

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE - UNICENTRO

**FERTILIDADE E CARBONO ORGÂNICO DOS
SOLOS DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS,
PLANTIO DIRETO E FLORESTA NATIVA NO
MUNICÍPIO DE IRATI, PARANÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARIANGELA LURDES DE BORBA

IRATI-PR

2013

MARIANGELA LURDES DE BORBA

**FERTILIDADE E CARBONO ORGÂNICO DOS SOLOS DE QUINTAIS
AGROFLORESTAIS, PLANTIO DIRETO E FLORESTA NATIVA NO
MUNICÍPIO DE IRATI, PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof(a). Dr(a). Kátia Cylene Lombardi

Orientadora

Prof(a). Dr(a). Gabriela Schmitz Gomes

Coorientadora

Prof(a). Dr(a). Andrea Nogueira Dias

Coorientadora

IRATI-PR

2013

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

B726f

BORBA, Mariangela Lurdes de.

Fertilidade e carbono orgânico dos solos de quintais agroflorestais, plantio direto e Floresta nativa no Município de Irati, Paraná / Coord. Kátia C. Lombardi, Gabriela S. Gomes, Andrea N. Dias. -- Irati, PR : UNICENTRO, 2013.

62p.

Dissertação (Mestrado) – área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais – Universidade Estadual do Centro - Oeste, PR.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Kátia Cyrene Lombardi

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Gabriela Schmitz Gomes

Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Andrea Nogueira Dias

1. ENGENHARIA FLORESTAL - MESTRADO.
2. AGROFLORESTA. 3. SOLO - FERTILIDADE.
I. LOMBARDI, KÁTIA CYLENE. II. GOMES, GABRIELA
SCHMITZ. III. DIAS, ANDREA NOGUEIRA. IV. TÍTULO

CDD 20^a ed. 634.9



Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PARECER

Defesa Nº 51

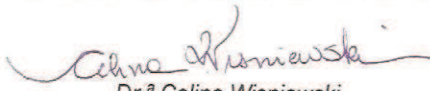
A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati, após arguir a mestranda **Mariangela Lurdes de Borba** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "FERTILIDADE E CARBONO ORGÂNICO DOS SOLOS DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS, PLANTIO DIRETO E FLORESTA NATIVA NO MUNICÍPIO DE IRATI, PARANÁ", é de parecer favorável à APROVAÇÃO da estudante, habilitando-a ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 24 de junho de 2013.



Dr. Ivan Crespo Silva

Universidade Federal do Paraná
Primeiro Examinador



Dr.ª Celina Wisniewski

Universidade Federal do Paraná
Segunda Examinadora



Dr.ª Kátia Cylene Lombardi

Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090 – CEP 85.015-430 – GUARAPUAVA – PR
Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85.040-080 – GUARAPUAVA – PR
Campus de Irati: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal, 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR

Aos meus pais que me ensinaram a importância de fazer o que se gosta.

A Paulo Alexandre por todo carinho dedicado durante estes anos.

Aos agricultores que colaboraram com esta pesquisa de forma tão carinhosa.

Aos que vierem a utilizar um dia este trabalho.

Dedico.

Ao longo dessas porteiras
De sesmarias sitiadas
A ambição de erguer trincheiras
Contra o sonho, das enxadas.

...

Basta um pedaço de terra
Para a semente ser pão
Enquanto a fome faz guerra
A paz espera no chão.

A vitória do trigo – Dante Ramon Ledesma.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha família pelo incentivo, amizade e força.

Ao meu querido amor pelas várias formas de ajuda, tanto nas coletas em campo como em casa, pela compreensão de todos os momentos.

À minha amiga e professora Gabriela, por acreditar que eu conseguiria chegar ao fim e sempre me dar forças. E dividir doces também!

A todo pessoal do Laboratório de Agrossilvicultura pelas maravilhosas companhias de mate e convívio que foram durante este período.

À minha orientadora pelo conhecimento compartilhado e dedicação a esta pesquisa.

Aos meus amigos pelos momentos de descanso e boas risadas.

Aos que me ajudaram com as coletas em campo. Ademar, Bilu, Reinaldo, Laércio, Rafael e Severo.

À técnica do Laboratório de Solos Odiméia, pela ajuda com as análises.

À CAPES pela bolsa concedida.

Agradeço de coração a cada pessoa que de alguma forma contribuiu para que este trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	i
Lista de Figuras	ii
Lista de Siglas	iii
Resumo	iv
Abstract	v
1. Introdução	1
2. Objetivo	3
2.1. Geral	3
2.2. Específicos	3
3. Referencial Teórico	4
3.1. Fertilidade do solo	4
3.2. Matéria orgânica, Carbono orgânico e Frações de carbono orgânico oxidáveis do solo	6
3.3. Sistemas Agroflorestais ou Agrossilvicultura (SAFs)	9
3.4. Quintais Agroflorestais (QA)	11
3.4.1. Manejo e Agrobiodiversidade de Quintais Agroflorestais	12
3.5. Sistema Plantio Direto (SPD)	13
3.6. Floresta Ombrófila Mista (Floresta Nacional de Irati-FLONA)	15
4. Material e Métodos	18
4.2. Coleta de solos	21
4.3. Localização da área de coleta de solos	22
4.3.1 Floresta Nacional de Irati (FLONA)	26
4.4. Coleta dos dados	28
4.4.1. Procedimento geral para coleta de solo	28
4.5. Análise química do solo	29
4.6. Estoque de carbono no solo	31
4.6.1. Quantificação das frações de carbono orgânico oxidável	32
4.7. Análise estatística	33
5. Resultados e Discussão	34
5.1. Avaliação da fertilidade dos solos	34
5.2 Teor e estoques de carbono orgânico de solos dos sistemas agroflorestais	42
5.3 Frações de carbono orgânico oxidável de solos de sistemas agroflorestais	45
6. Conclusão	48
7. Referências Bibliográficas	49
Anexos	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Acidez do solo expressa pelos valores de pH em CaCl ₂ , Al trocável e H+Al do solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.	34
Tabela 2. Macronutrientes do solo em diferentes profundidades nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.	37
Tabela 3. Matéria orgânica, CTC e saturação por bases (V%), do solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.	40
Tabela 4. Teor e estoques de carbono orgânico (Walkley-Black) e carbono orgânico total (CHN) no solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR	42
Tabela 5. Frações oxidáveis de carbono orgânico no solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.	45

LISTA E FIGURAS

Figura 1. Mapa urbano do município de Irati, Paraná. Localidades assinaladas indicam área de quintais agroflorestais periurbanos no bairro de Engenheiro Gutierrez e área de floresta nativa (FLONA).	19
Figura 2. Mapa rural do município de Irati, Paraná. A área assinalada refere-se à localização de quintais agroflorestais rurais e sistema plantio direto amostrado para este estudo.....	20
Figura 3. Organograma dos sistemas de ocupação da terra.	21
Figura 4. Vista parcial da comunidade do Pirapó, zona rural do município de Irati, Paraná.	22
Figura 5. Vistas parciais de quintais agroflorestais rurais na comunidade do Pirapó no município de Irati, Paraná.....	23
Figura 6. Vistas parciais de sistema plantio direto na comunidade do Pirapó no município de Irati, Paraná.....	24
Figura 7. Vista frontal da trincheira com somente 10 cm de profundidade em área de sistema plantio direto com afloramento rochoso na comunidade do Pirapó no município de Irati, Paraná.	24
Figura 8. Vista parcial do bairro Engenheiro Gutierrez, zona periurbana do município de Irati, Paraná.	25
Figura 9. Vistas parciais de um quintal agroflorestal periurbano no município de Irati, Paraná.	26
Figura 10. Vista aérea da Floresta Nacional de Irati, FLONA/PR.....	26
Figura 11. Localização das parcelas permanentes e área amostrada.....	27
Figura 12. Localização das parcelas permanentes numeradas de acordo com a ordem de coleta das amostras.	27
Figura 13. Vista frontal da trincheira com 40 cm de profundidade e trado com anel de Kopecky.....	28

LISTA DE SIGLAS

Al	alumínio
Ca	Cálcio
C	Carbono
CO	Carbono orgânico
CO₂	Dióxido de carbono
COS	Carbono orgânico do solo
CTC	Capacidade de troca catiônica
FLONA	Floresta nacional de Irati
FN	Floresta nativa
GEE	Gases de efeito estufa
K	Potássio
Mg	Magnésio
MO	matéria orgânica
MOS	Matéria orgânica do solo
P	Fósforo
QP	Quintas periurbanos
QR	Quintais rurais
SAFs	Sistemas agroflorestais
SPD	Sistema de plantio direto

RESUMO

BORBA, Mariangela Lurdes de, M. Sc., Universidade Estadual do Centro-Oeste, junho de 2013.

Fertilidade e carbono orgânico dos solos de quintais agroflorestais, plantio direto e floresta nativa no município de Irati, Paraná. Orientadora: Kátia Cylene Lombardi. Coorientadoras: Gabriela Schmitz Gomes e Andrea Nogueira Dias.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a fertilidade, o estoque de carbono e a qualidade da matéria orgânica existente nos solos de quintais agroflorestais em comparação com o solo de sistema plantio direto e floresta nativa. Quintais agroflorestais também chamados de hortos caseiros ou pomares caseiros contemplam a associação de espécies florestais, agrícolas, medicinais, ornamentais e animais, ao redor da residência e são frequentes em pequenas propriedades possibilitando várias formas de produtos e serviços. Como as práticas de manejo utilizadas nestes sistemas envolvem o aporte principalmente de insumos locais e do próprio sistema, ocorre o interesse em gerar dados sobre o uso, a conservação e a fertilidade destes solos. Foram realizadas análises químicas e físicas do solo de cada sistema de uso da terra: quintais de duas localidades, Pirapó e Engenheiro Gutierrez, denominado como quintais rurais e quintais periurbanos, respectivamente, sistema plantio direto na Comunidade do Pirapó e floresta nativa na Floresta Nacional de Irati (FLONA), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, e 20-40 cm. O manejo utilizado nos quintais o diferencia dos demais sistemas quanto à fertilidade, apresentando melhores índices de pH, Al trocável, H+Al (acidez potencial), potássio, fósforo, cálcio, magnésio, matéria orgânica, CTC e saturação por bases (V%), e quanto ao estoque de carbono, mostrando maior potencial para estoque de carbono que floresta nativa. Em relação à qualidade da matéria orgânica os solos de quintais apresentaram valores para as frações de carbono oxidável semelhantes aos de floresta nativa em todas as profundidades, sugerindo serem estes sistemas equilibrados e sustentáveis.

Palavras-chaves: Quintais agroflorestais, carbono no solo, fertilidade, sistemas agroflorestais.

ABSTRACT

BORBA, Mariangela Lurdes de, M. Sc., Universidade Estadual do Centro-Oeste, junho de 2013.

Fertility and organic carbon of soils in homegardens, no till farming and native forest in the municipality of Irati, Paraná. Orientadora: Kátia Cyrene Lombardi. Coorientadoras: Gabriela Schmitz Gomes e Andrea Nogueira Dias.

This study was conducted to evaluate the fertility, carbon stock and quality of organic matter in soils of homegardens compared to soils of no till farming and native forest.

Homegardens also called nurseries homemade or home orchards comprise the association of forest species, agricultural, medicinal, ornamental and animal's around the residence and are common on small farms enabling various forms of products and services. As the management practices used in these systems involve mainly the contribution of local and from system within the inputs, there is the interest in generating data on the use, conservation and fertility of these soils. Chemical and physical analysis of soils of each land-use-systems were carried out: homegardens at two locations, Pirapó and Engenheiro Gutierrez, listed as rural and peri-urban homegardens, respectively, soil from no tillage farming system at the Pirapó Community and native forest at Floresta Nacional de Irati (FLONA), at 0-5, 5-10, 10-20, and 20-40 cm. The soil of the homegardens had higher pH, Al, H + Al (potential acidity), potassium, phosphorus, calcium, magnesium, organic matter, CEC and base saturation (V%), and showed the greatest potential for carbon storage than the soils of native forest. In relation to the quality of organic matter soils homegardens had values for oxidized carbon fractions similar to those of native forest at all depths, suggesting these systems are balanced and sustainable.

Keywords: homegardens, soil organic carbon, fertility, agroforestry systems.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente exploração agrícola e florestal e a rápida degradação do solo, há a necessidade de buscar alternativas que fujam ao padrão convencional de uso intensivo do solo que traz consequências danosas do ponto de vista ambiental, social e econômico.

Os quintais agroflorestais coexistem com a agricultura e seus objetivos vão além da produção agrícola e pode ter ao mesmo tempo função social (cultural/emocional), econômica e ambiental. É possível encontrar nestes sistemas grande diversidade de espécies com várias utilizações, como por exemplo, alimentício, medicinal, madeireiro, forrageiro, ornamentação, entre outros.

Os sistemas modernos de produção agropecuária e florestal, atualmente disseminados no planeta, muitas vezes desconsideram o conjunto de conhecimentos acumulado pelas gerações a respeito do uso e manejo dos recursos naturais, pautando-se na monocultura e no uso intensivo de insumos (GOMES, 2010).

Com o recente reconhecimento e a conscientização da importância dos valores ambientais, econômicos e sociais das florestas, podem-se perceber, no cenário mundial, fortes tendências para mudanças significativas na forma de uso da terra, com a utilização de sistemas produtivos sustentáveis que considerem, além da produtividade biológica, os aspectos socioeconômicos e ambientais. Diante desse fato, e dado ao caráter multifuncional das árvores, os sistemas agroflorestais (SAFs) constituem-se em alternativas potencialmente sustentáveis para aumentar os níveis de produção agrícola, animal e florestal (RIBASKI *et al.*, 2002).

Os quintais agroflorestais são umas das formas mais antigas de manejo da terra, fato esse que, por si só indica sua sustentabilidade. Embora este sistema de produção de múltiplas espécies tenha provido e sustentado milhões de pessoas economicamente, pouca atenção científica tem sido destinada ao assunto (AMARAL e NETO, 2008).

Um dos fatores predominantes nesta situação é justamente o ponto em que os autores colocam que, este sistema garante o sustento de milhões de pessoas, ou seja, o fator econômico. Desta forma reafirma-se a importância em pesquisar estes sistemas de uso da terra e produzir conhecimento a este respeito, pois tendo um retorno financeiro,

ou seja, diminuindo os gastos que os produtores teriam no mercado e ainda gerando uma fonte de renda alternativa, significa que pode ser um sistema economicamente viável. Outro ponto fundamental é o fato dos quintais agroflorestais serem utilizados de forma sustentável, ou seja, a troca de nutrientes, tipo de adubação, uso da terra, troca de conhecimento aliado ao retorno econômico, tornam-se fundamentais para a permanência do pequeno produtor no campo e também nas cidades.

Tendo como base para comparação o sistema de plantio direto e a floresta nativa em relação aos quintais, conduziu-se o presente estudo com foco na fertilidade e na capacidade de estoque de carbono dos solos.

2. OBJETIVO

2.1. Geral

Avaliar e comparar a fertilidade, o estoque de carbono e a qualidade da matéria orgânica nos solos em ambientes de quintais agroflorestais, sistema plantio direto e floresta nativa no município de Irati-PR.

2.2. Específicos

- Determinar a fertilidade dos solos dos ambientes avaliados.
- Quantificar o conteúdo de carbono orgânico no solo.
- Determinar a capacidade relativa dos Quintais Agroflorestais em estocar carbono.
- Determinar as frações de matéria orgânica dos solos sob os sistemas avaliados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Fertilidade do solo

As civilizações humanas sempre reconheceram o solo como meio transformador. Assim, processos como a transformação de resíduos orgânicos indesejáveis como restos de alimentos e excreções das criações domésticas, até sua transformação em substâncias melhoradas do solo têm sido recorrente em todas as sociedades. A atividade transformadora ocorre principalmente nos primeiros 20 cm de solo o que é uma soma de intensa atividade biológica. O ciclo de alguns dos elementos, necessários em grande quantidade para os seres vivos, tem parte de seus processos ligada a essa atividade orgânica do solo (AZEVEDO; PEDRON e DALMOLIN, 2007).

Uma fina camada de solo cobre a maior parte da superfície da Terra. Essa camada, na maioria das vezes, possui poucos metros de profundidade e algumas vezes, apenas centímetros de profundidade, que pode parecer insignificante diante do tamanho da Terra. Porém, é nessa fina camada de solo que o reino vegetal e animal encontram o mundo mineral e estabelecem uma relação dinâmica. Plantas obtêm água e nutrientes essenciais do solo. Os animais dependem das plantas para sua sobrevivência. Os resíduos animais e vegetais voltam para o solo e são decompostos pela grande população de microrganismos existentes no local com isso pode-se afirmar que a vida é imprescindível ao solo, e o solo é imprescindível à vida (TROEH e THOMPSON, 2007).

De acordo com Cassol *et al.* (2007), solo é o resultado da interação dos fatores clima, organismos, relevo e tempo sobre determinado material de origem. Em condições naturais, o solo mantém-se em equilíbrio dinâmico com os fatores do ambiente.

As características do solo em geral variam com a profundidade por causa da maneira pela qual ele se formou ou depositou devido a diferenças de temperatura, teor de água, concentração de gases (particularmente CO₂ e O₂) ao movimento descendente de solutos e de partículas e a várias influências biológicas como as causadas por raízes das plantas e por outros organismos (MALAVOLTA, 1976).

Um solo fértil é aquele que tem a capacidade de suprir às plantas nutrientes essenciais nas quantidades e proporções adequadas para o seu desenvolvimento, visando a obter altas produtividades (TEDESCO e BISSANI, 2004).

Os solos brasileiros são em geral muito intemperizados e, conseqüentemente, ácidos e de baixa fertilidade. Na maior parte dos casos, são deficientes em fósforo e necessitam de correção da acidez para possibilitar o crescimento adequado da maioria das plantas cultivadas (TEDESCO e BISSANI, 2004).

A utilização de práticas conservacionistas, tais como a eliminação da queima da palha, cultivo de plantas de cobertura e a rotação com culturas, com menor, ou mesmo sem mobilização do solo, favorece a obtenção de altos rendimentos das culturas nas lavouras. O uso continuado dessas práticas aumenta a estabilidade de agregados, a infiltração e a disponibilidade de água, a ciclagem de nutrientes pela ação microbiana, o teor de matéria orgânica e a capacidade do solo em reter nutrientes (ROLAS, 2004).

Um ponto importante a ser considerado com relação à fertilidade do solo é que muitos solos não são naturalmente férteis, porém se submetidos a manejo inadequado, podem transformar-se em solos de baixa fertilidade (LOPES e GUILHERME, 2007).

Vários métodos podem ser utilizados para a avaliação da fertilidade, baseados na observação e/ou análise química ou biológica do solo. Um laudo de análise de solos contém os valores de análises físicas, químicas e relação entre alguns parâmetros analisados. A análise básica, que consta de todos os laudos, apresenta os resultados das determinações de pH em água, teores de K, Ca, Mg, e Al trocáveis, P extraível, acidez potencial (índice SMP) e teor de argila (GIANELLO e BISSANI, 2004).

A análise do solo é o meio mais usado para a diagnose da necessidade de corretivos e de fertilizantes da maioria das culturas, principalmente as de ciclo anual (ROLAS, 2004). A produtividade, entretanto, depende do conjunto de fatores de produção, como o clima, a planta ou outras propriedades do solo. Para o entendimento dos mecanismos que influenciam a fertilidade do solo, são necessários conhecimentos básicos de química, física, mineralogia e biologia (TEDESCO e BISSANI, 2004).

3.2. Matéria orgânica, Carbono orgânico e Frações de carbono orgânico oxidáveis do solo

O solo é representado por três fases (sólida líquida e gasosa). Na fase sólida estão os minerais e a matéria orgânica (MO), na fase líquida a solução do solo e na fase gasosa o ar do solo. Nos solos minerais, aproximadamente 45% do volume é composto pela fase sólida inorgânica (minerais), 5% pela matéria orgânica e 50% pelo ar e água (MACHADO e FAVARETTO, 2006).

A matéria orgânica do solo (MOS) desempenha diversas funções no ambiente, estando ligada a processos fundamentais como a ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo e dinâmica da água, além de ser a fonte básica de energia para a atividade biológica. Sua perda pode interferir drasticamente nesses processos, dificultando o desempenho das funções do solo, provocando desequilíbrios no sistema e, conseqüentemente, desencadeando o processo de degradação (ROSCOE *et al.*, 2006).

A MO representa o componente fundamental para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos. Desequilíbrios no seu suprimento e alterações nas taxas de decomposição podem provocar a sua redução em solos sob cultivo, desencadeando processos de degradação. A sustentabilidade de agroecossistemas está intimamente relacionada à sua manutenção (ROSCOE e MACHADO, 2002).

No solo, a MO atua como uma constituinte chave na expressão da qualidade do solo e interage com os atributos físicos, químicos e biológicos. Dependendo do tipo de práticas de manejo adotadas, o solo pode atuar como fonte ou dreno do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico. Do ponto de vista agrícola, o solo torna-se uma fonte de CO₂ para a atmosfera quando as perdas de carbono (C) por oxidação são maiores do que as adições de C pelos resíduos culturais (SÁ *et al.*, 2008).

A MOS é uma mistura complexa de resíduos vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição, microrganismos do solo e substâncias produzidas por estes. Ao longo de vários anos de estudo da matéria orgânica do solo, têm se procurado separar esta em frações mais ou menos recalcitrantes, com objetivo de entender a dinâmica da matéria orgânica no solo (CHAN *et al.*, 2001).

A MO apresenta duas frações com diferentes tempos de ciclagem: lábil, onde sua decomposição ocorre em semanas ou meses, e estável, no qual a sua decomposição pode perdurar por anos ou décadas (THENG *et al.*, 1989). Considera-se então que o carbono lábil é aquele que possui mais compostos orgânicos facilmente mineralizados pelos microrganismos do solo.

A decomposição da MO é também uma importante fonte de fósforo e enxofre. Além disso, a decomposição da matéria orgânica produz ácidos e outras substâncias que causam a decomposição mineral do solo e liberam nutriente para as plantas (TROEH e THOMPSON, 2007).

A MO constitui de 1 a 6% do peso do horizonte superficial do solo na maioria dos solos agricultáveis. Horizontes superficiais do solo com menos de 1% de MO estão normalmente localizados em áreas desérticas. Num outro extremo, o teor de MO em solos de baixada em áreas alagadas pode ser igual ou superior a 90%. Solos com teor de carbono superior a 12-18% (aproximadamente 20-30%) são chamados solos orgânicos (TROEH e THOMPSON, 2007).

Os organossolos são conceituados como solos pouco evoluídos compostos por material orgânico de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de restos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes mal a muito mal drenados), ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso (EMBRAPA, 2006). No Brasil estes solos representam apenas 0,03% de todo o território nacional.

Em regiões tropicais e subtropicais apesar da taxa de decomposição da MOS ser 5 a 10 vezes mais elevada do que em regiões temperadas, os ganhos na MOS devido a adoção do SPD tem sido similares e/ou superiores (LAL e LOGAN, 1995).

Qualquer atividade relacionada ao uso do solo que modifique a quantidade de biomassa na vegetação e no solo tem o potencial de alterar a quantidade de MO e a quantidade de carbono armazenada e emitida para a atmosfera, o que influencia diretamente a dinâmica do clima da terra (TITO *et al.*, 2009).

O carbono do solo está presente na forma orgânica e inorgânica. A forma orgânica equivale à maior reserva em interação com a atmosfera. O carbono orgânico presente no solo representa um balanço dinâmico entre a absorção de material vegetal morto e a perda por decomposição (mineralização). Entretanto, a dinâmica do carbono no solo no tempo é difícil de ser estimada e os altos custos de medições muitas vezes são incompatíveis com os benefícios recebidos por projetos de pequenas propriedades rurais (TITO *et al.* 2009).

Segundo Yeomans e Bremner, (1988) o carbono inorgânico está na forma de carbonato, bicarbonato e dióxido de carbono e orgânico como polissacarídeos, ácidos graxos, aminoácidos, polifenóis, etc. Em solos ácidos que não tenham recebido calagem recente, as quantidades de C inorgânico são insignificantes. O C inorgânico do solo é encontrado na biomassa dos microrganismos, nas substâncias húmicas, nos resíduos vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição e em materiais inertes como carvão vegetal ou mineral.

No ciclo do carbono, sem considerar o papel dos oceanos, os solos contêm a maior fração de carbono em relação à vegetação e à atmosfera. Conseqüentemente, os solos são tidos como o maior reservatório e o principal sumidouro de carbono. Este armazenamento de carbono no solo é considerado sequestro pelo seu relativo longo período de tempo de imobilização (LOMBARDI, 2005).

O carbono presente no solo está amplamente relacionado ao processo de decomposição da biomassa pelas atividades bacterianas. Parte do carbono presente no solo volta à atmosfera através do processo de mineralização do carbono orgânico (TITO *et al.* 2009).

O carbono é sequestrado no solo de duas formas: direta e indireta (Soil Science Society of America, SSSA, 2001¹ *apud* Nair *et al.*, 2009). Na forma direta o carbono sequestrado no solo ocorre por reações químicas inorgânicas que convertem o CO₂ em compostos de carbono inorgânico do solo como carbonato de cálcio e magnésio. Na forma indireta o sequestro de carbono ocorre na planta como CO₂ através da

¹ Soil Science Society of America, 2001. Carbon Sequestration: Position of the Soil Science Society of America (SSSA). SSSA, Madison, WI. Available at.

fotossíntese e biomassa das plantas. Parte dessa biomassa vegetal é indiretamente sequestrada como CO₂ durante os processos de decomposição (NAIR *et al.*, 2009).

O sequestro biológico de carbono no solo, de um modo geral, pode ser garantido por práticas de manejo que aumentem o aporte de carbono e diminuam as taxas de decomposição de matéria orgânica (AMADO *et al.*, 2003). Segundo este autor, (*ibidem*) a quantidade de carbono que pode ser armazenada no solo é variável em função do clima, notadamente precipitação e temperatura, e das características pedogenéticas do solo, principalmente os teores de argila e de óxidos de ferro e alumínio.

A maioria dos métodos convencionais utilizados na determinação do carbono orgânico no solo objetiva a máxima oxidação e recuperação do carbono. Contudo, medidas do conteúdo total de carbono no solo podem não ser indicadores sensíveis das mudanças da qualidade do solo. A adoção de procedimentos que extraem preferencialmente frações mais lábeis de C, permite uma abordagem mais aprofundada do resultado de diferentes práticas de manejo sob o carbono orgânico do solo (CHAN *et al.*, 2001).

O carbono do solo é oxidado por uma solução oxidante (K₂Cr₂O₇), assumindo-se que todo o C do solo esteja em um estado de oxidação zero (C⁰). O ácido é utilizado para acelerar a reação de oxidação e sendo utilizado em diferentes proporções é possível determinar as diferentes frações do carbono orgânico oxidável. A titulação do dicromato é feita com solução de ferro reduzido (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O) em meio ácido (MENDONÇA e MATOS, 2005).

3.3. Sistemas Agroflorestais ou Agrossilvicultura (SAFs)

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas de uso da terra em que árvores ou arbustos são cultivados em associação com culturas agrícolas, pastagem e gado, onde existem interações ecológicas e econômicas entre árvores e outros componentes (NAIR, 1993).

De acordo com Silva e Gomes (2007), a classificação primordial dos SAFs é aquela definida segundo a natureza dos componentes porque ressalta os elementos essenciais da concepção e dos fundamentos da prática agroflorestal. É a composição, efetivamente, que define se a tecnologia se constitui ou não em um sistema

agroflorestal. Todas as práticas agroflorestais estão diretamente subordinadas à natureza dos seus componentes e as demandas de manejo específicas de cada um.

Entre os principais pontos positivos dos SAFs apontados pelos especialistas, está seu papel na redução do desmatamento, na conectividade dos remanescentes florestais, na geração de fontes alternativas para geração de renda, na sua utilização como zonas tampão das unidades de proteção de uso restrito, na conservação da vida selvagem, entre outros (NETO e TIEPOLO, 2004).

Apesar dos muitos desafios, a adoção dos sistemas agroflorestais encontra-se em plena expansão no Brasil, principalmente em áreas onde predomina a agricultura familiar. Tem-se tornado, ainda, numa importante alternativa para a recomposição de áreas degradadas, resultantes do uso irracional do solo (GOEDERT e OLIVEIRA, 2007).

Segundo Farrell e Altieri (2002), os SAFs são classificados de acordo com a natureza e arranjo de seus componentes, podendo ser assim denominados: Agrossilvicultura, aqueles usados para produção simultânea ou sequencial de culturas anuais e florestais; Silvipastoris, sistema de manejo da terra em que as florestas são utilizadas para produção de madeira, alimento e forragem, bem como para a criação de animais domésticos; Agrossilvipastoris, a terra é manejada para a produção simultânea de culturas agrícolas e florestais e para a criação de animais domésticos.

As espécies arbóreas melhoram os solos por numerosos processos, principalmente quando são usadas em SAFs, onde as espécies são cultivadas simultaneamente na mesma área. As árvores influenciam na quantidade e na disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicial das culturas associadas, através do acréscimo de nitrogênio pela fixação biológica de N_2 , na recuperação de nutrientes abaixo do sistema radicial das culturas agrícolas e/ou pastagens, na redução das perdas de nutrientes por processos como lixiviação e erosão e no aumento da disponibilidade de nutrientes pela sua maior liberação na matéria orgânica do solo. As raízes profundas das árvores podem interceptar os nutrientes que foram lixiviados das camadas superficiais do solo e se acumularam no subsolo, geralmente fora do alcance das culturas agrícolas, e depositá-los na superfície do terreno por meio da queda de fitomassa na forma de serrapilheira (RIBASKI *et al.*, 2002).

As árvores desempenham um papel importante no sequestro e fixação de carbono no solo (Montagnini & Nair, 2004). Com um aumento do número de árvores (densidade alta de árvores) em um sistema produtivo, a produção de biomassa total por unidade de área de terra será mais elevada, o que, por sua vez, pode promover maior capacidade de armazenamento de C em solos (SAHA *et al.*, 2009). Esta capacidade de armazenamento está relacionada com o volume de raízes no solo, maior quantidade de serrapilheira e conseqüentemente com aumento no conteúdo de matéria orgânica em decomposição no solo.

Entre os sistemas agroflorestais mais estáveis em relação ao uso e conservação do solo, destacam-se os quintais agroflorestais ou hortos caseiros mistos, de ampla distribuição no mundo, onde interagem árvores diversas (fruteiras, madeiras), palmeiras e bambuzeiros com culturas agrícolas (alimentícias, medicinais e ornamentais) e animais domésticos (galinhas, porcos, etc.) para consumo próprio ou comercialização (SILVA e GOMES, 2007).

3.4. Quintais Agroflorestais (QA)

Os quintais agroflorestais possuem longa tradição em países tropicais, onde esses sistemas consistem, geralmente, em uma combinação de árvores, arbustos, trepadeiras, herbáceas, algumas vezes em associação com animais domésticos, estabelecidos em áreas adjacentes à residência do produtor (NAIR, 1993).

A combinação de cultivos agrícolas e árvores de uso múltiplo supre muitas das necessidades básicas das populações locais enquanto a configuração multiestratificada e a alta diversidade de espécies auxiliam na redução da degradação ambiental comumente associada aos sistemas de produção em monocultura (NAIR, 1993).

Através de arranjos produtivos no entorno das residências rurais e urbanas os quintais fornecem uma ampla gama de produtos e serviços (SILVA e GOMES, 2007).

Os quintais, via de regra, estão localizados nas melhores áreas da propriedade, onde os solos são bem tratados com bom aporte de matéria orgânica. Diferentes plantas exploram diferentes porções do solo, assim as plantas com raízes mais profundas distribuem os nutrientes que estão em maiores profundidades disponibilizando estes para os cultivos de raízes menos profundas. Este consórcio onde diferentes espécies

cumprem diferentes papéis também contribui para um maior equilíbrio ecológico do sistema (CETAP, 2008).

Os quintais agroflorestais são considerados com alto potencial para sequestro de carbono, devido à estrutura e composição florestal e também devido às práticas de manejo específicas que tendem a aumentar a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica do solo (SAHA *et al.*, 2009).

Os quintais agroflorestais são importantes sob vários aspectos (segurança alimentar e econômica para a família, sistema de subsistência, permanência no campo), mas pouca atenção ainda tem sido dada a essas práticas, especialmente no Brasil.

De maneira geral, os quintais, assim como outros agroecossistemas tradicionais, mantêm os ciclos de materiais e resíduos através de práticas eficientes de reciclagem e utilizam baixos níveis de insumos tecnológicos, mobilizando recursos locais baseados em energia humana e animal (ALTIERI, 2001).

Estudos realizados no Brasil com quintais apontaram valores elevados de fertilidade do solo, como é o caso dos quintais periurbanos avaliado por Gomes (2010) e os quintais indígenas em Roraima avaliado por Pinho (2008). Alguns outros estudos sobre a fertilidade desses sistemas também foram realizados com quintais urbanos e rurais por: Rondon Neto *et al.*, (2004); Gazel Filho e Yared, (2006); Florentino *et al.*, (2007); Amaral e Neto, (2008); Oliveira, (2009), também apontaram para as características de fertilidade do solo presentes nas áreas de cultivo.

3.4.1. Manejo e Agrobiodiversidade de Quintais Agroflorestais

A agrobiodiversidade consiste na diversificação de plantas, animais e microrganismos utilizados direta ou indiretamente para alimentação e agricultura, incluindo a diversidade dos recursos genéticos e espécies utilizadas para fins medicinais, fibra e combustível. (FAO, 1999).

A composição de espécies dos quintais agroflorestais permite a combinação de culturas agrícolas e árvores de múltiplos usos, de forma a atender à maioria das necessidades básicas das populações locais, enquanto a configuração e a alta diversidade de espécies dos quintais ajudam a reduzir a deterioração ambiental,

comumente associada aos sistemas de produção monoculturais. Além disso, os quintais agroflorestais vêm produzindo colheitas sustentáveis por séculos (LOURENÇO *et al.*, 2009).

Há uma similaridade notável com respeito à composição de espécies entre diferentes quintais agroflorestais distribuídos na região tropical, especialmente com relação aos componentes herbáceos. Essa similaridade se deve ao fato da produção de alimentos serem a função predominante da maioria das espécies herbáceas (NAIR, 1993).

Os quintais agroflorestais são sistemas de manejo tradicionais nos trópicos considerados como sustentáveis ao longo dos anos, pois oferta uma série de produtos e/ou serviços, o que diminui de forma considerável os gastos da família para obtê-los fora da propriedade e são sistemas que necessitam de baixos insumos e representam uma fonte adicional de renda (GAZEL FILHO *et al.*, 2009).

Segundo Gomes (2010), as espécies vegetais presentes nos quintais possuem diversas origens. Podem ser adquiridas no comércio local, através de trocas com vizinhos e familiares, ou ter origem própria, sendo armazenados em casa de um ano para o outro e transportadas nas mudanças de residência.

Outro aspecto muito importante a ser considerado nos quintais agroflorestais é que eles funcionam como banco genético, pois muitas espécies e variedades são cultivadas nestes sistemas. Além do que se caracterizam por reproduzir ecossistemas naturais que exigem baixa utilização de insumos (RONDON NETO *et al.*, 2004).

A adubação orgânica é prática muito comum nos quintais da região centro-sul do Paraná, onde são utilizados materiais de diversas origens tanto internas quanto externas à propriedade, tais como lixo orgânico doméstico, restos de lenha picada, grama cortada, esterco animal, dentre outros (GOMES, 2010).

3.5. Sistema Plantio Direto (SPD)

O preparo convencional do solo, quando adotado de forma inadequada na região tropical, promove aceleração do processo erosivo, com elevadas perdas de solo e água, bem como compactação, custos elevados e redução da produtividade. Além disso, arar

ou gradear o solo promove oxidação da matéria orgânica, aumentando sua decomposição e diminuição do seu teor, com aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), particularmente o dióxido de carbono (CO₂) (EMBRAPA, 2010).

Como consequência da constante degradação do solo, introduziu-se na década de 70 o sistema de plantio direto no estado do Paraná, com o objetivo básico de controlar a erosão nos solos causada por manejo inadequado. Este sistema prevê o revolvimento mínimo do solo e o acúmulo de palhada em superfície para diminuir a exposição do terreno às chuvas e a compactação causada por maquinários pesados.

Uma alternativa a esse manejo do solo é o chamado preparo conservacionista que pode ser caracterizado como qualquer sequência de operações de preparo do solo que reduz sua perda e de água em comparação ao preparo convencional. Normalmente, refere-se a sistemas de preparo que não invertem a camada superficial do solo e que mantêm resíduos das culturas na superfície. Os dois principais tipos de preparo conservacionista são o preparo reduzido e o sistema plantio direto (TEDESCO e BISSANI, 2004).

O sistema plantio direto (SPD), introduzido na década de 70, é conceituado como a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Parte importante deste sistema é o plantio das sementes sem revolvimento do solo, ou seja, sem gradagem ou aração, mantendo também uma grande quantidade de material vegetal na superfície do solo para diminuir a exposição do terreno às chuvas e a compactação causada por maquinários pesados.

Áreas sob SPD apresentam inúmeras características próprias que exigem manejo diferenciado, principalmente em relação à fertilidade do solo (LOPES *et al.*, 2004).

Segundo este autor (*ibidem*), a principal alteração química no solo decorrente do SPD em relação à matéria orgânica se dá pela razão do acréscimo da mesma decorrer do fato de que a taxa de decomposição de palha mantida na superfície do solo ser menor do que se fosse incorporada ao solo. A alteração no teor de matéria orgânica, tanto em quantidade como em qualidade, tem implicações graduais nas alterações do pH, na toxidez de alumínio, na dinâmica de nitrogênio, do fósforo e de outros nutrientes.

A quantidade e a qualidade de C dos resíduos culturais que são adicionados à superfície do solo através dos sistemas de rotação de culturas no plantio direto possuem características diferentes comparadas aos do sistema sob vegetação natural. Essa diferença constitui-se numa das principais mudanças na recomposição dos compartimentos da matéria orgânica em solos sob plantio direto (SÁ *et al.*, 2008).

Segundo Lopes *et al* (2004), a adoção do sistema plantio direto, que preconiza o não revolvimento do solo associado à rotação de culturas e elevado incremento de palha na superfície do solo, a partir da década de 70, praticamente eliminou os sérios problemas de erosão e viabilizou uma agricultura rentável e sustentável nos Campos Gerais, PR.

As características do manejo dos solos e das culturas no sistema plantio direto provocam diferentes alterações no perfil do solo com relação ao cultivo convencional, que influem na dinâmica da acidez e da disponibilidade dos nutrientes e, por consequência, no manejo da fertilidade do solo. Assim, ocorre um aumento do teor e da qualidade da matéria orgânica e da concentração dos nutrientes a partir da superfície do solo. O aumento gradual da matéria orgânica altera o pH do solo, a toxidez por Al e a dinâmica dos nutrientes (ANGHINONI, 2007).

3.6. Floresta Ombrófila Mista (Floresta Nacional de Irati-FLONA)

O Bioma Mata Atlântica é formado por um conjunto de formações florestais (Florestas: Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta) e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude, que se estendem originalmente por aproximadamente 1.300.000 Km² em 17 estados do território brasileiro. Atualmente os remanescentes de vegetação nativa estão reduzidos a cerca de 22% de sua cobertura original e encontram-se em diferentes estágios de regeneração. Apenas cerca de 7% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares. Mesmo reduzida e muito fragmentada, estima-se que na Mata Atlântica existam cerca de 20.000 espécies vegetais (cerca de 35% das espécies existentes no Brasil), incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (MMA, 2013).

A cobertura de áreas protegidas na Mata Atlântica avançou expressivamente ao longo dos últimos anos, com a contribuição dos governos federais, estaduais e mais recentemente dos governos municipais e iniciativa privada. No entanto, a maior parte dos remanescentes de vegetação nativa ainda permanece sem proteção. Assim, além do investimento na ampliação e consolidação da rede de áreas protegidas, as estratégias para a conservação da biodiversidade visam contemplar também formas inovadoras de incentivos para a conservação e uso sustentável da biodiversidade, tais como a promoção da recuperação de áreas degradadas e do uso sustentável da vegetação nativa, bem como o incentivo ao pagamento pelos serviços ambientais prestados pela Mata Atlântica (MMA, 2013).

A concepção de Floresta Ombrófila Mista procede da ocorrência da mistura de diferentes espécies, definindo padrões fisionômicos típicos, em zona climática caracteristicamente pluvial (IBGE, 1992).

Em consequência, a Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil encontra-se, no presente, praticamente no limite do seu desaparecimento. Os raros e escassos remanescentes ainda existentes, muitos deles profundamente alterados, são encontrados em locais de difícil acesso, em áreas particulares ou nas poucas Unidades de Conservação existentes. A continuidade do sistema florestal em questão constitui hoje um dos maiores desafios para os programas de conservação (RIZZINI, 1976).

A Floresta Nacional (FLONA) é uma área com cobertura florestal onde predominam espécies nativas, cujo principal objetivo é o uso sustentável e diversificado dos recursos florestais e a pesquisa científica, tendo sido criadas para assegurar uma utilização racional dos recursos naturais renováveis (SNUC, 2011).

Floresta Nacional é uma categoria de unidade de conservação com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para o uso sustentável de florestas nativas (BRASIL, 2000).

Em 1941 foi criado o Instituto Nacional do Pinho para atuar exclusivamente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Surgiu então, o primeiro Parque Florestal, o qual foi criado em 1942 e denominado de Parque Nacional do Açungui, no estado do Paraná.

Muitos outros Parques foram criados na sequência, dentre eles – e ainda em 1942- Parque Nacional Manoel Enrique da Silva, atualmente denominado de Floresta Nacional de Irati. Os Parques Florestais do Sul do Brasil tiveram origem principalmente pela necessidade em se pesquisar o Pinheiro-do-Paraná (*Araucaria angustifolia*) sob diferentes condições de cultivo (FIGUEIREDO *et al.*, 2006).

A Floresta Nacional (Flona) de Irati é a segunda maior concentração de mata nativa protegida do bioma Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária), em terras públicas do Brasil. Possui uma área de 3,495 hectares, sendo a maior parte de mata nativa de araucária, 2,187 hectares. Entre a floresta constatam-se árvores como imbuia, bracatinga, cedro e carvalho (ICMBIO, 2013).

A FLONA/PR está localizada nos municípios de Irati e Fernandes Pinheiro, no Estado do Paraná. Situa-se no Segundo Planalto Paranaense e faz parte da microrregião Centro-Sul do Paraná. Possui uma área total de 3.495 hectares, sendo 57,6 % ocupadas por florestas nativas com predominância de *Araucaria angustifolia* e 37,5 % por plantações de *Pinus elliottii* (698,37 ha) e *Araucaria angustifolia* (435,91 ha) (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2006).

Segundo Mazza *et al.* (2005), a classe de solo com maior representatividade na parte da FLONA em Irati é o Latossolo Vermelho Distrófico típico, álico com 37,80%, localizando-se na porção interna esquerda, no sentido norte-sul. A associação Latossolo Vermelho Distrófico típico, álico + Nitossolo Háptico Distrófico típico, álico, de textura argilosa representa 26,62% da área, e está localizado no limite esquerdo, sentido norte-sul, margeando o rio das Antas. Ocupando 25,42% da área, a associação Cambissolo Háptico Distrófico típico, álico + Gleissolo indiscriminado localiza-se na várzea do rio Imbituva em praticamente todo o limite direito. A associação Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Cambissolo Háptico Distrófico típico + Latossolo Vermelho Distrófico típico representa 9,59% da área e localizam-se na porção sudeste da FLONA, seguida de mais uma mancha a leste. As demais classes são pouco representativas, totalizando 0,57% da área da FLONA: associação Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Latossolo Bruno Distrófico típico (0,39%), associação Cambissolo Háptico Distrófico típico álico + Alissolo Crômico Húmico típico (0,10%) e Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico câmbico álico (0,08%).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição da área de estudo

O município de Irati foi criado no ano de 1907, e atualmente possui cerca de 56.000 habitantes, dos quais, 78% concentram-se em zona classificada como urbana, segundo o censo do IBGE de 2010. Possui altitude de 812 m s.n.m. e coordenadas 25° 27' 56" de latitude Sul com intersecção com o meridiano 50° 37' 51" de longitude Oeste, numa área de 999,515 Km².

O município de Irati está localizado na Bacia hidrográfica do Rio Paraná, sendo que a rede de drenagem que banha o município divide-se em duas vergências. Para sudoeste, fazendo parte da bacia do Rio Iguçu existe o rio Preto, Riozinho, Mato Queimado, Imbituvinha, Taquari, Guamirim, Corrente, Campinas, Cachoeira e Caçador, que terminam por desaguar no Rio Potinga, afluente da margem direita do Iguçu. Com vergência para o norte e fazendo parte da bacia do Rio Ivaí, existem os rios Valeiros, Linha B, Guabiroba, dos Patos, dos Cochos, dos Antonios, do Couro, Canhadão, das Antas, da Prata, do Cobre, da Areia, Caratuva, Bonito e Barreiro. Entre os cursos d'água, destacam-se o rio dos Patos, Caratuva, das Antas, Preto e Riozinho. (MINEROPAR, 2005).

A área de estudo está localizada no município de Irati (Figura 1) na região sul do Brasil, situada no centro-sul do estado do Paraná, distante cerca de 150 km da capital, Curitiba.

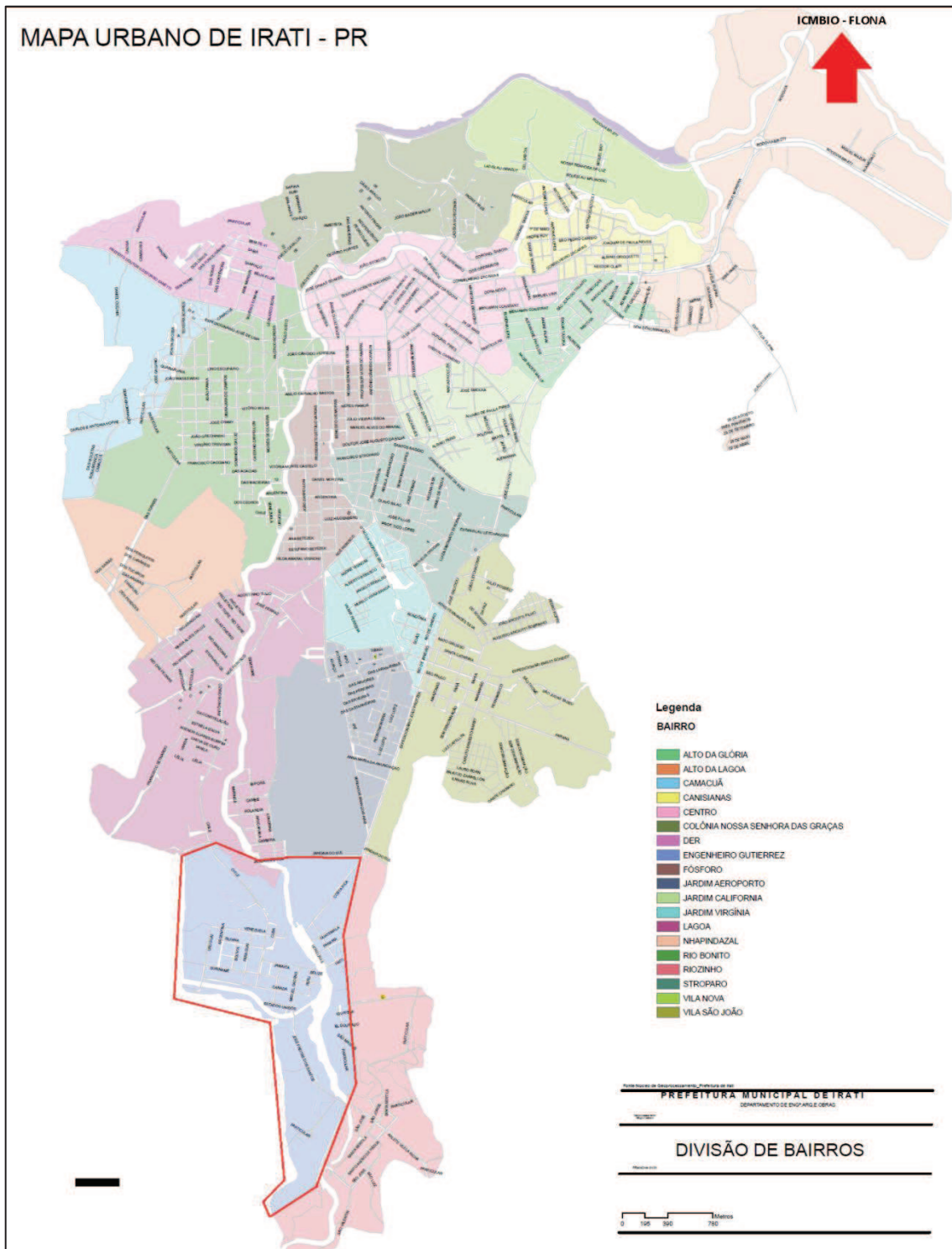


Figura 1. Mapa urbano do município de Irati, Paraná. Localidades assinaladas indicam área de quintais agroflorestais periurbanos no bairro de Engenheiro Gutierrez e área de floresta nativa (FLONA). Fonte: núcleo de geoprocessamento/prefeitura de Irati (2013).

Segundo Ipardes (2007), a mesorregião centro-sul está localizada no Segundo Planalto Paranaense e abrange uma área de 10.659,79 km². Na maior parte do território ocorre o clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), de verões frescos e geadas severas e frequentes, sem estação seca, cujas principais médias anuais de temperatura dos meses mais quentes são inferiores a 22°C, e dos meses mais frios, inferiores a 18°C. A temperatura média anual é de 16°C, com chuvas em 1600 e 1900 mm e umidade relativa do ar de 85%, sem deficiência hídrica (Lei complementar n° 59/91).

A base da economia iratiense está na produção agrícola (soja, milho, batata, cebola), pecuária (avicultura, suinocultura e gado leiteiro). De uma maneira geral, na região predominam as pequenas propriedades rurais, dentre elas a comunidade do Pirapó (Figura 2).

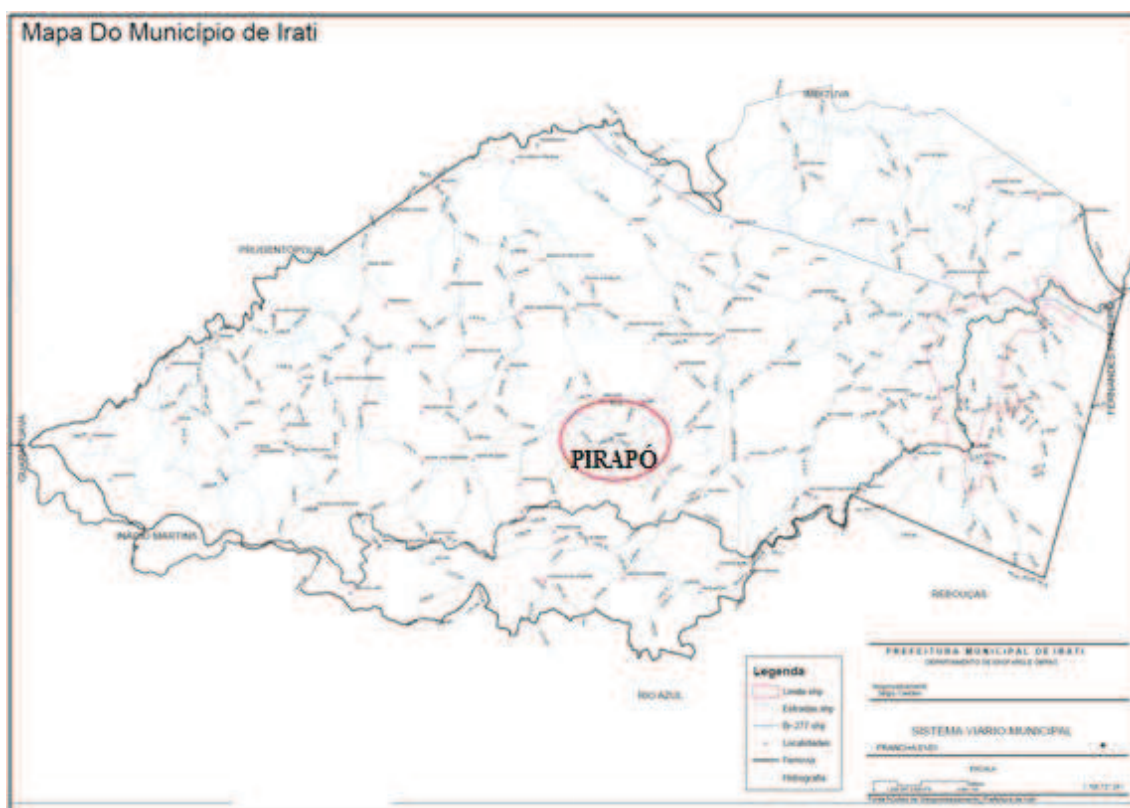


Figura 2. Mapa rural do município de Irati, Paraná. A área assinalada refere-se à localização de quintais agroflorestais rurais e sistema plantio direto amostrado para este estudo. Fonte: núcleo de geoprocessamento/prefeitura de Irati (2013).

Para os procedimentos metodológicos houve primeiramente um embasamento na revisão e análise da literatura existente sobre aspectos de interesse para o presente estudo. As propriedades a serem avaliadas foram selecionadas de acordo com os seguintes critérios:

- 1) Área em quintal agroflorestal estabelecido;
- 2) Área de plantio direto na entressafra;
- 3) Área com floresta nativa.

4.2. Coleta de solos

Os dados foram coletados em quatro sistemas de ocupação da terra (Figura 3), sendo:

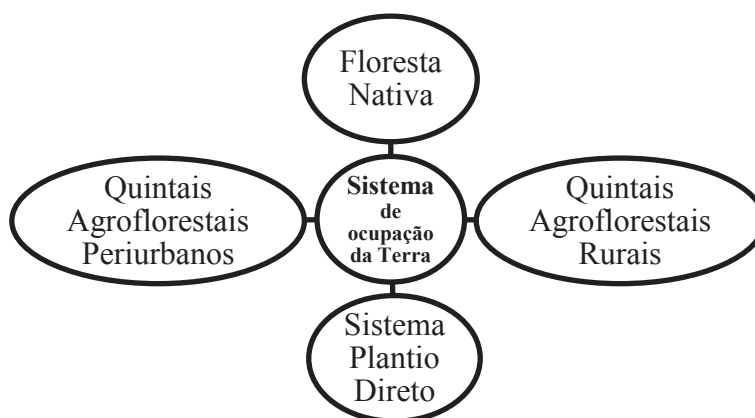


Figura 3- Organograma dos sistemas de ocupação da terra. Fonte: a autora.

- a) Quintais Agroflorestais na zona rural (QR)
- b) Quintais Agroflorestais na zona periurbana (QP)
- c) Sistema Plantio Direto (SPD)
- d) Floresta Nativa (FN)

Para todos os sistemas estudados as amostras de solo foram retiradas nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm, em uma trincheira com medidas de 30 x 70 x 40 cm (largura x comprimento x profundidade).

4.3. Localização da área de coleta de solos

Os quintais agroflorestais na zona rural (QR) e o sistema de plantio direto (SPD) foram amostrados na comunidade do Pirapó, no município de Irati.

A comunidade do Pirapó (Figura 4), localizada a cerca de 40 Km do município de Irati.



Figura 4. Vista parcial da comunidade do Pirapó, zona rural do município de Irati, Paraná. Fonte: a autora.

Teve sua origem quando em 1839 chegaram ao território, duas bandeiras procedentes de Sorocaba: a bandeira de José Domingues da Trindade deu origem ao povoado Bom Retiro, hoje Guamirim; e a bandeira de João Pereira de Jesus, que seguiu adiante pelo sertão e localizou-se nas terras onde fundou o povoado de Pirapó (ORREDA,1974).

A comunidade trabalha com o plantio direto há aproximadamente dez anos. Produz milho, soja, feijão, batata, cebola, entre outros cultivos. Há também algumas famílias que ainda se utilizam do plantio de fumo para a geração de renda.

Os quintais agroflorestais fornecem parte das necessidades nutricionais da famílias locais e também como lenha e plantas medicinais. Na maioria dos quintais são as mulheres as responsáveis pela manutenção da biodiversidade presente.

Os quintais amostrados apresentaram tempo de uso superior a 35 anos. Em todas as áreas amostradas é comum a utilização de esterco de origem animal (gado, galinha) e uso do calcário para implantação de algumas espécies como abóbora (*Cucúrbita moschata*), pimentão (*Capsicum annuum*), tomate (*Solanum lycopersicum*) entre outros. Porém essa prática não é feita todos os anos. A utilização do calcário se dá a cada três anos em média. Também é comum neste sistema o uso da palhada de outras culturas como o feijão (*Phaseolus sp*) espalhada por todo o quintal, de forma a proteger e adubar o solo antes da implantação das próximas culturas.

As propriedades da comunidade do Pirapó foram selecionadas através de questionário (anexo 1) aplicado aos alunos do ensino médio do Colégio Estadual Nossa Senhora de Fátima na comunidade de Guamirim, em seguida, foram feitas visitas às propriedades, para observação das respostas cedidas pelos alunos. Com base nas informações fornecidas pelos proprietários e caracterização dos quintais, foram feitas as demarcações necessárias para proceder com as coletas do material.

As coletas de solo foram realizadas em quatro quintais agroflorestais e em quatro áreas de plantio direto, nesta comunidade.



Figura 5. Vistas parciais de quintais agroflorestais rurais na comunidade do Pirapó no município de Irati, Paraná. Fonte: a autora.

As áreas com plantio direto estavam na entressafra e cultivadas com azevém. Esta forrageira é utilizada para alimentação do gado enquanto a área descansa para o próximo plantio. A última colheita da soja (*Glycine max*) foi realizada dois meses antes

a realização da coleta de solos. Nas áreas de plantio direto o calcário foi aplicado em cobertura há pelo menos três anos antes das coletas. Este sistema está implantando na comunidade há 10 anos.



Figura 6. Vistas parciais de sistema plantio direto na comunidade do Pirapó no município de Irati, Paraná. Fonte: a autora.

Algumas áreas do sistema plantio direto não tiveram amostras de solo coletadas abaixo de 10 cm de profundidade, por serem solos muito rasos e apresentarem formação rochosa logo nas camadas superficiais, impossibilitando assim a amostragem.



Figura 7. Vista frontal da trincheira com somente 10 cm de profundidade em área de sistema plantio direto com afloramento rochoso na comunidade do Pirapó no município de Irati, Paraná. Fonte: a autora.

Os Quintais Agroflorestais na zona periurbana (QP) foram amostradas no bairro Engenheiro Gutierrez, em função da existência de pesquisas sobre aspectos acerca do manejo e biodiversidade destes sistemas em Gomes, 2010.

O bairro de Engenheiro Gutierrez (Figura 8), distante cerca de 7 Km do centro da cidade de Irati, tem sua origem atrelada à estrada de ferro inaugurada em 1918. É considerado como perímetro urbano do município, embora possua características rurais acentuadas e um histórico recente de urbanização (MORAES e GOMES, 2008).



Figura 8. Vista parcial do bairro Engenheiro Gutierrez, zona periurbana do município de Irati, Paraná. Fonte: a autora.

Neste sistema, as coletas foram realizadas somente em três quintais agroflorestais (Figura 9). Algumas das áreas escolhidas não puderam ser amostradas por não ser permitida a entrada pelo proprietário. Mas no bairro existem muitos quintais, e foram estudados por Gomes, 2010.



Figura 9. Vistas parciais de um quintal agroflorestal periurbano no município de Irati, Paraná. Fonte: a autora.

4.3.1 Floresta Nacional de Irati (FLONA)

As amostras em floresta nativa foram coletadas na Floresta Nacional de Irati (Flona) (Figura 10).



Figura 10. Vista aérea da Floresta Nacional de Irati, FLONA/PR. Fonte: paranapress.

Os dados para este trabalho foram coletados em parcelas permanentes com área de 25 ha com 25 blocos com 1 ha foram utilizados 4 ha de floresta nativa que estão demarcados como parcelas 1, 2, 3 e 4, conforme apresentado na Figura 11.

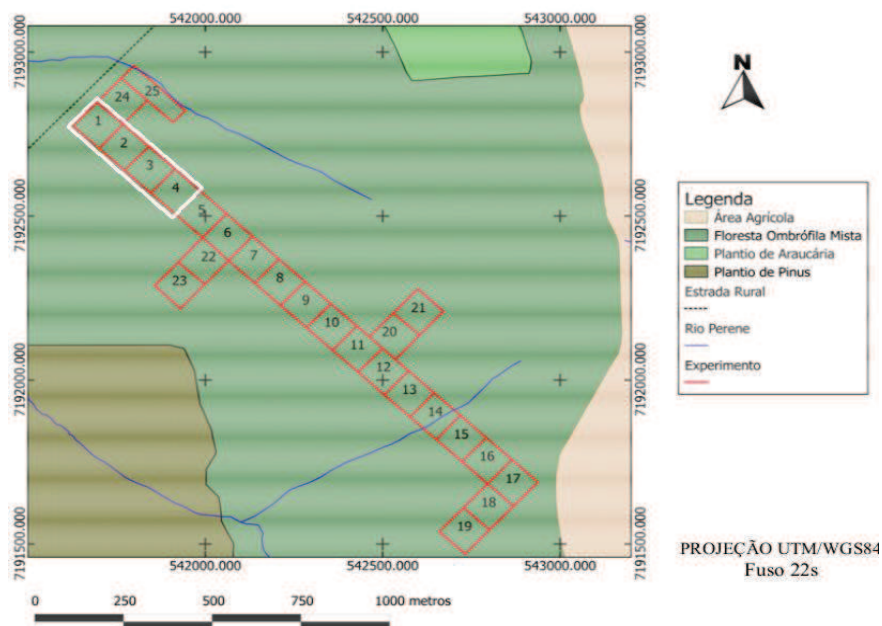


Figura 11. Localização das parcelas permanentes e área amostrada. Fonte: POTTKER, 2012 – adaptado BORBA, 2013.

Cada parcela permanente de 1 ha (100m x 100m) foi subdividida em quatro subparcelas de 0,25 ha (50m x 50m). Foram utilizadas três subparcelas para que formassem as amostras compostas como nos outros sistemas. (Figura 12).



Figura 12. Localização das parcelas permanentes numeradas de acordo com a ordem de coleta das amostras. Fonte: ROIK, 2012 – adaptado BORBA, 2013.

Foi elaborado um mapa de solos das parcelas permanentes pelas pesquisadoras Aline Marques Genu e Katia Cylene Lombardi, professoras da UNICENTRO. Estas

informações sobre o levantamento e o mapa estão no Relatório Técnico de Figueiredo Filho (2011) elaborado para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (não publicado). A classe de solos predominantes nestas parcelas são os Cambissolos. Neste estudo os solos foram classificados como Latossolo vermelho distrófico típico e Cambissolo Háptico Ta distrófico típico.

4.4. Coleta dos dados

4.4.1. Procedimento geral para coleta de solo

As amostras de solo foram coletadas em três trincheiras, em quatro profundidades diferentes, 0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm e 20-40 cm. Em cada trincheira aberta com cortadeira comum, medindo 30 x 70 x 40 cm (largura x comprimento x profundidade), foram coletadas amostras com o anel volumétrico (anel de Kopecky), de volume conhecido ($95,85 \text{ cm}^3$).



Figura 13. Vista frontal da trincheira com 40 cm de profundidade e trado com anel de Kopecky. Fonte: a autora.

Foram abertas três trincheiras em cada local amostrado. Posteriormente as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos Florestais da UNICENTRO, e em seguida pesadas em balança de precisão e levadas a estufa para secagem a 65°C . Após a secagem as amostras foram pesadas novamente para obtenção do peso seco trituradas com o martelo, passadas por uma peneira com malha de 2 mm de abertura, e armazenadas para as análises químicas.

4.5. Análise química do solo

As coletas das amostras de solo foram feitas durante o período de junho a setembro de 2012. Foi utilizada uma cortadeira comum com pontos aleatórios dentro de cada área amostrada. Para cada área selecionada foram coletadas doze amostras, sendo três coletas para cada profundidade amostrada, (3 trincheiras x 4 profundidades).

Para realização das análises químicas foram utilizadas quatro amostras compostas de cada sistema avaliado. Estas amostras foram obtidas pela homogeneização das amostras simples de cada profundidade. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos Florestais, Departamento de Engenharia Florestal da Unicentro.

a) Análise de Carbono Orgânico (Matéria orgânica)

Foi utilizado 0,5 gramas da amostra de solo em um erlenmeyer de 100 ml e adicionado 5 ml de dicromato de potássio. Feito o ataque sulfúrico com 5 ml de H_2SO_4 concentrado (ácido sulfúrico), esperou-se 45 minutos para que pudesse completar a amostra para o volume de 50 ml de água destilada e adicionar 1,5ml de H_3PO_4 concentrado (ácido fosfórico), adicionando dez gotas do indicador difenilamina fez-se a titulação com $Fe SO_4 \cdot 7H_2O$ (sulfato ferroso).

b) Análise de pH com $CaCl_2$ e pH com SMP para determinar (H+AL)

Transferiu-se 10 cm^3 da amostra de solo para um recipiente plástico com aproximadamente 50 ml (com tampa). Foi então adicionado 25 ml da solução de $CaCl_2$ (cloreto de cálcio). Após agitar por 15 minutos, retirou-se a amostra do agitador deixando-a repousar por 45 minutos para que então fosse feita a leitura no pHmetro.

No mesmo recipiente que foi medido o pH com $CaCl_2$, adicionou-se 5 ml da solução SMP. O procedimento para a leitura destas amostras foi o mesmo realizado nas amostras anteriores.

c) Análise de Ca, Al e Ca + Mg

Em erlenmeyers de 125 ml foram colocados aproximadamente 10 cm^3 de cada amostra de solo. Para determinação dos elementos Ca, Al e Ca+Mg foi adicionado 100

ml da Solução extratora de KCl. Após agitar por 5 minutos, deixaram-se as amostras em repouso para no dia seguinte fazer a separação de 25 ml da solução extratora em três erlenmeyers devidamente identificados (Ca, Al e Ca+Mg).

Para quantificação de alumínio foi adicionado cinco gotas do indicador azul de bromotimol, titulando com a solução de NaOH (hidróxido de sódio). Coloração vira de amarelo para azul.

Para quantificação de cálcio foi adicionado 3ml da Solução de KOH (hidróxido de potássio), um “pitada” do indicador murexida e titulado com a solução de EDTA. Coloração vira do rosa para o lilás.

Para quantificação de cálcio + magnésio (dureza total), foi adicionado 4 ml da solução coquetel de hidróxido de amônio e cloreto de amônio. Como indicador foi utilizado o negro de eriocromo e para titulação a solução de EDTA. Coloração muda do lilás para o azul.

d) Análise de fósforo (P) e potássio (K)

O procedimento de extração e decantação é o mesmo para análise de Na, K e P, só mudará o procedimento de leitura destes nutrientes, ou seja, da amostra onde foi feita a extração, será retirada a alíquota para análise de K e P.

Foi transferido aproximadamente 10 cm³ de solo de cada amostra para os erlenmeyers de 125 ml. Foram adicionados 100 ml da solução extratora de MEHLICH (HCl e H₂SO₄). Após agitar por 5 minutos deixou-se em repouso e no dia seguinte foram retirados 5 ml da solução que passou a noite decantando para recipientes plásticos (copo de café) e adicionados em cada amostra uma “pitada” de ácido ascórbico e 10 ml da solução ácida de molibdato de amônio diluída para a leitura de fósforo feita no espectrofotômetro.

Para as análises de potássio são realizados os mesmos procedimentos anteriores, mas a leitura destas amostras é realizada pelo fotômetro de chamas.

A partir dos resultados de laboratório foi calculada a capacidade de troca de cátions potencial (CTC a pH 7) e a saturação por bases (V%).

4.6. Estoque de carbono no solo

a) Densidade do solo

Para cada coleta de solo foi determinada a densidade (anel de Kopecky), obtendo-se o valor de densidade em triplicata para cada área e profundidade amostrada, utilizando-se a equação (EMBRAPA, 2002):

$$DA = PSN / VCH$$

Em que:

DA = densidade do solo

PSN = peso seco do solo dentro do cilindro

VCH = volume do cilindro Uhland (constante)

O cilindro utilizado possui as dimensões de 5,3 cm de altura por 4,8 cm de diâmetro, sendo o volume do cilindro de 95,85cm³.

b) Teor de carbono orgânico:

Para o teor de carbono foi utilizada a seguinte equação:

$$CO = MO / 1,72$$

Em que:

CO = teor de carbono orgânico total na profundidade amostrada (g/dm³)

MO = matéria orgânica (Walkley-Black) (g/dm³)

1,72 = fator de conversão (considerando que a matéria orgânica possui 58% de carbono orgânico)

c) Estoque de carbono:

Para o estoque de carbono foi utilizada a seguinte equação:

$$EstC = (CO * Ds * e) / 10$$

Em que:

Est C = estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg.ha⁻¹)

CO = teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g.dm³)

Ds = densidade do solo da profundidade (g.cm⁻³)

e = espessura da camada considerada (cm)

4.6.1. Quantificação das frações de carbono orgânico oxidável

O fracionamento do carbono foi realizado por graus de oxidação (Chan *et al.*, 2001; Rangel *et al.*, 2008). O fracionamento do carbono produziu quatro frações, com graus decrescentes de oxidação:

1. Fração 1 (F1): C oxidado por K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄;
2. Fração 2 (F2): diferença entre o C oxidado por K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 6 e 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄;
3. Fração 3 (F3): diferença entre o C oxidado por K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 9 e 6 mol L⁻¹ de H₂SO₄;
4. Fração 4 (F4): diferença entre o C orgânico total obtido através do CHN e 9 mol L⁻¹ de H₂SO₄.

As análises elementares (CHN) foram realizadas na Universidade Federal de Viçosa no Laboratório de Espectroscopia de Absorção Atômica. Análise de CHN permite a determinação porcentual de carbono (C), hidrogênio (H) e nitrogênio (N) de uma amostra. A tecnologia associada à análise CHN é a combustão, dessa forma a amostra é totalmente queimada e em seguida os produtos da sua combustão são analisados. A combustão completa é geralmente conseguida através de fornecimento de oxigênio em excesso durante o processo. Os produtos analisados são CO₂ para análise de C, H₂O para análise de H e NO para análise de N, conforme PAULA, (2012).

4.7. Análise estatística

Considerou-se o delineamento inteiramente casualizado, com os seguintes tratamentos: T1 = Quintal Agroflorestal Rural, com quatro repetições; T2 = Quintal Agroflorestal Periurbano, com três repetições; T3 = Sistema Plantio Direto, com quatro repetições e T4 = Floresta Nativa, com quatro repetições.

Na análise foi realizado o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade das variâncias, sendo que quando as variâncias dos tratamentos eram homogêneas, procedia-se a análise de variância, caso contrário, seria necessária uma transformação nos dados. Na sequência, foi feita a análise de variância, considerando o nível de 95% de probabilidade. Quando necessário, foi aplicado o teste de Tukey. Foram analisadas as seguintes variáveis:

Amostras Simples: Densidade do solo e Matéria orgânica.

Amostras Compostas: Potássio (K^+); Cálcio (Ca^{2+}); Magnésio (Mg^{2+}); Cálcio + Magnésio ($Ca^{2+}+Mg^{2+}$); Alumínio (Al^{3+}); Hidrogênio + Alumínio ($H+Al^{3+}$); Matéria Orgânica (M.O); Fósforo (P); Saturação de bases (V%); areia grossa; silte e argila, carbono orgânico total (CHN).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação da fertilidade dos solos

A Tabela 1 apresenta os resultados de acidez do solo expressa pelos valores de pH em CaCl₂, Al trocável e H+Al do solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Tabela 1 – Acidez do solo expressa pelos valores de pH em CaCl₂, Al trocável e H+Al do solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Sistemas	pH CaCl ₂	Al trocável	H+Al
-----cmol _c /dm ³ -----			
0-5 cm			
Q.R	5,83 a	0,20 b	3,98 b
Q.P	5,64 a	0,02 b	6,45 b
P.D	4,95 ab	1,04 ab	4,20 b
FN	3,85 b	3,46 a	15,36 a
5-10 cm			
Q.R	6,03 a	0,06 b	3,75 b
Q.P	5,34 a	0,17 b	7,18 ab
P.D	5,03 ab	1,50 ab	4,93 b
FN	3,78 b	4,36 a	13,53 a
10-20 cm			
Q.R	5,65 a	0,66 b	4,95 b
Q.P	4,70 ab	1,17 ab	8,59 ab
P.D	4,85 ab	2,14 ab	8,30 ab
FN	3,77 b	4,65 a	13,38 a
20-40 cm			
Q.R	4,73 a	2,41 a	9,04 a
Q.P	4,54 a	2,17 a	9,31 a
P.D	4,60 a	2,50 a	9,23 a
FN	3,80 a	4,66 a	13,28 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade; * 5% de probabilidade. Valores de coeficiente de variação (CV%) e F calculado anexo 3. Fonte: a autora.

Pode-se observar que as médias de pH do solo dos quintais não diferiram das áreas de plantio direto em todas as profundidades estudadas e nem da floresta nativa na profundidade de 20-40 cm. Em todas as profundidades as áreas de plantio direto apresentaram valores de pH semelhantes aos de Floresta Nativa. Na profundidade de

10-20 os quintais periurbanos apresentaram valores de pH semelhantes aos de Floresta Nativa.

A resposta à calagem não ocorre na mesma proporção para todos os solos e culturas, estando ainda sujeita à variação do manejo do solo. Nos quintais, além do calcário a adição de cinzas de fornalha, esterco e resíduos orgânicos, advindos dos restos de alimentos e cascas produzidas pela família, também colaboraram para o aumento do pH do solo. Os resíduos em decomposição podem atuar na elevação do pH, de modo temporário ou mesmo em longo prazo. Por ser o plantio direto um sistema de revolvimento mínimo do solo, apresenta características muito parecidas com as de quintal (MOTTA e LIMA, 2006).

O aumento do pH tem efeito sobre o decréscimo de toxidez de elementos encontrados em alta quantidade em solo ácido, como o Al, na maioria dos casos observados. A retenção temporária do Al contido em solução pode proporcionar um maior crescimento radicular, afetando positivamente toda a nutrição das plantas (MOTTA e SERRAT, 2006).

Os estercos de aves, bovino, suíno, equinos etc. são exemplos de resíduos de origem animal cuja composição é variável, sendo influenciada por fatores, como a espécie, a raça, a idade, a alimentação, o material utilizado como cama de aves, o tratamento dado à matéria prima entre outros (TEDESCO *et al.*, 2008).

Gomes (2010), estudando os solos de quintais periurbanos no município de Irati, encontrou valores de pH variando entre 4,9 a 6,9 para uma profundidade de 20 cm e comparou estes resultados com lavoura onde os valores de pH encontrados foram um pouco mais elevados, entre 5,2 e 6,3.

Pinho (2008) em quintais agroflorestais indígenas em área de savana, observou valores de pH variando de 4,7 a 6,2 e 4,4 a 5,6 em áreas agrícolas. Observou também que os teores de alumínio foram significativamente menores em muitos quintais, indicando que são menos ácidos.

Alfaia *et al.* (2008), estudando solos de várzea ao longo dos rios Solimões e Amazonas, encontraram valores de pH significativamente mais altos em áreas cultivadas do que em florestas e capoeiras sugerindo que um dos fatores para elevação

do pH nestes sistemas de uso da terra é o processo de queima da vegetação através da ação das cinzas, mesmo método também utilizado nas áreas de quintais.

Em função de o calcário ter sido aplicado em cobertura nas áreas de plantio direto, o pH destas áreas não se diferenciou das áreas de mata nativa. De acordo com Anghinoni e Bissani (2004), no plantio direto a incorporação do calcário é inviável, por isso há necessidade de aplicar calcário na superfície de solos ácidos. Segundo estes autores (*ibidem*) a tendência é a utilização de menores quantidades de calcário por área e em intervalos maiores do que aqueles adotados no sistema convencional de preparo do solo, considerando que a aplicação de calcário na superfície do solo altera o pH, em geral, apenas dos primeiros 5 a 10 cm.

Os valores de Al trocável foram maiores na floresta nativa em todas as camadas, justificado pelos baixos valores de pH, facilitando a solubilização do Al trocável do solo. Neste estudo o solo da floresta demonstrou ser mais ácido, ou seja, pH mais baixo, porém isso não dificulta o desenvolvimento das árvores, pois os solos brasileiros tendem a ter este comportamento. Também se observou que as quantidades de Al trocável aumentam em profundidade, isto ocorre porque a decomposição do material vegetal nas camadas superficiais neutralizam os níveis tóxicos de Al, que poderia estar ligado ao efeito da matéria orgânica complexando parte desse elemento.

Oliveira (2010), estudando um plantio de *Pinus elliottii* na Floresta Ombrófila Mista, encontrou valores de pH (3,88) muito parecidos com os encontrados neste estudo em floresta natural (3,85) na profundidade de 5 cm. Esta alta acidez pode estar ocorrendo em função dos processos de decomposição da matéria orgânica.

Nas camadas superiores do plantio direto onde houve calagem em cobertura os valores de Al trocável são menores. Isso ocorre porque o calcário não é incorporado em profundidade no solo, e as bases cálcio, magnésio e potássio percolam com mais facilidade pelos espaços deixados pelas raízes da cultura anterior. Normalmente os cultivos agrícolas apresentam raízes com até 20 cm, podendo ser menor se houver Al em menor profundidade no solo. Por não ocorrer incorporação do calcário no solo o Al trocável aumenta em profundidade.

Como consequência dos menores teores de alumínio encontrados, a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) também foi menor nas áreas de quintal e plantio direto, enquanto que nas áreas de floresta nativa os valores foram maiores e crescem em profundidade justificado pelos baixos valores de pH, facilitando a solubilização do Al trocável no solo.

O poder tampão da acidez potencial geralmente cresce com a elevação dos teores de carbono orgânico, principalmente em solos onde a matéria orgânica é responsável pela manutenção do equilíbrio entre as formas adsorvidas e solúveis de H^+ (SERRAT, KRIEGER e MOTTA, 2006).

A Tabela 2 apresenta os macronutrientes do solo em diferentes profundidades nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Tabela 2. Macronutrientes do solo em diferentes profundidades nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Sistemas	K ⁺	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0-5 cm				
Q.R	2,07 a	2,41 a	9,70 a	4,37 ab
Q.P	2,02 a	1,88 a	10,27 a	4,97 a
P.D	1,26 b	0,70 b	5,95 ab	4,02 ab
FN	1,43 b	0,60 b	1,78 b	1,27 b
5-10 cm				
Q.R	2,00 a	2,38 a	10,17 a	5,12 a
Q.P	1,94 a	1,87 a	9,70 a	4,60 a
P.D	1,26 b	0,87 b	5,68 ab	3,90 ab
FN	1,23 b	0,31 b	0,83 b	1,10 b
10-20 cm				
Q.R	1,87 a	3,96 a	7,93 a	4,52 a
Q.P	1,77 a	3,13 ab	6,60 ab	4,07 ab
P.D	1,05 b	2,09 bc	4,63 ab	3,37 ab
FN	1,07 b	1,99 c	0,63 b	1,57 b
20-40 cm				
Q.R	1,82 a	3,29 a	3,80 a	2,82 ab
Q.P	1,77 a	3,08 a	5,90 a	3,87 a
P.D	0,94 b	1,39 b	2,35 a	2,95 ab
FN	0,88 b	1,66 b	0,67 a	0,77 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de

probabilidade; * 5% de probabilidade. Valores de coeficiente de variação (CV%) e F calculado anexo 3. Fonte: a autora.

As variáveis potássio (K) e fósforo (P) tiveram seus valores transformados para obtenção da homogeneidade das amostras. Os valores originais foram transformados utilizando a seguinte equação: $X = \log(x) + 2$. Onde: x = variável (elemento K ou P). Os valores originais se encontram no anexo 3.

Os macronutrientes potássio, fósforo, cálcio e magnésio também seguem a tendência de apresentar maiores valores nos quintais que nos outros sistemas, porém o sistema plantio direto não difere estatisticamente dos quintais para Ca e Mg. Em solos com pH mais ácido os teores de Ca, Mg e K são mais baixos. O uso mais abundante de calcário dolomítico nesta região favorece o aumento de Ca e Mg por conter grande quantidade de carbonatos de Ca e Mg. A adição de cinzas nos quintais favorece o aumento desses elementos na forma de óxido, e dependendo da fonte algumas cinzas tem elevado teor de K, principalmente quando o material utilizado apresenta folha ou casca (MOTTA e LIMA, 2006). Neste estudo, ao observar os valores reais (anexo 3), os quintais rurais apresentam maior teor de potássio em relação aos quintais periurbanos, podendo ser explicado, provavelmente, pela adição de cinzas de forno a lenha, observados durante as visitas a estas propriedades.

De modo geral, os sistemas de cultivo do solo exibiram teores mais elevados de Ca, Mg, P e K, em relação a floresta nativa, principalmente nas camadas superficiais, devido, provavelmente, a correção do solo praticada. O acúmulo de nutrientes em superfície pode-se explicar, possivelmente, pela deposição de grande quantidade de resíduos provenientes dos sistemas de quintal e plantio direto.

Houve decréscimo nos teores de Ca e Mg em profundidade, tendo a camada de 0-5 cm os maiores valores e a camada de 20-40 cm os valores mais baixos. Em todas as camadas estudadas os teores mais altos e mais baixos foram encontrados nos quintais e floresta nativa respectivamente. O sistema plantio direto apresentou teores que não diferem estatisticamente dos obtidos em quintal e floresta nativa.

Quase todos os fertilizantes orgânicos mostram presença de K. A concentração de K nesses materiais é pequena, normalmente entre 2 e 4%, e muito variável

principalmente dependente do estágio de decomposição dos resíduos e da forma como foram armazenados (ERNANI, ALMEIDA e SANTOS, 2007).

O potássio disponibilizado da palha, assim como aquele adicionado via adubação potássica, podem ser intensamente lixiviados no perfil do solo, dependendo da quantidade de chuva, da dose de nutriente aplicado e da textura do solo, entre outros fatores, o que faz com que o manejo da adubação potássica seja importante, do ponto de vista econômico e ambiental (ROSOLEM *et al.*, 2006).

Em relação ao fósforo, os quintais apresentaram os maiores valores observados. Em todos os tratamentos houve redução dos teores em profundidade. Por ser este um elemento pouco móvel e de constante adição nos quintais, via adubação orgânica e esterco animal, acumula-se na superfície devido provavelmente ao manejo mais intensivo ocorrer na camada superior de 10 cm e também por serem sistemas com maior tempo de utilização.

A adição de fontes de matéria orgânica no solo contribui para aumentar a disponibilidade de fósforo e o mantém solúvel competindo com os demais componentes do solo que fixam este elemento (MALAVOLTA, 1976).

Em um trabalho realizado nos quintais periurbanos no município de Irati, Gomes (2010), encontrou valores de fósforo para quintais entre 10 e 40 anos, variando de 45,1 a 202,4 mg/dm³ em profundidade de 0 a 20 cm. A redução dos teores de fósforo disponível em profundidade também pode ser influenciada pela menor mobilidade relativa deste elemento. O tipo, frequência e quantidade de adubo orgânico colocado pode, em um espaço de tempo relativamente curto (até inferior a 10 anos), causar uma acumulação deste nutriente no solo, já que o mesmo é facilmente retido, como os resultados deste estudo apontaram para as áreas de quintais tanto rurais quanto periurbanos.

Em quintais agroflorestais indígenas, Pinho (2008) encontrou teores de fósforo até 114 mg/Kg. Ressalta-se que o fósforo é um elemento chave indicador da ação antrópica no solo, por ser parte da composição de muitos materiais relacionados a ocupações humanas, e por possuir grande estabilidade no solo ao longo dos anos (WOODS, 2003 *apud* PINHO, 2008).

A Tabela 3 apresenta os valores de matéria orgânica, CTC e saturação por bases (V%), do solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Tabela 3. Matéria orgânica, CTC e saturação por bases (V%), do solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Sistemas	M.O	CTC	V
	g/dm ³	pH 7	%
0-5 cm			
Q.R	42,20 ab	19,71 a	78,75 a
Q.P	42,20 ab	20,51 a	79,37 a
P.D	36,67 b	16,61 a	60,02 a
FN	56,32 a	18,71 a	18,15 b
5-10 cm			
Q.R	37,87 a	20,22 a	80,92 a
Q.P	38,20 a	20,14 a	75,17 a
P.D	34,02 a	16,94 ab	57,02 a
FN	44,72 a	15,64 b	13,82 b
10-20 cm			
Q.R	29,67 a	18,23 a	71,50 a
Q.P	32,86 a	19,59 a	58,07ab
P.D	26,80 a	16,70 a	49,30ab
FN	34,10 a	15,71 a	15,05 b
20-40 cm			
Q.R	31,02 a	16,38 a	45,42 a
Q.P	26,33 a	19,61 a	53,37 a
P.D	24,80 a	14,71 a	38,50 a
FN	33,17 a	14,81 a	10,37 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade; * 5% de probabilidade. Valores de coeficiente de variação (CV%) e F calculado anexo 3. Fonte: a autora.

Com relação à matéria orgânica, os valores decresceram em profundidade para todos os sistemas estudados, havendo diferença estatisticamente significativa somente na camada mais superficial de 0 a 5 cm entre o sistema plantio direto e floresta nativa. Segundo Bayer e Mielniczuk (2008), sob vegetação natural o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável. A manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica e da qualidade do solo pode ser alcançada pela utilização de pastagens, ou, no caso de sistemas agrícolas intensos, pela utilização de métodos de preparo sem revolvimento ou com mínima mobilização do solo e por sistemas de cultura com alta

adição de resíduos vegetais, resultando, respectivamente, em menores taxas de perda e maiores taxas de adição de matéria orgânica ao sistema solo.

Outro aspecto relacionado com a influência da MO sobre a dinâmica de cargas no solo, diz respeito ao processo de adsorção de Al^{3+} por grupos funcionais orgânicos. Em áreas manejadas sob plantio direto e com acúmulo de C orgânico, Salet (1998) observou reduções na atividade do Al^{3+} em solução e, conseqüentemente, na ação prejudicial do mesmo às plantas, atribuindo esse fenômeno ao processo de complexação do Al^{3+} pela MO (VEZZANI *et al.*, 2008).

Nos quintais e no plantio direto, os valores de saturação de bases (V%) indicam uma condição eutrófica nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, ou seja, V% igual ou acima de 50%, o que deve estar associado às práticas de adubação. No entanto, nas camadas de 10-20 e 20-40 cm o sistema plantio direto e a floresta nativa, apresentaram V% com valores inferiores a 50%. Os quintais, até 20 cm de profundidade apresentaram valores de V% acima de 58,07%, próximos do valor de saturação por bases ideal para o desenvolvimento da maioria das culturas que se concentra na faixa de 60 a 80% (MOTTA E LIMA, 2006).

Os valores da saturação de bases (V%) observados neste estudo são considerados altos de acordo com Motta e Lima (2006), para os quintais até a profundidade 10 a 20 cm, médios para o plantio direto até a profundidade de 10 a 20 cm e baixo para a floresta nativa em todas as camadas. Na profundidade de 20-40 cm os tratamentos não apresentaram variação estatística. Camargos (2005) sugere que a saturação de bases fornece uma ideia da ocupação das cargas da CTC, ou seja, do total de cargas negativas existentes no solo, qual a proporção ocupada pelos cátions úteis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , e K^{+}).

Os valores de V% encontrados nos quintais estudados por Gomes (2010) ficaram entre 64 e 91%, enquanto que nas áreas testemunhas ficaram entre 13 e 79%.

Os níveis de saturação de bases nos quintais são considerados médios e altos, existindo pouca diferença entre quintais rurais e periurbanos. No entanto as áreas de floresta nativa apresentaram níveis baixos de saturação de bases que vão de 18 a 10% nas camadas de 0 a 5 cm e 20 a 40 cm, respectivamente não apresentando diferença

significativa na última camada. As áreas de plantio direto estão nos níveis entre baixo e médio com valores variando de 60% na camada de 0 a 5 cm a 38,5% na camada de 20 a 40 cm.

Segundo Motta e Lima (2006), a alteração gradual, em profundidade, dos indicadores de fertilidade do solo com o tempo de instalação do sistema plantio direto dificulta a escolha da melhor camada de solo que reflete as condições de sua fertilidade (camada a ser amostrada). Dependendo da fase de evolução do sistema, a amostragem tradicional, de 0-20 cm, poderá não ser mais apropriada.

Para os solos de quintais, a maioria dos indicadores de fertilidade sugere que a profundidade de amostragem pode ser de 0-20 cm por apresentar maior significância nos resultados obtidos nesta profundidade. Em maiores profundidades como as analisadas neste estudo, os valores de fertilidade obtidos nos solos de quintais não apresentaram significância estatística.

5.2 Teor e estoques de carbono orgânico de solos dos sistemas agroflorestais

A tabela 4 apresenta os valores de estoque de carbono (Walkley-Black) e carbono orgânico total (CHN) no solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Tabela 4 – Teor e estoques de carbono orgânico (Walkley-Black) e carbono orgânico total (CHN) no solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Sistemas	Teor de C	Estoque de CO	Estoque de COT
	g.dm^{-3}	WB (Mg.ha^{-1})	CHN (Mg.ha^{-1})
0-5 cm			
Q.R	24,53 b	8,48 a	11,86 ab
Q.P	24,53 ab	9,50 a	17,28 a
P.D	21,32 b	8,80 a	10,92 b
FN	32,75 a	8,31 a	11,00 b
5-10 cm			
Q.R	22,02 a	7,21 a	11,55 ab
Q.P	22,21 a	8,29 a	15,00 a
P.D	19,78 a	8,14 a	10,81 ab
FN	26,00 a	8,12 a	9,80 b

10-20 cm			
Q.R	17,25 a	11,21 a	19,32 a
Q.P	19,11 a	13,70 a	21,65 a
P.D	15,58 a	14,28 a	19,83 a
FN	19,82 a	12,32 a	14,36 a
20-40 cm			
Q.R	18,04 a	21,39 a	32,92 a
Q.P	15,31 a	23,17 a	41,32 a
P.D	14,42 a	22,68 a	34,08 a
FN	19,28 a	30,66 a	30,50 a
Médias ponderadas das profundidades			
Q.R	19,15 a		
Q.P	18,27 a		
P.D	16,24 a		
FN	23,45 a		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade; * 5% de probabilidade. Valores de coeficiente de variação (CV%) e F calculado anexo 2. Fonte: a autora.

O teor de carbono orgânico no solo variou de 14 a 33 g/dm³, com maior concentração na camada de 0-5 cm na floresta nativa, diferindo dos quintais da zona rural e sistema plantio direto, que apresentaram os menores teores de carbono nessa profundidade, 24,53 e 21,32 g/dm³, respectivamente como mostra a tabela 4.

O teor de carbono no solo está relacionado com a matéria orgânica que este contém. Para a determinação da matéria orgânica do solo foi utilizado o teor de C orgânico do solo determinado pelo método Walkley-Black. Por este motivo os resultados estatísticos para teor de carbono orgânico foram semelhantes aos de matéria orgânica, ou seja, as amostras variaram estatisticamente apenas na camada de 0-5 cm (tabela 3 e tabela 4).

Os teores de carbono orgânico decresceram em profundidade em todos os sistemas analisados. Tais resultados podem ser relacionados com a intensidade de preparo e incorporação de resíduos orgânicos na superfície do solo. A adição de material orgânico é responsável pelo acúmulo de carbono na camada mais externa do solo.

Mafra *et al.* (2008), estudando os solos de floresta nativa no estado de Santa Catarina, encontraram teores de carbono mais altos (29,4 g.Kg⁻¹) do que os valores da floresta nativa da região Centro-Sul do Paraná (23,45 g/dm³). Porém o estoque de carbono encontrado foi mais baixo.

Balbinot *et al.* (2003), em solos no Rio Grande do Sul, observou teores altos de carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade na profundidade de

0-20 cm. O teor de carbono orgânico foi de $45,2 \text{ g.Kg}^{-1}$, sendo atribuído à lenta decomposição principalmente nas camadas superficiais por ser uma região fria.

Em contra partida os estoques de carbono orgânico aumentaram em profundidade para todos os sistemas de uso da terra. Porém na camada de 5-10 cm os valores foram levemente mais baixos que os encontrados na camada de 0-5 cm. Neste caso o estoque de carbono está relacionado, provavelmente, com a densidade do solo e sua espessura, é aceitável que o estoque de carbono aumente em profundidade de acordo com o aumento do volume do solo analisado. Se forem observadas as devidas proporcionalidades, de cinco em cinco centímetros o estoque de carbono diminui com a profundidade.

Em termos gerais, os solos estudados não apresentaram diferença estatística para os estoques de carbono. Pode-se dizer que a presença de material vegetal como cobertura do solo auxilia na manutenção do estoque de carbono, tanto para os quintais como para o plantio direto.

No caso das pastagens, vários estudos mostram que os estoques de C podem ser muito próximos dos estoques de áreas de vegetação nativa, ou mesmo superiores, quando estão produtivas (ALVES *et al.*, 2008). No caso do presente estudo as áreas de plantio direto possuem estoque de carbono semelhante às áreas de floresta nativa quando comparados os estoques de carbono orgânico total pelo CHN. Os valores apresentados nas áreas de quintais agroflorestais são maiores que na floresta nativa. Isso pode ser explicado, provavelmente, por serem quintais áreas manejadas constantemente, com aporte de resíduos, cinzas e maior diversidade de espécies.

A densidade e diversidade de árvores por unidade de solo também tem influência na quantidade de carbono estocado por profundidade. Isto foi provado por um estudo em quintais agroflorestais na Índia feito por Saha *et al.* (2009), que encontrou valores para carbono orgânico de $34,07$ e $29,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ em quintais com maior e menor densidade e diversidade de plantas, respectivamente, a 20 cm de profundidade.

Nos solos deste estudo até a profundidade de 20 cm o sistema que apresentou maior estoque de carbono pela média ponderada foi o plantio direto com $11,37 \text{ Mg.ha}^{-1}$, enquanto que os quintais periurbanos apresentaram o menor estoque, $6,29 \text{ Mg.ha}^{-1}$. Os solos de plantio direto também tiveram maior densidade, por consequência maior estoque de carbono. As médias ponderadas foram obtidas através das médias dos teores de carbono em relação à espessura das profundidades equivalentes a cada amostra.

Em outros trabalhos realizados em diferentes profundidades e sistemas de uso da terra, podem-se observar grandes variações do estoque de carbono orgânico, como Froufe *et al.* (2011) em sistema agroflorestal multiestrata com 16 anos com estoque de (40,9 t/ha⁻¹), agricultura convencional com abóbora (40,2 t/ha⁻¹), capoeira com 20 anos (34,4 t/ha⁻¹) e pastagem muito degradada (27,6 t/ha⁻¹) em Floresta Atlântica no estado de São Paulo com até 20 cm de profundidade. Essas diferenças estão associadas ao grau de maturação destes sistemas.

As diferenças encontradas no teor de carbono podem ser explicadas pelo manejo diferenciado destes sistemas, pois uma característica dos quintais no sul do Brasil é a menor quantidade de árvores por área de produção, porque as espécies com período de produção mais curto como as hortaliças e plantas medicinais precisam maior incidência da luz solar para se desenvolver.

5.3 Frações de carbono orgânico oxidável de solos de sistemas agroflorestais

Foram obtidas quatro frações de carbono orgânico oxidável com graus decrescentes de labilidade: fração muito facilmente lábil (F1); fração facilmente lábil (F2); fração moderadamente lábil (F3) e fração resistente (F4); para os sistemas e profundidades estudados, que são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 – Frações oxidáveis de carbono orgânico no solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Sistemas	F1	F2	F3	F4
-----g/dm ³ -----				
0-5 cm				
Q.R	1,13 a	0,40 a	1,04 b	31,76 a
Q.P	1,35 a	0,52 a	1,21 ab	41,67 a
P.D	0,95 a	0,21 a	1,06 b	25,66 a
FN	1,34 a	0,54 a	1,64 a	39,94 a
5-10 cm				
Q.R	1,03 a	0,48 a	0,99 b	32,97 a
Q.P	1,20 a	0,47 a	1,20 b	37,43 ab
P.D	0,77 a	0,37 a	0,83 b	22,56 b
FN	0,96 a	0,46 a	2,11 a	27,76 ab
10-20 cm				
Q.R	0,85 a	0,38 a	0,99 a	27,69 a

Q.P	0,89 a	0,37 a	0,85 a	28,12 a
P.D	0,63 a	0,31 a	0,89 a	19,77 a
FN	0,76 a	0,39 a	0,95 a	21,03 a
20-40 cm				
Q.R	0,77 a	0,31 a	0,93 a	25,40 a
Q.P	0,81 a	0,36 a	0,86 a	25,87 a
P.D	0,50 a	0,32 a	0,86 a	20,16 a
FN	0,72 a	0,29 a	0,88 a	19,89 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade; * 5% de probabilidade. Valores de coeficiente de variação (CV%) e F calculado anexo 4. Fonte: a autora.

A tabela 5 apresenta os valores das frações oxidáveis de carbono orgânico no solo em diferentes profundidades, nos quintais agroflorestais rural (QR) e periurbano (QP), plantio direto (PD) e floresta nativa (FN) em Irati, PR.

Para todos os sistemas de uso da terra os maiores teores encontrados estão na fração 4 para todas as profundidades. A fração 4 foi determinada subtraindo-se a quantidade de carbono oxidado com 9 Mol L^{-1} da quantidade de carbono determinada por análise elementar (CHN). Nesta análise determina-se o carbono total do solo, incluindo frações mais recalcitrantes.

Diferenças significativas foram observadas para a fração F3 nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. O quintal rural e o plantio direto apresentaram menores valores, diferindo da floresta nativa. Os quintais periurbanos apresentaram valor semelhante aos demais sistemas, na profundidade de 0-5 cm. Na profundidade de 5-10 cm os valores dos quintais e plantio direto foram semelhantes entre si e menores que os da floresta nativa.

A fração F4 é considerada mais resistente e apresenta valores mais altos nos quintais periurbanos e menores no plantio direto, com diferença significativa para a profundidade de 5-10 cm. Este fato pode-se explicar pelo manejo diferenciado que ocorre nestes dois sistemas, onde o quintal recebe com maior frequência adubação orgânica. Em um estudo realizado por Loss *et al.* (2010) com frações oxidáveis de carbono em solos com sistema agroflorestal na profundidade de 0 -5 cm, também foram encontrados valores maiores para este sistema se comparado com o plantio direto na mesma fração e profundidade.

Segundo Bayer e Mielniczuk, (2008), o carbono residual (F3 e F4) é o que confere maior estabilidade à matéria orgânica do solo, por estar na forma húmica e possibilitar a formação de agregados, os quais preservam as características químicas e físicas do solo. De acordo com Loss *et al.* (2013), também pode estar atribuído ao acúmulo de compostos orgânicos de maior estabilidade química e alto peso molecular, oriundos da decomposição e humificação da matéria orgânica do solo.

Para F1 e F2 não houve diferença estatística entre os sistemas estudados. Ao se observar os valores dessas frações até a profundidade de 20 cm, os quintais rurais e periurbanos apresentaram valores mais próximos dos de floresta nativa. Estas frações estão associadas com a disponibilidade de nutrientes e a formação de macroagregados (GUARESCHI *et al.*, 2013). Neste estudo foram observados maiores quantidades de nutrientes nos sistemas de quintais, tanto rurais como periurbanos.

As frações F1 e F2 são as que apresentam maior labilidade no solo enquanto que F3 e F4 são as frações mais resistentes. Portanto, neste caso, seria desejável um balanço nos teores de carbono destas frações, para que houvesse um equilíbrio entre as funções disponibilidade de nutrientes e estruturação do solo (F1 e F2) e proteção física e química (F3 e F4) que estas frações desempenham no solo (LOSS *et al.*, 2009).

6. CONCLUSÃO

A execução deste trabalho, com base nos resultados obtidos, possibilitou chegar às seguintes conclusões:

- O manejo utilizado nos quintais os diferenciam dos demais sistemas estudados quanto à fertilidade do solo.
- Embora os quintais estejam localizados em ambientes distintos (rural e periurbano), estes apresentam semelhança em relação aos indicadores de fertilidade, mostrando que a forma de manejo deste sistema pode ser responsável pela manutenção da sua fertilidade.
- Os quintais agroflorestais apresentaram maiores estoques de carbono em relação aos outros sistemas, mostrando maior potencial para estoque de carbono que floresta nativa.
- Os solos de quintais são semelhantes aos de floresta nativa quanto à qualidade da matéria orgânica.
- Os quintais agroflorestais (rurais e periurbanos) estocam mais carbono no solo que a floresta nativa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, S. S.; et al. **Caracterização dos parâmetros químicos dos solos de várzea em diversos sistemas de uso da terra ao longo da calha dos rios Solimões/Amazonas**. Acta Amazonica. vol. 39, 2008. p. 731-740.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 110p.

ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Dinâmica do carbono em solos sob pastagens. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 561-570.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 873-928.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A.; Fósforo e adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre, 2004. p. 117-138.

AMADO, T. J. C. **A matéria orgânica do solo no sistema de plantio direto: a experiência do Rio Grande do Sul**. 2003. Disponível em: <http://cesnors02.cafw.ufsm.br/professores/vanderlei/solos_florestais/Materia_organica_Telmo%20J%20C%20Amado.pdf>. Acesso em: 05/10/2012.

AMARAL, C. N.; NETO, G. G. **Os quintais como espaços de conservação e cultivo de alimentos: um estudo na cidade de Rosário Oeste (Mato Grosso, Brasil)**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas. v. 3, n. 3, setembro-dezembro, 2008. p. 329-341.

AZEVEDO, A. C. de.; PEDRON, F. A. de.; DALMOLIN, R. S. D. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. In: **Tópicos em ciência do solo**. v. 1, Viçosa, 2007. p. 1-48.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETA, C. R. **Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul.** Ciências Exatas e Naturais, v. 5, n.1, janeiro/junho, 2003.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais.** 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 7-18.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.985 de 18/07/2000. Regulamenta o artigo 225 da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e da outras providências. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 de junho de 2000.

CAMARGOS, S. L. Interpretação de análise de solo. In: **Departamento de solos e engenharia rural.** Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá-MT, 2005, 11p.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: **Tópicos em ciência do solo.** v. 1, Viçosa, 2007. p. 333-369.

CENTRO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS POPULARES. CETAP. **Sistemas agroflorestais e os sabores da floresta.** Ministério do Meio Ambiente. Rio Grande do Sul, 2008, 44p.

CHAN, K. Y. Frações de carbono orgânico oxidável. In: MENDONÇA, E. S. de.; MATOS, E. S. da. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises.** Viçosa, 2005. p. 14-19.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Sistema plantio direto.** Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2ª ed. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

FAO. **Sustaining agricultural biodiversity and agro-ecosystems functions**. Roma: Italy, 1999. 59 p.

FARRELL, J. G.; ALTIERI, M. A. Sistemas agrofloretais. In: ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Agropecuária, Guaíba, 2002. p. 592.

FIGUEIREDO, A. F.; DIAS, N. A.; WATZLAWICK, L. F. **Inventário das florestas naturais na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná**. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR, 2006, 188p.

FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. **Potencial de sistemas agrofloretais multiestratos para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica**. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 31, n. 66, p. 143-154, abril/junho, 2011.

GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; MOURÃO JÚNIOR, M.; SILVA, M. F. da; BRIENZA JÚNIOR, S.; FERREIRA, G.; SILVA, P. T. E da. Diversidade e similaridade entre a vegetação de quintais agrofloretais em Mazagão, AP. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2008, Luiziânia. **Resumos...** Luiziânia: 2008. CD-ROM.

GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. Avaliação da fertilidade do solo. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre, 2004. p. 43-48.

GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 991-1017.

GOMES, G. S. **Quintais Agroflorestais no município de Irati-Paraná, Brasil: Agrobiodiversidade e sustentabilidade socioeconômica e ambiental**. Curitiba-PR, 2010. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.

GOMES, G. S.; LOMBARDI, K. C.; SILVA, I. C.; WARUBY, J.; MORAES, C. M. **Práticas de manejo da fertilidade do solo em Quintais Agroflorestais no bairro de Eng. Gutierrez, Irati, Paraná**. In: SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS, 10.; 2008, Irati- PR Anais... X Semana de Estudos Florestais, 2008. 1. CD.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. **Oxidizable carbon fractions in Red Latossol under different management systems**. Ciência Agronômica. v. 44, n. 2, 2013, p. 242-250.

ICMBIO. Floresta Nacional de Irati. Disponível em: <http://www4.icmbio.gov.br/flonas/index.php?id_menu=74>. Acesso em: 15/12/2012.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1, 1992. 92p.

IPARDES. **Diagnóstico sócio econômico do território Centro-Sul do Paraná**, 2007, 144p.

KANIESKI, M. R; ARAUJO, A. C. B; LONGHI, S. J. **Quantificação da diversidade em floresta ombrófila mista por meio de diferentes índices alfa**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 88, p 567-577, dezembro, 2010.

KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. P. **The enigma of tropical homegardens**. Agroforestry Systems. v. 61, 2004, p. 135-152.

LAL, R.; LOGAN, T. J. **Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics**. In: Lal, R.; Kimble, J. M.; Levine, E.; Stewart, B. A. (ed) Soil management greenhouse effect. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 293-307.

LOMBARDI, K. C. **Nova estratégia no estudo das interações de estruturas orgânicas com componentes inorgânicos do solo com vistas à degradação de agrotóxicos e ao sequestro de carbono, e a contribuição de macrofungos na**

formação de matéria orgânica de solos. Curitiba-PR, 2005. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistemas plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** Associação Nacional para Difusão de Adubos. São Paulo, 2004. 110 p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. (ed). **Fertilidade do solo.** Viçosa, 2007. p. 1-64.

LOSS, A. et al. **Fertilidade e carbono total e oxidável de Latossolo de Cerrado sob pastagem irrigada e de sequeiro.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 43, n. 3, 2013, p. 426-432.

LOSS, A.; et al. **Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica.** Comunicata Scientiae, v.1, n. 1, 2010, p. 57-64.

LOURENÇO, J. N. P. de.; SOUSA, S. G. A. de.; LOURENÇO, F. S. de.; GUIMARÃES, R. R. dos.; CAMPOS, L. S. da.; SILVA, R. L. da.; MARTINS, V. F. C. **Agrobiodiversidade nos quintais agroflorestais em três assentamentos na Amazônia Central.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 4, n. 2, 2009, p. 965-969.

MACHADO, M. A. de M.; FAVARETTO, N. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos. In: LIMA, M. R. de. (ed.) **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos.** Curitiba: UFPR, 2006. p. 233-254.

MAFRA, A. L.; et al. **Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais.** Árvore, Viçosa, v. 32, n.2, 2008, p. 217-224.

MALAVOLTA, E. Noções gerais sobre o solo. In: **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo.** São Paulo, 1976. p. 121-157.

MAZZA, C.A.S.; MAZZA, M.C.M., SANTOS, J.E. SIG aplicado à caracterização ambiental de uma unidade de conservação Floresta Nacional de Irati, Paraná. In:

ANAIS XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: INPE. 2005.

MENDONÇA, E. S. de.; MATOS, E. S. da. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005,107p.

MINEROPAR. Projeto serviço geológico nos municípios. **Avaliação geológica e geotécnica para o planejamento territorial e urbano do município de Irati**. Relatório final. v.1. Curitiba, 2005. 94p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Bioma Mata Atlântica**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>> acesso em 15/01/2013.

MONTAGNINI, F; NAIR, P. K. R. **Carbon sequestration an underexploited environmental benefit of agroforestry systems**. Agroforestry Systems. v. 61, 2004, p. 281-295.

MORAES, C. M.; GOMES, G. S. Breve ensaio sobre a memória da paisagem do Bairro de Engenheiro Gutierrez em Irati, Paraná. In: SEMANA DE HISTÓRIA (4) **Anais...Irati**, 2008. CD ROM.

MOTTA, A. C. V.; LIMA, M. R. de. Princípios de calagem. In: LIMA, M. R. de. (ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR, 2006. p. 191-232.

MOTTA, A. C. V.; SERRAT, B. M. Princípios de adubação. In: LIMA, M. R. de. (ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR, 2006. p. 143-190.

NAIR, P. K. R. **Classification of agroforetry systems**. Agroforestry Systems. v. 3, 1985, p. 97-128.

NAIR, P. K. P. 1986. **An Evaluation of the Structure and Function of Tropical Homegardens**. Agricultural Systems 21: 279-310.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. London: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M.; HAILE, S. G. **Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal.** Environmental Science & Policy. v.12, 2009, p.1099-1111.

NETO, F. C. V.; TIEPOLO, G. **Sistemas Agroflorestais e Carbono- Experiência nas Américas.** In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 5; 2004, Curitiba. "SAFs: Desenvolvimento com proteção ambiental". Anais... Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 1. CD.

OLIVEIRA, L. P. de. **Carbono e nutrientes no solo e na serrapilheira em Floresta Ombrófila Mista Montana e plantio de *Pinus elliottii* engelm.** Irati-PR, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste.

ORREDA, J. M. **História de Irati II.** Irati, 1974, 244p.

PAULA, V. I. **Análise Química Instrumental.** Centro Universitário Padre Anchieta. Jundiaí-SP, 2012.

PINHO, R.C. **Quintais agroflorestais indígenas em área de savana (lavrado) na terra indígena Araçá, Roraima.** Dissertação (Mestrado em Biologia Tropic e Recursos Naturais), INPA/UFAM, Manaus, 2008.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHIERI, H. R. **Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e sócio-econômicos.** Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/TrabRibaski.htm>> acesso em 10/12/2010.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil, aspectos sociológicos e florísticos.** São Paulo, 1976.

RONDON NETO, R. M.; BYCZKOVSKI, A.; WINNICK, J. A.; SIMÃO, S. M. M.; PASQUALOTTO, T. C. **Os quintais agroflorestais do assentamento rural Rio da Areia, município de Teixeira Soares, PR.** Cerne, v. 10, n. 1, 2004. p. 125-135.

ROSCOE, R. & MACHADO P. L. O. **Fracionamento Físico do Solo em Estudos da Matéria Orgânica.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002, 86p.

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

ROSOLEM, C.A.; et. al. **Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.41, n. 6, p. 1033-1040, jun. 2006.

SÁ, J.C.M.; SA, M.F.M.; SANTOS, J.B. & OLIVEIRA, A. Dinâmica da Matéria Orgânica nos Campos Gerais. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.443-461.

SAHA, S. K.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M. **Soil carbon stock in relation to plant diversity of homegardens in Keraba, India**. Agroforestry Systems. v.76, 2009, p.53-65.

SALET, R. L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. Porto Alegre-RS, 1998. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHOENEBERGER, M. M. **Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands**. *Agroforest Syst.* v.75, 2009, p.27-37.

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. de. (ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR, 2006. p. 125-142.

SILVA, I. C.; GOMES, G. S. Sistemas agroflorestais: bases conceituais e uso no sul do Brasil. In: SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS (9) **Anais...** Irati, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre, 2004, 400p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; et. al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SNUC. As unidades de conservação brasileiras. In: **O sistema nacional de unidades de conservação da natureza**. 2011. 16p.

TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Importância do estudo da fertilidade do solo. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre, 2004. p. 9-19.

TEDESCO, M. J., et. al. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 113-136.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADE, J.M.; UEHARA, G. (Ed.) **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu, University of Hawaii. 1989, p. 5-32.

TITO, M. R.; LEÓN, M. C.; PORRO, R. **Guia para determinação de carbono em pequenas propriedades rurais**. Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF). 1 ed. Belém, 2009. 81 p.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. Solo. In: **Solos e fertilidade do solo**. 6.ed. São Paulo, 2007. p. 15-30.

VEZZANI, F. M., et. al. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 483-493.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. Carbono orgânico total do solo. In: MENDONÇA, E. S. de.; MATOS, E. S. da. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa, 2005. p. 07-13.

ANEXOS

ANEXO 1. Questionário aplicado aos alunos da comunidade de Guamirim.

UNICENTRO/CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL/LABORATÓRIO DE
AGROSSILVICUTURA

ESCOLA ESTADUAL NOSSA SENHORA DE FÁTIMA- GUAMIRIM, IRATI

NOME: _____ TURMA: _____

LOCALIDADE ONDE MORA:

1. Há quanto tempo sua família mora nesse local? _____

2. A casa é: () Própria () Alugada

3. Na sua casa tem:

() Horta () Pomar () Quintal

4. Há árvores próximo à casa?

() Sim () Não

Se sim quantas aproximadamente: () até 3 () de 3 a 10 () mais que 10

Cite algumas

espécies: _____

5. Qual o espaço que a área com horta, pomar ou quintal ocupa em relação ao tamanho dessa sala de aula? () uma vez () duas vezes () três vezes () Mais

6. Na sua opinião, e da sua família, qual a importância desse espaço?

7. Quem costuma cuidar desse espaço?

8. O que sua família costuma utilizar que é produzido nesse espaço?

ANEXO 2. Teor e estoques de carbono apresentando coeficiente de variação e valor de F calculado.

Sistemas	Teor de C	Estoque de C	Estoque de C CHN
0-5cm			
Q.R	24,53 b	8,48 a	11,86 ab
Q.P	24,53 ab	9,50 a	17,28 a
P.D	21,32 b	8,80 a	10,92 b
FN	32,75 a	8,31 a	11,0 b
F calculado	7,41**	0,24 ns	4,04*
CV%	13,82	22,46	21,76
5-10cm			
Q.R	22,02 a	7,21 a	11,55 ab
Q.P	22,21 a	8,29 a	15,0 a
P.D	19,78 a	8,14 a	10,81 ab
FN	26,00 a	8,12 a	9,80 b
F calculado	2,24 ns	0,44 ns	3,74*
CV%	15,3	18,22	18,04
10-20cm			
Q.R	17,25 a	11,21 a	19,32 a
Q.P	19,11 a	13,70 a	21,65 a
P.D	15,58 a	14,28 a	19,83 a
FN	19,82 a	12,32 a	14,36 a
F calculado	0,50 ns	0,24 ns	0,73 ns
CV%	29,88	43,45	37,7
20-40cm			
Q.R	18,04 a	21,39 a	32,92 a
Q.P	15,31 a	23,17 a	41,32 a
P.D	14,42 a	22,68 a	34,08 a
FN	22,31 a	30,66 a	30,50 a
F calculado	0,99 ns	1,13 ns	1,77 ns
CV%	35,19	30,97	18,47
Médias das profundidades			
Q.R	19,15 a		
Q.P	18,27 a		
P.D	16,24 a		
FN	23,45 a		
F calculado	2,07 ns		
CV%	21,09		

ANEXO 3. Atributos químicos apresentando coeficiente de variação e valor de F calculado.

ATRIBUTOS QUÍMICOS											
Sistemas	pH	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	M.O	P	CTC	V
	CaCl2	cmolc/dm ³					g/dm ³		mg/dm ³	pH 7	%
0-5 cm											
Q.R	5,83 a	1,65 a	9,70 a	4,37 ab	14,07 a	0,20 b	3,98 b	42,20ab	303,20 a	19,71 a	78,75 a
Q.P	5,64 a	1,08 a	10,27 a	4,97 a	15,23 a	0,02 b	4,19 b	42,20ab	148,97 a	20,51 a	79,37 a
P.D	4,95 ab	0,19 b	5,95 ab	4,02 ab	9,97 a	1,04 ab	6,44 b	36,67 b	6,87 b	16,61 a	60,02 a
FN	3,85 b	0,29 b	1,78 b	1,27 b	3,05 b	3,46 a	15,36 a	56,32 a	4,10 b	18,71 a	18,15 b
F calculado	7,87**	10,37**	11,66**	3,96*	11,91**	7,26**	15,59**	7,41**	20,07**	2,22 ns	12,66**
CV %	12,43	14,86	33,23	44,72	30,05	91,38	34,6	13,82	28,69	11,55	27,34
5-10 cm											
Q.R	6,03 a	1,17 a	10,17 a	5,12 a	15,30 a	0,06 b	3,75 b	37,87 a	295,32 a	20,22 a	80,92 a
Q.P	5,34 a	0,91 a	9,70 a	4,60 a	14,30 a	0,17 b	4,93 b	38,20 a	136,13 a	20,14 a	75,17 a
P.D	5,03 ab	0,18 b	5,68 ab	3,90 ab	9,57 a	1,50 ab	7,18 ab	34,02 a	12,02 b	16,94ab	57,02 a
FN	3,78 b	0,18 b	0,83 b	1,10 b	1,92 b	4,36 a	13,53 a	44,72 a	2,32 b	15,64 b	13,82 b
F calculado	8,45**	19,88**	11,44**	5,62*	11,63**	5,60*	7,40**	2,24 ns	18,19**	7,36**	10,76**
CV %	12,84	11,55	39,28	41,27	35,06	102,74	42,14	15,3	13,04	9,11	32,81
10-20 cm											
Q.R	5,65 a	0,84 a	7,93 a	4,52 a	12,45 a	0,66 b	4,94 b	29,67 a	117,15 a	18,23 a	71,50 a
Q.P	4,70 ab	0,63 a	6,60 ab	4,07 ab	10,67 ab	1,17 ab	8,30 ab	32,86 a	14,50 ab	19,59 a	58,07 ab
P.D	4,85 ab	0,12 b	4,63 ab	3,37 ab	8,00 ab	2,14 ab	8,58 ab	26,80 a	2,62 bc	16,70 a	49,30 ab
FN	3,77 b	0,13 b	0,63 b	1,57 b	2,20 b	4,65 a	13,38 a	34,10 a	1,15 c	15,71 a	15,05 b
F calculado	4,84*	18,88**	5,74*	3,62*	5,77*	3,99*	3,61*	0,50 ns	14,35**	3,48 ns	5,56*
CV %	14,72	14,02	54,31	40,28	45,03	78,89	41,3	29,88	17,66	9,8	42,38
20-40 cm											
Q.R	4,73 a	0,71 a	3,80 a	2,82 ab	6,62 ab	2,41 a	9,04 a	31,02 a	24,25 a	16,38 a	45,42 a
Q.P	4,54 a	0,62 a	5,90 a	3,87 a	9,77 a	2,17 a	9,23 a	26,33 a	39,23 a	19,61 a	53,37 a
P.D	4,60 a	0,10 b	2,35 a	2,95 ab	5,30 ab	2,50 a	9,31 a	24,80 a	0,30 b	14,71 a	38,50 a
FN	3,80 a	0,08 b	0,67 a	0,77 b	1,45 b	4,66 a	13,28 a	33,17 a	0,67 b	14,81 a	10,37 a
F calculado	2,13 ns	26,57**	3,20 ns	5,87 *	4,61*	1,02 ns	1,11 ns	0,76 ns	9,18**	5,11*	3,57 ns
CV %	12,73	13,09	73,68	41,53	54,22	72,15	36,01	26,14	23,05	10,65	53,87

ANEXO 4. Frações de carbono oxidável apresentando coeficiente de variação e valor de F calculado.

Sistemas	F1	F2	F3	F4
-----g/dm ³ -----				
0-5 cm				
Q.R	1,13 a	0,40 a	1,04 b	31,76 a
Q.P	1,35 a	0,52 a	1,21 ab	41,67 a
P.D	0,95 a	0,21 a	1,06 b	25,66 a
FN	1,34 a	0,54 a	1,64 a	39,94 a
F calculado	1,19 ns	3,35 ns	4,91*	3,68*
CV %	29,18	39,74	20,34	21,73
5-10 cm				
Q.R	1,03 a	0,48 a	0,99 b	32,97 a
Q.P	1,20 a	0,47 a	1,20 b	37,43 ab
P.D	0,77 a	0,37 a	0,83 b	22,56 b
FN	0,96 a	0,46 a	2,11 a	27,76 ab
F calculado	1,81 ns	0,57 ns	12,07**	6,45*
CV %	23,03	27,14	24,07	14,80
10-20 cm				
Q.R	0,85 a	0,38 a	0,99 a	27,69 a
Q.P	0,89 a	0,37 a	0,85 a	28,12 a
P.D	0,63 a	0,31 a	0,89 a	19,77 a
FN	0,76 a	0,39 a	0,95 a	21,03 a
F calculado	1,25 ns	0,24 ns	0,30 ns	2,23 ns
CV %	26,60	43,33	22,97	23,56
20-40 cm				
Q.R	0,77 a	0,31 a	0,93 a	25,40 a
Q.P	0,81 a	0,36 a	0,86 a	25,87 a
P.D	0,50 a	0,32 a	0,86 a	20,16 a
FN	0,72 a	0,29 a	0,88 a	19,89 a
F calculado	2,43 ns	0,14 ns	0,14 ns	1,60 ns
CV %	18,80	47,45	18,70	20,09