pp.
- Costa, L. M. 1990. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: Barros, N. F. Relação solo-eucalipto. Viçosa: Editora Folha de Viçosa. p. 237-264.

- Dalsgaard, J. P. T., Oficial, R. T. 1997. A quantitative approach for assessing the productive performance and ecological contributions of smallholder farms. *Agricultural Systems*. v. 55, n. 4, p. 503-533.
- Defelipo, B. V., Ribeiro, A. C. 1981. Análise química do solo, metodologia. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. 17pp. (boletim de extensão, 29)
- Dick, D. P., Gomes, J., Rosinha, P. B. 1998. Caracterização de substâncias húmicas extraídas de solos e de lodo orgânico. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 22, n. 2, p. 257-271.
- Dobbs, T., Cole, J. 1992. Potential effects on rural economics of conversion to sustainable farming systems. *Greenbelt: American Journal of Alternative Agriculture*. v. 7, n. 1/2, p. 70-80.
- Doran, J. W. 1997. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro: CD-ROM.
- Economia Mineira, 1989: Diagnóstico e perspectivas. Belo Horizonte: BDMG. v.5. 112pp.
- Ehlers, E. 1996. Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Terra Editora. 178pp.
- EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212pp.
- Espíndola, H. S. 2000. Práticas econômicas e meio ambiente na ocupação do sertão do rio Doce. Belo Horizonte: Cadernos de Filosofia e Ciências Humanas. Ano VII, n. 14, p. 67-75.
- Espíndola, H. S. 1996. Práticas econômicas e meio ambiente na história da colonização do Vale do Rio Doce. S.l. :s. n., 16p. (Mimeogr.)
- Favero, C., Jucksch, I., Costa, L. M. da, Alvarenga, R. C., Neves, J. C. L. 2000. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *R. bras. Ci. Solo*. v. 24, p. 171-177.
- Ferreira, A. S., Camargo, F. A. O., Vidor, C. 1999. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 23, p. 991-996.
- Franco, A. A., Dias L. E., Faria, S. M. de, Campello, E. F. C., Silva, E. M. R. da 1995. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. In: Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros. *Oecologia Brasiliensis*. v. 1, p. 459-467.

- Gama-Rodrigues, E. F. 1999. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A., Camargo, F. A. O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo, Porto Alegre: Gênese. p. 227-243.
- Götsch, E. O renascer da agricultura. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1996. 24pp.
- Gregorich, E. G., Voroney, R. P. 1991. Turnover of carbon through the microbial biomass in soil with different textures, toxicity in sub soils. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 50, p. 28-34.
- Hayes, M. H. B., Maccarthy, P., Malcolm, R.L. *et al.* 1989. The search for structure: setting the scene. In: Hayes, M. H. B. *et al.* (Ed) Humic substances II: In search of structure. Chichester: John Wiley. 764pp.
- Hedley, M. J., Stewart, J. W. B., Chauhan, B. S. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 46, p. 970-976.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos Agropecuários de 1970, 1980, 1985 e 1996.
- Islam, K. R., Weil, R. R. 1998. A rapid microwave digestion method for colorimetric measurement of soil organic carbon. Communication in Soil Science Plant Analysis. v. 29, n. 15, c. 16, p. 2269-2284.
- Jucksch, I. 1987. Calagem e dispersão de argila em amostra de um latossolo vermelho-escuro. Viçosa: UFV. 37pp. (dissertação de mestrado em solos e nutrição de plantas)
- Kemper, W. D., Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (Ed) Methods of soil analysis. part 1, physical and mineralogical methods. Second Edition, Madison: Wisconsin. p.425-442.
- Kidd, C.V. 1992. The evolution of sustainability. Journal of Agricultural and Environmental Ethics. v. 5, n. 1, p. 1-26.
- Kilham, K. 1994. Soil ecology. New York: Cambridge University Press. 242pp.
- Larson, W. E., Pirce, F. J. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: Doran, J. W. et al. (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: ASA/SSSA. p. 37-51.
- Lehman, H., Ann Clark, E., Weise, S.F. 1993. Clarifying the definition of sustainable agriculture, Journal of Agricultural and Environmental Ethics. v. 6, n. 2, p. 127-143.
- Lima, C. C. 1996. Dinâmica de carbono, características químicas do solo, sistema radicular e produção do feijoeiro em resposta à adição de composto a base de dejetos de suínos. Viçosa: UFV. 114pp. (dissertação de mestrado em solos e nutrição de plantas)

- Medeiros, M. L. de. 1999. Carbono orgânico extraído por soluções de KNO_3 , K_2SO_4 e NaHSO_4 e sua relação com outras formas de carbono do solo. Viçosa: UFV. 56pp. (dissertação de mestrado em solos e nutrição de plantas)
- Mendonça, E. de Sá. 1992. The effect of the organic and mineral fractions on the acidity and charge of soils from the cerrado region, Brazil. Reading, DS/University of Reading. 230pp.
- Mendonça, E. de Sá. 2001. Carbono orgânico extraído por soluções salinas y su relación con otras formas de carbono de suelos tropicales. *Agrociência*. v. 35, n. 4, p. 397-406.
- Mendonça, E. S., Rowell, D. L. 1994. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 18, n. 2, p. 295-303.
- Mielniczuk, J. 1999. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: Santos, G. A., Camargo, F. A. O. (Eds.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. Porto Alegre: Gênese. p. 1-8.
- Neves, M. C. P. 1992. Como os microrganismos do solo obtêm energia e nutrientes. In: Cardoso, E. J. B. N., Tsai, S. M., Neves, M. C. P. (Eds.) *Microbiologia do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 17-31.
- Novais, R. F., Smyth, T. J. 1999. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 399pp.
- Paraná, Secretaria de Agricultura e do Abastecimento. 1994. Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo. Curitiba: Secretaria de Agricultura e do Abastecimento. 372pp.
- Pereira, C. O. C. 1980. *Nas Terras do Rio Sem Dono*. Belo Horizonte: Veja. 184pp.
- Pretty, J.N. 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development*. v. 23, n. 8, p. 1247-1263.
- Qasem, J. R. 1992. Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. *New York: Journal of Horticultural Science*. v. 67, n. 2, p. 189-195.
- Ramalho Filho, A., Pereira, E. G., Beek, K. J. 1978. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 70pp.
- Reijntjes, C., Haverkort, B., Waters-Bayer, A. 1994. Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos. Tradução de John Cunha Comerford, Rio de Janeiro: AS-PTA. 250pp.

- Reis, M. G. F., Barros, N. F. 1990. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: Barros, N. F. Relação solo-eucalipto. Viçosa: Editora Folha de Viçosa. p. 265-302.
- Rice, E. L., Pancholy, S. K. 1972. Inhibition of nitrification by climax ecosystemas. Amer. J. Bot. v. 59, n. 10, p. 1033-1040.
- Saint-Hilare, A. 1975. Viagem pelas Províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Itatiaia, São Paulo: EDUSP. 176pp.
- Schnitzer, M. 1982. Organic matter characterization. In: Page, A.L. et al.(Eds.) Methods of soil analysis. part 2, chemical and microbiological properties. Second Edition, Madison: Wisconsin. p.581- 594.
- Souza, C. J. O. 1995. Interpretação morfotectônica da bacia do Rio Doce. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. 146pp. (Dissertação de Mestrado em Geografia)
- Sposito, G. 1989. The chemistry of soils. New York, Oxford University Press, Inc. 277pp.
- Stenberg, R. 1999. Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators. Acta Agric. Scand., B, Soil and Plant Sci. v. 49, p. 1-24.
- Stockle, C.O., Papendick, R.I., Saxton, K.E., van Evert, F.K., 1994. A framework for evaluating the sustainability of agricultural production systems, America. Journal of Alternative Agriculture. v. 9, p. 45-50.
- Strauch, N. 1958. Zona metalúrgica de Minas Gerais e Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia. 207pp.
- Tedesco, J. M., Wolkweiss, S. J., Bohnen, H. 1985. Análise de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS. 156pp. (boletim técnico, 5)
- Teixeira, L. B., Bastos, J. B. 1989. Matéria orgânica nos ecossistemas de floresta primária e pastagens na Amazônia Central. Belém: Embrapa-CPATU. 26pp. (Boletim de pesquisa, 99)
- Turco, R. F., Blume, H. 1998. Indicators of soil quality. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, 1998. Lavras, CD-ROM.
- Vasconcelos, D. de. 1974. História Média de Minas Gerais. 3ed. Itatiaia, Brasília: INL. 234pp.
- Wardle, D. A. 1994. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: Hungria, M., Araújo, R. S. (Eds.) Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola, Brasília: EMBRAPA. p. 419-436.

Yeomans, J. C., Bremner, J. M. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. New York: Soil Sci. Plant Anal.* v. 19, n. 13, p. 1467-1476.

APÊNDICE

Tabela 1A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos físicos para os sistemas na localidade de Ilha Brava, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio											
		AG	AF	ST	AR	AD	GF	UA	UR	EU	PT	DS	DP
Sistema (SIS)	1	826,89**	43,56	64,22**	200,00	258,81**	465,65**	0,30	1,75	103,68**	370,49**	0,269**	0,008
Erro (a)	4	26,06	2,56	2,61	24,78	2,30	8,76	24,67	0,95	4,83	8,08	0,006	0,004
Profundidade (PRO)	2	68,06**	3,39*	2,17	99,39**	3,41*	25,58*	8,57**	0,25	7,27**	5,36	0,003	0,007
PRO X SIS	2	0,39	5,39**	0,06	3,50	2,39	2,90	2,31*	0,01	0,32	42,70*	0,024**	0,002
Erro (b)	8	2,31	0,56	0,61	1,86	0,56	4,03	0,36	0,13	0,45	6,15	0,002	0,002
C.V.% (a)		15,68	10,75	44,07	10,18	7,78	4,91	29,92	42,06	10,68	5,48	6,70	3,62
C.V.% (b)		4,66	5,0	21,32	2,79	3,84	3,33	3,61	15,34	3,25	4,78	4,30	1,80

AG = areia grossa; AF = areia fina; ST = silte; AR = argila; AD = argila dispersa em água; GF = grau de floculação; UA = umidade atual; UR = umidade residual; EU = equivalente de umidade; PT = porosidade total; DS = densidade do solo; densidade de partículas. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos físicos para os sistemas na localidade de Ilha Funda, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio											
		AG	AF	ST	AR	AD	GF	UA	UR	EU	PT	DS	DP
Sistema (SIS)	2	341,15*	0,04	0,26	328,48*	22,70	41,59	7,86	0,90	11,60*	70,76	0,077	0,026
Erro (a)	6	44,04	0,63	2,78	43,70	22,06	193,98	7,22	0,76	1,93	18,22	0,016	0,005
Profundidade (PRO)	2	51,81**	1,15	5,48	34,26**	2,63	0,49	33,78**	0,24	17,88*	20,54	0,009	0,002
PRO X SIS	4	2,81	1,70*	1,43	1,26	2,20	8,18*	0,78	0,20	1,33	11,26	0,011	0,006
Erro (b)	12	4,26	0,52	2,89	4,37	0,98	2,45	0,71	0,19	2,89	7,77	0,004	0,003
C.V.% (a)		17,19	11,77	30,82	13,42	33,13	19,69	13,22	39,83	5,60	7,42	11,83	2,88
C.V.% (b)		5,35	10,68	31,43	4,24	6,99	2,21	3,97	19,85	6,86	4,85	6,00	2,08

AG = areia grossa; AF = areia fina; ST = silte; AR = argila; AD = argila dispersa em água; GF = grau de flocculação; UA = umidade atual; UR = umidade residual; EU = equivalente de umidade; PT = porosidade total; DS = densidade do solo; densidade de partículas. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos físicos para os sistemas na localidade do Córrego dos Desidérios, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio											
		AG	AF	ST	AR	AD	GF	UA	UR	EU	PT	DS	DP
Sistema (SIS)	3	295,48**	3,93	384,11**	221,96**	162,78	2076,93	76,20*	11,67**	131,79**	192,02**	0,146**	0,018*
Erro (a)	8	10,03	3,36	20,53	13,17	40,90	514,40	10,23	1,08	3,86	20,10	0,015	0,003
Profundidade (PRO)	2	46,33**	0,08	0,19	43,36**	16,49**	33,80	5,02	0,06	1,14	8,46	0,004	0,002
PRO X SIS	6	22,59*	2,12**	14,75*	1,32	1,69	19,83	8,02	0,58	3,04	9,35	0,007	0,004
Erro (b)	16	5,44	0,28	4,65	5,96	2,34	20,53	4,34	0,32	2,07	9,92	0,006	0,002
C.V.% (a)		5,73	22,00	32,23	16,29	68,61	38,36	15,51	33,97	10,09	7,81	11,44	2,16
C.V.% (b)		4,22	6,32	15,35	10,96	16,41	7,66	10,11	18,52	7,39	5,49	7,44	1,91

AG = areia grossa; AF = areia fina; ST = silte; AR = argila; AD = argila dispersa em água; GF = grau de flocculação; UA = umidade atual; UR = umidade residual; EU = equivalente de umidade; PT = porosidade total; DS = densidade do solo; densidade de partículas. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos químicos para os sistemas na localidade de Ilha Brava, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio											
		pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTCe	CTCt	m	V
Sistema (SIS)	1	0,36693	11,71	0,00246	0,036	0,003	0,781	2,880	0,038	0,474	2,255*	468,22	147,15
Erro (a)	4	0,16938	3,07	0,00294	0,293	0,078	1,297	1,360	0,721	0,096	0,178	2025,65	499,13
Profundidade (PRO)	2	0,00309	9,84**	0,00511**	0,161	0,050*	0,129	0,102	0,483*	0,114*	0,926**	764,84*	165,87*
PRO X SIS	2	0,00002	0,32	0,00004	0,037	0,002	0,014	0,032	0,054	0,121*	0,168	28,55	11,10
Erro (b)	8	0,00863	0,68	0,00015	0,046	0,010	0,071	0,039	0,100	0,021	0,076	125,98	29,92
C.V.% (a)		9,15	32,34	6,18	69,18	82,83	76,59	35,34	51,41	15,13	10,93	62,89	52,72
C.V.% (b)		2,0	15,17	14,08	66,66	64,16	18,67	6,0	56,38	7,14	7,12	15,68	37,39

pH = potencial de hidrogênio; P = fósforo disponível; K⁺ = potássio trocável; Ca²⁺ = Cálcio trocável; Al³⁺ = alumínio trocável; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTCe = capacidade de troca catiônica efetiva; CTCt = capacidade de troca catiônica total a pH 7,0; m = saturação por alumínio; V = saturação por bases. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 5A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos químicos para os sistemas na localidade de Ilha Funda, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio											
		pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTCe	CTCt	m	V
Sistema (SIS)	2	0,0721	0,286	0,0109	0,019	0,00097	0,302	1,434*	0,066	0,089	0,930*	124,60	35,33
Erro (a)	6	0,0192	0,574	0,0086	0,006	0,00032	0,264	0,153	0,034	0,128	0,104	73,24	14,89
Profundidade (PRO)	2	0,0010	1,363**	0,0158**	0,025*	0,00335**	0,039	0,585*	0,117**	0,111**	1,086**	147,28**	35,96**
PRO X SIS	4	0,0188*	0,353	0,0011	0,004	0,00009	0,110**	0,200	0,010	0,066**	0,139	23,94	5,26
Erro (b)	12	0,0052	0,120	0,0009	0,005	0,00007	0,013	0,066	0,011	0,007	0,073	19,21	3,94
C.V.% (a)		3,16	26,19	74,67	111,65	51,84	20,07	7,97	81,08	12,82	6,30	9,35	86,15
C.V.% (b)		1,64	11,97	24,83	94,74	24,33	4,42	5,26	45,46	3,00	5,26	4,79	44,33

pH = potencial de hidrogênio; P = fósforo disponível; K⁺ = potássio trocável; Ca²⁺ = Cálcio trocável; Al³⁺ = alumínio trocável; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTCe = capacidade de troca catiônica efetiva; CTCt = capacidade de troca catiônica total a pH 7,0; m = saturação por alumínio; V = saturação por bases. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 6A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos químicos para os sistemas na localidade do Córrego dos Desidérios, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio											
		pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTCe	CTCt	m	V
Sistema (SIS)	3	3,2201**	27,25**	0,335**	65,33**	3,823*	1,666**	4,029	111,93**	89,51**	122,92**	8081,5**	6167,8**
Erro (a)	8	0,0901	3,52	0,035	2,35	0,858	0,029	1,209	5,28	4,94	3,84	109,93	213,92
Profundidade (PRO)	2	0,0017	11,98**	0,069**	5,88**	0,678**	0,089**	0,130	12,27**	10,40**	10,09**	800,96**	695,30**
PRO X SIS	6	0,0076	0,41	0,016*	1,04*	0,079*	0,021**	0,143	1,74**	1,92**	1,46**	233,32**	38,28
Erro (b)	16	0,0054	0,67	0,005	0,34	0,023	0,004	0,138	0,37	0,35	0,19	16,25	22,26
C.V.% (a)		5,55	37,78	50,61	52,11	21,37	38,86	34,82	56,41	49,27	27,10	43,01	32,03
C.V.% (b)		1,36	16,47	19,82	19,83	19,74	14,81	11,76	14,90	13,03	5,97	16,54	10,33

pH = potencial de hidrogênio; P = fósforo disponível; K⁺ = potássio trocável; Ca²⁺ = Cálcio trocável; Al³⁺ = alumínio trocável; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTCe = capacidade de troca catiônica efetiva; CTCt = capacidade de troca catiônica total a pH 7,0; m = saturação por alumínio; V = saturação por bases. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 7A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos ligados a matéria orgânica para os sistemas na localidade de Ilha Brava, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio						
		COT	NT	Po	NTC	PoC	C/N	C/P
Sistema (SIS)	1	3,835*	0,0036	1,46	8,08	0,045	56,27	414515,80
Erro (a)	4	0,334	0,0002	2720,35	2,25	0,048	27,82	334172,90
Profundidade (PRO)	2	0,570	0,0013	1834,11	2,12	0,016	20,46	146781,70
PRO X SIS	2	0,039	0,0003	200,52	1,80	0,013	16,12	43834,23
Erro (b)	8	0,152	0,0015	493,04	4,93	0,017	29,01	74385,06
C.V.% (a)		26,30	9,20	90,11	23,17	78,87	31,31	107,83
C.V.% (b)		17,77	28,28	38,36	34,26	46,67	31,97	50,88

COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; Po = fósforo orgânico; NTC = nitrogênio total em relação ao carbono (%); PoC = fósforo orgânico em relação ao carbono (%); C/N = relação carbono/nitrogênio; C/P = relação carbono/fósforo. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 8A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos ligados a matéria orgânica para os sistemas na localidade de Ilha Funda, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio						
		COT	NT	Po	NTC	PoC	C/N	C/P
Sistema (SIS)	2	1,938**	0,0016	334,87	3,05	0,0375	31,79	90223,31
Erro (a)	6	0,124	0,0027	859,75	1,79	0,0126	31,97	24103,78
Profundidade (PRO)	2	0,664*	0,0038	877,11	1,30	0,0012	22,25	10192,68
PRO X SIS	4	0,062	0,0008	530,19	1,30	0,0097	11,41	14353,96
Erro (b)	12	0,014	0,0015	541,53	2,69	0,0070	28,25	37935,98
C.V.% (a)		12,76	33,40	44,71	23,52	46,01	30,10	32,68
C.V.% (b)		13,71	24,62	35,49	28,78	34,15	28,25	41,00

COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; Po = fósforo orgânico; NTC = nitrogênio total em relação ao carbono (%); PoC = fósforo orgânico em relação ao carbono (%); C/N = relação carbono/nitrogênio; C/P = relação carbono/fósforo. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 9A – Resumo das análises de variância dos dados de atributos ligados a matéria orgânica para os sistemas na localidade do Córrego dos Desidérios, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio						
		COT	NT	Po	NTC	PoC	C/N	C/P
Sistema (SIS)	3	17,100**	0,040**	122055,30**	1,48	0,261	8,79	102914,20**
Erro (a)	8	0,628	0,005	5944,38	1,46	0,066	20,32	6449,48
Profundidade (PRO)	2	7,300**	0,004	1177,96	6,91	0,165*	94,46	34698,63*
PRO X SIS	6	0,544	0,002	2418,56	3,45	0,017	26,79	8772,19
Erro (b)	16	0,455	0,003	2490,39	2,71	0,029	34,49	8390,08
C.V.% (a)		20,50	32,60	38,33	20,70	50,95	24,24	31,88
C.V.% (b)		17,45	25,40	24,81	28,26	33,57	31,58	36,36

COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; Po = fósforo orgânico; NTC = nitrogênio total em relação ao carbono (%); PoC = fósforo orgânico em relação ao carbono (%); C/N = relação carbono/nitrogênio; C/P = relação carbono/fósforo. *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 10A – Resumo das análises de variância dos dados de formas de carbono para os sistemas na localidade de Ilha Brava microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio										
		FHU	FAH	FAF	Cmol	CExt	Csol	Cbm	Cmi	$\frac{FAH+FAF}{FHU}$	$\frac{FAH}{FAF}$	qCO_2
Sistema (SIS)	1	288,19	29,67	0,22	413,39	23,19**	11,280**	2,680*	0,448	0,043	0,136	0,00015
Erro (a)	4	79,16	27,96	4,96	82,89	0,55	0,268	0,335	0,165	0,007	0,139	0,00014
Profundidade (PRO)	2	258,10	58,29**	20,53	82,19**	3,67*	0,752	0,513	0,031	0,023	0,458**	0,00034
PRO X SIS	2	24,85	1,56	2,37	17,79	1,33	0,100	0,062	0,469	0,002	0,007	0,00029
Erro (b)	8	208,02	5,13	9,84	4,28	0,51	0,171	0,382	0,184	0,014	0,028	0,00029
C.V.% (a)		12,39	43,76	13,60	70,97	16,78	24,63	40,89	31,12	20,45	48,28	32,61
C.V.% (b)		20,09	18,75	19,16	16,12	16,16	19,70	43,66	32,88	28,58	21,69	47,80

FHU = fração humina; FAH = fração ácidos húmicos; FAF = fração ácidos fúlvicos; Cmol = carbono da matéria orgânica leve; CExt = carbono extraído; Csol = carbono solúvel em água; Cbm = carbono da biomassa microbiana; Cmi = carbono mineralizável; qCO_2 = quociente metabólico (Cmi(dia)/Cbm). *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 11A – Resumo das análises de variância dos dados de formas de carbono para os sistemas na localidade de Ilha Funda, microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio										
		FHU	FAH	FAF	Cmol	CExt	Csol	Cbm	Cmi	$\frac{FAH+FAF}{FHU}$	$\frac{FAH}{FAF}$	qCO_2
Sistema (SIS)	2	86,93*	160,05**	55,93*	218,10	3,240*	0,568	0,655	2,140*	0,048**	0,907*	0,00075
Erro (a)	6	15,22	2,84	10,63	263,20	0,413	0,272	0,133	0,218	0,004	0,102	0,00053
Profundidade (PRO)	2	135,50	180,89**	40,97*	151,24	1,600*	1,400*	0,052	0,080	0,030	1,305**	0,00006
PRO X SIS	4	188,94	17,20	5,06	19,98	0,059	0,269	0,094	0,186	0,015	0,112	0,00069
Erro (b)	12	187,72	16,12	7,29	63,28	0,411	0,267	0,166	0,127	0,020	0,054	0,00023
C.V.% (a)		6,26	9,68	18,61	113,27	19,38	20,67	32,54	39,37	11,31	29,85	60,85
C.V.% (b)		21,98	23,03	15,41	55,54	19,33	20,46	36,35	30,05	24,59	21,73	39,91

FHU = fração humina; FAH = fração ácidos húmicos; FAF = fração ácidos fúlvicos; Cmol = carbono da matéria orgânica leve; CExt = carbono extraído; Csol = carbono solúvel em água; Cbm = carbono da biomassa microbiana; Cmi = carbono mineralizável; qCO_2 = quociente metabólico (Cmi(dia)/Cbm). *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 12A – Resumo das análises de variância dos dados de formas de carbono para os sistemas na localidade do Córrego dos Desidérios microrregião de Governador Valadares, MG

FV	GL	Quadrado Médio										
		FHU	FAH	FAF	Cmol	CExt	Csol	Cbm	Cmi	$\frac{FAH+FAF}{FHU}$	$\frac{FAH}{FAF}$	qCO_2
Sistema (SIS)	3	7,95	146,91**	560,19**	570,71	10,535**	3,709**	2,534**	1,286*	0,086*	18,72**	0,0908
Erro (a)	8	124,76	17,63	11,65	296,66	0,208	0,168	0,291	0,185	0,016	0,906	0,0276
Profundidade (PRO)	2	81,86	8,57	56,87**	133,80	3,614**	1,745**	1,235	0,487**	0,001	0,150	0,0249*
PRO X SIS	6	128,09	36,44*	13,57*	31,60	0,677*	0,303**	0,344	0,224*	0,005	0,485	0,0111
Erro (b)	16	294,53	10,90	3,81	61,93	0,180	0,053	0,346	0,065	0,014	0,846	0,0064
C.V.% (a)		16,07	23,39	24,78	134,58	28,53	38,90	87,86	38,19	26,88	46,76	125,10
C.V.% (b)		24,70	18,39	14,18	61,49	26,50	21,84	95,91	22,71	25,21	45,20	60,25

FHU = fração humina; FAH = fração ácidos húmicos; FAF = fração ácidos fúlvicos; Cmol = carbono da matéria orgânica leve; CExt = carbono extraído; Csol = carbono solúvel em água; Cbm = carbono da biomassa microbiana; Cmi = carbono mineralizável; qCO_2 = quociente metabólico (Cmi(dia)/Cbm). *, ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.