

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**DISSERTAÇÃO**

**Qualidade do Solo e Avaliação Microeconômica de  
um Módulo Experimental de Produção Orgânica  
Intensiva de Hortaliças**

**Maria Gabriela Ferreira da Mata**

**2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**QUALIDADE DO SOLO E AVALIAÇÃO MICROECONÔMICA  
DE UM MÓDULO EXPERIMENTAL DE PRODUÇÃO ORGÂNICA  
INTENSIVA DE HORTALIÇAS**

**MARIA GABRIELA FERREIRA DA MATA**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Marcos Bacis Ceddia**

*e Co-orientação do Pesquisador*  
**José Guilherme Marinho Guerra**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ  
Agosto de 2012

631.584  
M425q  
T

Mata, Maria Gabriela Ferreira da, 1981-

Qualidade do solo e avaliação microeconômica de um módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças / Maria Gabriela Ferreira da Mata – 2012.

75 f. : il.

Orientador: Marcos Bacis Ceddia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo.

Bibliografia: f. 59-65.

1. Agricultura orgânica – Teses. 2. Economia agrícola – Teses. 3. Ciência do solo – Teses. 4. Mapeamento do solo – Teses. I. Ceddia, Marcos Bacis, 1968-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

**MARIA GABRIELA FERREIRA DA MATA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 10/08/2012.

---

Marcos Bacis Ceddia. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Raul de Lucena Duarte Ribeiro. Ph.D. UFRRJ

---

Robson Amâncio. Dr. UFRRJ

---

Sidney Rosa Vieira. Ph.D. IAC-SP

## **DEDICATÓRIA**

À minha querida mãe, Maria dos Santos Ferreira da Mata, que foi para mim o maior exemplo de amor, dedicação e cuidado.

A meu grande amor, Hugo, pela compreensão, carinho e companheirismo durante todos esses anos.

À minha irmã Janaina e à amiga Jenifer, pela amizade sincera.

E a todos meus amigos e amigas que compartilharam comigo momentos maravilhosos e também difíceis, contribuindo fundamentalmente para a pessoa que me tornei.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador, Prof<sup>o</sup>. Marcos Bacis Ceddia, pela compreensão, ensinamentos e apoio;

Ao meu Co-orientador, José Guilherme Marinho Guerra, pesquisador da Embrapa Agrobiologia, pela confiança, incentivo e ensinamentos;

Ao Prof<sup>o</sup>. Raul de Lucena Duarte Ribeiro, exemplo de conhecimento e simplicidade;

Ao amigo Zé Dias, que contribuiu para que isso tudo acontecesse;

Aos trabalhadores da Fazendinha, João, Estevão, Juarez, Seu Darci, Zé Maria, Edmar, Pedro pela grande amizade, auxílio e dedicação, fundamentais para a realização deste estudo;

Ao Prof<sup>o</sup> Robson Amâncio, pelo apoio na análise econômica dos dados;

À Professora Érika Flávia Machado Pinheiro, Departamento de Solos (UFRRJ), pelo apoio nas análises de matéria orgânica;

Aos professores e funcionários do Departamento de Solos, pelo conhecimento e amizade;

Ao Naldo, do Laboratório de Agricultura Orgânica da Embrapa Agrobiologia, pelo apoio e alegria;

Aos bolsistas do Laboratório de Física e Ciclagem do Departamento de Solos (UFRRJ), pela contribuição com as análises de solos;

Ao Grupo de Pesquisa Água e Solo em Sistemas Agrícolas (GPASSA), pelos dados meteorológicos;

À Embrapa Agrobiologia, pela infraestrutura concedida para a realização deste estudo;

À UFRRJ e ao CPGA-CS, pela oportunidade e ensinamentos;

Ao CNPQ, pela bolsa de estudos;

A FAPERJ, pelo financiamento do projeto;

E a todos e todas que participaram, direta ou indiretamente, da construção deste trabalho, mesmo não sendo citados, são peças importantes para a sua realização.

## RESUMO

MATA, Maria Gabriela Ferreira da. **Qualidade do solo e avaliação microeconômica de um módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças.** 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Sistemas de produção orgânica se tornaram uma alternativa importante para a produção agrícola porque promovem o equilíbrio ambiental e conservam a biodiversidade sem o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos. No entanto, a produção orgânica tem enfrentado um grande desafio, que não é só gerar tecnologias para os agricultores, mas também reduzir o custo dos produtos para os consumidores. Considerando este desafio, em 2010, um módulo de pesquisa de produção orgânica foi instalado, a fim de avaliar a qualidade do solo e sua viabilidade econômica. O módulo de pesquisa tem um hectare de área e tem sido intensamente cultivado com hortaliças. A fim de monitorar e mapear a variabilidade espacial da qualidade do solo utilizando técnicas geoestatísticas, amostras de solo foram coletadas a 0,20 m de profundidade, de acordo com uma grade regular com espaçamento de 5 x 5 metros. No total, 294 amostras foram coletadas no mês de agosto de 2010 e 2011. As coordenadas de cada ponto de amostragem foram obtidas através de um DGPS modelo TRIMBLE PRO XT. Em cada amostra de solo, os atributos analisados foram: textura, carbono orgânico total, a fração de leve do carbono orgânico, pH, Al, P, K, Ca e Mg. A viabilidade econômica do módulo foi avaliada a partir da relação custo-benefício, obtido a partir da relação entre a receita bruta e o custo total no período de abril de 2011 a março de 2012. As despesas foram registradas principalmente com gastos em trabalho, matérias-primas, máquinas e irrigação. A receita bruta do módulo foi calculada a partir da simulação de venda da produção no comércio local e feiras orgânicas na cidade do Rio de Janeiro. A Geoestatística provou ser uma ferramenta adequada para avaliar as alterações nos atributos dos solos do módulo experimental. Todos os atributos apresentaram dependência espacial, e os modelos do tipo gaussiano e esférico foram os que melhor se ajustaram aos semivariogramas experimentais dos atributos do solo. O ajuste dos semivariogramas permitiu gerar mapas de variabilidade espacial por krigagem ordinária. Embora seja necessário um maior período de monitoramento para tirar conclusões mais consistentes, foi observada uma diminuição significativa nos níveis de carbono orgânico total, especialmente nas áreas com menor teor de argila. Além disso, os níveis de fósforo e potássio no solo também diminuíram especialmente em áreas com o cultivo de hortaliças. A produção de hortaliças orgânicas no módulo experimental demonstrou ser economicamente viável em ambas as formas de vendas (comércio local e feiras orgânicas na cidade do Rio de Janeiro). No entanto, o lucro pode ser maior quando os produtos são comercializados diretamente ao consumidor, tais como feiras, como é o caso do Circuito Carioca de Feiras Orgânicas.

**Palavras-chave:** Agricultura orgânica. Análise econômica. Qualidade de solo. Geoestatística.

## ABSTRACT

MATA, Maria Gabriela Ferreira da. **Soil quality and microeconomic evaluation of an experimental module of intensive organic production.** 2012. 77p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Organic production systems have become an important alternative for agricultural production since they promote the environmental balance and conserve biodiversity without the use of synthetic fertilizers and pesticides. However, organic production has faced a major challenge, which is not only generating technologies for farmers but also to reduce the cost of products for consumers. Considering this challenge, in 2010, a research module of organic production was installed to assess the soil quality and its economic viability. The research module has one hectare of area and has been intensively cultivated with vegetables. In order to monitor and map the variability of the soil quality using geostatistical techniques, soil samples were collected at 0.20 m soil depth, according to a regular grid with spacing of 5 x 5 meters. Altogether 294 samples were collected in August of 2010 and 2011. The coordinates of each sample points were obtained by a DGPS TRIMBLE PRO XT. At each soil sample, the following soil attributes were analyzed: texture, total organic carbon, the light fraction of organic carbon, pH, Al, P, K, Ca and Mg. The economic viability of the module was evaluated from the benefit-cost ratio, obtained with the ratio between gross revenue and total cost for the period of April 2011 to March 2012. The expenses recorded were mainly from labor cost, raw materials, machinery and irrigation. The gross revenue of the module was calculated from the simulation of the production sale in local commerce and in organic public market in Rio de Janeiro city. The geostatistic proved to be an appropriate tool to evaluate the changes in the soils attributes of the experimental module. All soil attributes presented spatial dependence, and the Gaussian and spherical models showed better fits to experimental semivariograms of attributes. This behavior allows generating maps of spatial variability by ordinary kriging. Although it is necessary a longer period of monitoring to draw more consistent conclusions, we observed a significant decrease in the levels of total organic carbon, especially in the areas with lower clay content. Besides, the levels of phosphorus and potassium in the soil also decreased, especially in the areas cultivated with vegetables. The production of organic vegetables in the experimental module showed to be economically viable in both sale forms (local commerce and organic public market in Rio de Janeiro city). However, the income can be higher when products are marketed directly to consumers, such as in public markets, such as in the Circuit Carioca Organic Trade.

**Key words:** Organic farm. Economical analysis. Soil quality. Geostatistics.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema com dimensões da sustentabilidade.....	6
<b>Figura 2:</b> Descrição esquemática entre os atributos físicos do solo que afetam diretamente o desenvolvimento das culturas e a água com papel central (Letey, 1985). ....	8
<b>Figura 3:</b> Semivariograma experimental, modelo teórico e seus componentes (Silva, 2007).....	13
<b>Figura 4:</b> Imagem de satélite da Fazendinha Agroecológica km 47, localizada em Seropédica, Baixada Fluminense. O módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças está destacado em vermelho.....	16
<b>Figura 5:</b> Mapa de Glebas do Sistema Integrado de Produção Agroecológica – “Fazendinha Agroecológica km 47” (Dias, 2007). ....	17
<b>Figura 6:</b> Croquis da organização espacial módulo experimental, com a distribuição de cada gleba e sua área ocupada.....	18
<b>Figura 7:</b> Vista geral de uma gleba “Canteiros” do módulo experimental (25/05/2010). ....	19
<b>Figura 8:</b> (a) Consórcio de milho com mucuna preta (07/02/2011) e (b) consórcio de crotalária e quiabo (22/01/2011). ....	20
<b>Figura 9:</b> (a) Faixa de girassol e (b) ataque das maritacas ao milho (07/01/2011).....	21
<b>Figura 10:</b> Vista geral da gleba “Canteiros” do módulo experimental (26/06/2011). ....	22
<b>Figura 11:</b> (a) Cultivo de beterraba no telado (11/09/2011) e (b) folhas sem manchas necróticas de cercospora (28/08/2011). ....	22
<b>Figura 12:</b> (a) Vista do preparo e (b) do composto pronto para uso.....	23
<b>Figura 13:</b> Croquis dos pontos georreferenciados de retirada de amostras de terra do módulo experimental. ....	26
<b>Figura 14:</b> Semivariogramas de atributos do solo. ....	31
<b>Figura 15:</b> Mapa de variabilidade espacial de altitude e Mapa de variabilidade espacial de argila no módulo experimental. ....	32
<b>Figura 16:</b> Estratificação das classes texturais e sua área ocupada. ....	33
<b>Figura 17:</b> Mapas de variabilidade espacial do COT 2010 e 2011 e de Fração leve 2010 e 2011 no módulo experimental. ....	34
<b>Figura 18:</b> Estratificação das porcentagens de carbono e sua área ocupada no módulo experimental. ....	35
<b>Figura 19:</b> Estratificação das porcentagens de carbono e sua área ocupada no módulo experimental. ....	35
<b>Figura 20:</b> Mapas de variabilidade espaço-temporal do Carbono Orgânico Total e da Fração Leve no módulo experimental. ....	36
<b>Figura 21:</b> Estratificação das porcentagens da variabilidade espaço-temporal do carbono e sua área ocupada no módulo experimental. ....	37
<b>Figura 22:</b> Estratificação das porcentagens da variabilidade espaço temporal do carbono e sua área ocupada no módulo experimental. ....	37
<b>Figura 23:</b> Mapas de variabilidade espacial do alumínio em 2010 e 2011 e de pH em 2010 e 2011 no módulo experimental. ....	40
<b>Figura 24:</b> Estratificação dos níveis de alumínio e sua área ocupada no módulo experimental.....	41
<b>Figura 25:</b> Estratificação dos níveis de pH e sua área ocupada no módulo experimental. ....	41
<b>Figura 26:</b> Mapas de variabilidade espacial do cálcio + magnésio 2010 e 2011.....	42
<b>Figura 27:</b> Estratificação dos níveis cálcio + magnésio e sua área ocupada no módulo experimental.....	43
<b>Figura 28:</b> Mapa de variabilidade espaço-temporal de cálcio e magnésio no módulo experimental. ....	43

<b>Figura 29:</b> Estratificação das faixas da variabilidade espaço-temporal de cálcio e magnésio e sua área ocupada no módulo experimental. ....	44
<b>Figura 30:</b> Mapas de variabilidade espacial de fósforo 2010 e 2011 e de potássio 2010 e 2011 no módulo experimental. ....	45
<b>Figura 31:</b> Estratificação dos níveis de fósforo e sua área ocupada no módulo experimental. ....	45
<b>Figura 32:</b> Estratificação dos níveis de potássio e sua área ocupada no módulo experimental. ....	46
<b>Figura 33:</b> Mapas de variabilidade espaço-temporal do fósforo e do potássio no módulo experimental. ....	46
<b>Figura 34:</b> Estratificação das faixas da variabilidade espaço-temporal de fósforo e sua área ocupada no módulo experimental. ....	47
<b>Figura 35:</b> Estratificação das faixas da variabilidade espaço-temporal de fósforo e sua área ocupada no módulo experimental. ....	47
<b>Figura 36:</b> Detalhamento do custo mensal com mão de obra. ....	49
<b>Figura 37:</b> Comparação da renda por cultura na venda em Seropédica e no Rio de Janeiro. ....	52
<b>Figura 38:</b> Custos totais do módulo experimental. ....	54
<b>Figura 39:</b> Receitas brutas mensais do módulo experimental. ....	55
<b>Figura 40:</b> Receita líquida mensal do módulo experimental, no período de abril de 2011 a março de 2012, considerando a simulação de comercialização no CTUR/UFRRJ. ....	55
<b>Figura 41:</b> Receita líquida mensal do módulo experimental, no período de abril de 2011 a março de 2012, considerando a simulação de comercialização na Feira da Glória pertencente ao Circuito Carioca de Feiras Orgânicas. ....	56

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Espécies cultivadas no módulo experimental. ....	20
<b>Tabela 2.</b> Fonte de nutrientes para o cultivo das hortaliças no período de abril de 2011 a março de 2012 no módulo experimental. ....	23
<b>Tabela 3.</b> Teores de nutrientes dos adubos utilizados no cultivo das hortaliças no período de abril de 2011 a março de 2012 no módulo experimental. ....	23
<b>Tabela 4.</b> Produtos colhidos no período de abril de 2011 a março de 2012 no módulo experimental. ....	24
<b>Tabela 5.</b> Culturas e seus respectivos períodos de ocupação no módulo experimental, no período de janeiro de 2010 a abril de 2012. ....	25
<b>Tabela 6.</b> Estatística descritiva dos atributos dos solos da área do módulo experimental. ....	28
<b>Tabela 7.</b> Resumo das características dos semivariogramas dos atributos dos solos. ....	29
<b>Tabela 8.</b> Custos fixos para a implantação do módulo experimental. ....	48
<b>Tabela 9.</b> Detalhamento dos custos variáveis do módulo experimental. ....	49
<b>Tabela 10.</b> Detalhamento dos custos com mão de obra do módulo experimental. ....	49
<b>Tabela 11.</b> Resumo de custo com mão de obra no módulo experimental, no período de abril de 2011 a março de 2012. ....	50
<b>Tabela 12.</b> Detalhamento da colheita e receita bruta por cultura, no período de abril 2011 a março de 2012. ....	53

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Contexto da Horticultura no Estado do Rio de Janeiro e Seus Desafios .....	3
2.2. Conceito de Agroecossistemas Sustentáveis .....	5
2.3. Qualidade dos Solos em Sistemas Agrícolas .....	7
2.4. Geoprocessamento nos Sistemas Agrícolas .....	10
2.5. Variabilidade Espacial .....	12
2.6. Geoestatística .....	12
2.7. Viabilidade Econômica dos Sistemas Produtivos .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1. Caracterização da Área .....	16
3.2. Caracterização do Módulo Experimental .....	17
3.3. Manejo do Módulo Experimental .....	18
3.4. Sustentabilidade do Solo .....	26
3.4.1 Distribuição espacial das características físicas e químicas do solo .....	26
3.4.2 Amostragem do solo .....	26
3.4.3 Análise geoestatística .....	27
3.4.4 Elaboração dos mapas temáticos no SIG .....	27
3.5. Levantamento e Análise dos Dados Econômicos do Módulo Experimental .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1. Estatística Descritiva dos Atributos dos Solos .....	28
4.2. Análise de Geoestatística .....	29
4.3. Variabilidade Espacial dos Atributos do Solo .....	32
4.3.1. Altitude e textura do solo .....	32
4.3.2 Matéria orgânica do solo .....	33
4.3.3. Teor de alumínio e pH do solo. ....	39
4.3.4. Fertilidade do solo. ....	42
4.4. Análise Econômica do Módulo Experimental .....	48
4.4.1. Custos fixos e variáveis .....	48
4.4.2. Receitas bruta e líquida .....	52
4.4.3. Eficiência econômica do módulo experimental .....	56
5. CONCLUSÕES .....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a sustentabilidade dos agroecossistemas torna imperioso que se busquem práticas agrícolas que proporcionem além da manutenção, a melhoria das características dos sistemas agrícolas. A sustentabilidade passa por um conjunto de fatores, sendo estes: econômico, social e ambiental. O termo sustentabilidade é entendido nesse estudo como a capacidade de atender as demandas do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.

O desenvolvimento da agricultura agroecológica enfrenta diversas dificuldades, dentre estas destaca-se a necessidade de gerar tecnologias para o agricultor e ao mesmo tempo produtos orgânicos com menor custo para o consumidor. Nesse sentido algumas questões chave ainda carecem de pesquisa, são elas: o desenvolvimento de técnicas experimentais que consigam contemplar adequadamente a complexidade do sistema agroecológico, o aprofundamento na avaliação de índices técnicos de unidades de produção, bem como da sustentabilidade econômica.

No que se refere ao desenvolvimento de métodos de pesquisa em produção agroecológica, observa-se que as técnicas convencionais de pesquisa empregadas para geração de tecnologia para sistemas convencionais de produção não são adequadas. Os sistemas convencionais de produção são relativamente mais simples, uma vez as áreas de produção são cultivadas com monoculturas. Para esses sistemas de produção a experimentação agrícola emprega com sucesso delineamentos experimentais, onde se aplicam poucas variações de tratamentos experimentais (dose de adubo, irrigação, herbicidas e etc). Nesses experimentos, a análise estatística trabalha com dados com padrão de distribuição normal e as variâncias são homocedáticas. No entanto, os sistemas de produção agroecológicos são muito mais complexos, pois cultivam-se concomitantemente, diversas culturas com diversas combinações de consórcio e rotação de culturas. Assim, a própria pesquisa deve ser adequada à realidade de produção agroecológica, implicando na necessidade de instalação de experimentos de longa duração e com introdução de abordagens experimentais diferentes. Nesse caso existe um campo aberto para a aplicação combinada de diferentes ferramentas matemáticas e computacionais. Dentre estas destacam-se a geoestatística, técnicas multivariadas e sistemas de informação geográficas.

Outro aspecto fundamental a ser analisado é a viabilidade econômica dos empreendimentos agrícolas, condição essencial para inferir sobre a sustentabilidade das unidades de produção. Dentro dessa concepção, se faz necessário analisar os componentes de custos e receitas, haja vista que dentro de um contexto de mercado altamente competitivo somente serão adotadas tecnologias que efetivamente trouxerem retorno financeiro ao agricultor.

De acordo com o exposto acima, no presente estudo formulou-se a hipótese de que uma unidade de produção orgânica cultivada intensivamente com hortaliças é sustentável nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense. Para testar esta hipótese foi implantado um módulo experimental de longa duração, com 1 ha e priorizando o cultivo diversificado, com forte ênfase em espécies do grupo das hortaliças folhosas. Além disso, deu-se ênfase à produção “in situ” de biomassa vegetal, no emprego de fertilizantes orgânicos de origem vegetal preparados, no próprio módulo, e no uso de caldas alternativas e agentes biológicos de controle fitossanitário. Visando caracterizar e modelar a variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos dos solos, empregou-se técnicas geoestatísticas e os dados de solos e produção foram georreferenciados e armazenados em um sistema de informação geográfico.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade econômica e do solo de um módulo experimental de 1 ha de produção orgânica intensiva de hortaliças em Seropédica – RJ. Os objetivos específicos foram: a) avaliar a variabilidade espacial da textura e dos atributos químicos (carbono orgânico total e na fração leve, pH, Al, P, K, Ca e Mg); b) elaborar mapas temáticos, interpolando atributos químicos e físicos dos solos da área, visando a construção de uma base de dados que possibilite fazer inferências, monitorar e avaliar a sustentabilidade do solo; c) avaliar a viabilidade econômica do módulo experimental, através da relação benefício-custo (RB/C).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Contexto da Horticultura no Estado do Rio de Janeiro e Seus Desafios

O estado do Rio de Janeiro reúne condições satisfatórias para produzir uma diversidade de culturas agrícolas, com destaque para as hortaliças. As áreas com vocação para produção, nas regiões da baixada metropolitana e serrana fluminense, estão situadas próximas de um grande pólo consumidor, a capital Rio de Janeiro. O Estado do Rio de Janeiro caracteriza-se por ter o quinto maior consumo per capita anual de hortaliças (30 kg), o maior da região sudeste (média de 28 kg), maior que a média do Brasil (27 kg), sendo que o Rio Grande do Sul apresenta o maior consumo per capita anual (46 kg) (IBGE/POF 2008-2009).

O cultivo é realizado em pequenos estabelecimentos, em regime intensivo, apresentando características de produção familiar. Todavia, tais unidades de produção empregam tecnologias industrializadas como fertilizantes sintéticos e agrotóxicos o que, via de regra, resulta em agressão ao ambiente (Sudo et al., 1997; Oliveira et. al., 2001). A dependência quanto ao emprego de insumos industriais externos representa a principal fonte de custos monetários dessas unidades de produção.

O manejo desses agroecossistemas apresenta baixa sustentabilidade, comprometendo tanto a conservação ambiental, por meio de contaminação do solo e dos recursos hídricos, quanto a saúde dos agricultores e de seus familiares (Aquino, 2005; Souza, 2007). Por isso, a olericultura convencional, apesar de gerar empregos e fixar o homem no interior do Estado, tem resultado em impactos expressivos quanto à degradação ambiental (Kozioski e Ciocca, 2000; Oliveira, 2002).

Há uma crise mundial em curso, contribuindo para a elevação dos custos monetários dos insumos sintéticos, principalmente os fertilizantes nitrogenados, o que torna os sistemas de produção convencionais cada vez mais dispendiosos, acarretando maior vulnerabilidade na agricultura familiar. Em contrapartida, a demanda por alimentos saudáveis, produzidos em agroecossistemas ecologicamente sustentáveis e que fazem uso de tecnologias amigáveis em relação ao ambiente, é cada vez maior (Vásquez et. al, 2008).

Nesse contexto, buscando aperfeiçoar os sistemas de produção, fortemente dependentes do emprego de insumos sintéticos, urge a necessidade de se buscar alternativas viáveis também no cultivo de hortaliças em unidades sustentáveis de base familiar (Dias, 2007).

Adotar processos de produção que visem à melhoria das condições de vida dos olericultores familiares fluminenses é uma medida salutar para se buscar a sustentabilidade dos sistemas de produção. Uma das alternativas viáveis é o uso da adubação verde com leguminosas, através da fixação biológica do nitrogênio atmosférico, o que possibilita a redução drástica do consumo de fertilizantes nitrogenados sintéticos, bem como suprir parcialmente a demanda por adubação orgânica, haja vista que a disponibilidade de esterco tem apresentado uma marcante redução, principalmente na região fluminense, sendo esta uma situação que tem se generalizado também em todo o sudeste brasileiro.

Nesse sentido, a agricultura orgânica surge como modelo alternativo à agricultura de base industrial, pois procura promover o equilíbrio ambiental, conservar a biodiversidade, excluir o uso de fertilizantes sintéticos concentrados, agrotóxicos e reguladores de crescimento. Para alcançar tais metas, preconiza-se que os sistemas de produção orgânica entre outras medidas, foquem no uso da rotação de culturas e o manejo dos resíduos culturais (Oliveira et. al., 2001; Gliessman, 2001; Altieri, 2002; Altieri, 2004; Neves et. al., 2005; Vasquez et. al., 2008).

O estado do Rio de Janeiro destaca-se nacionalmente por ser um dos pólos de produção e comercialização de alimentos orgânicos (Assis e Romeiro, 2007). Mesmo apresentando limitação territorial, há uma diversidade de ecossistemas que propiciam a produção de diversos gêneros agrícolas, destacando-se as hortaliças, frutas, raízes e grãos.

A ascensão da agricultura orgânica no Rio de Janeiro inicia-se de forma mais sólida no ano de 1979, com a fundação a Cooperativa de Consumidores de Produtos Naturais (Coonatura). A Coonatura foi criada inicialmente como um espaço para socialização e a criação de projetos, porém com mais um ano de fundação estruturou-se em torno do consumo de alimentos orgânicos. Como esses produtos eram escassos, iniciou-se um estímulo a criação de grupos de produtores orgânicos, primeiramente em Petrópolis, depois em Nova Friburgo e Teresópolis. Concomitante a produção também surgiu a necessidade de buscar um mercado especializados para os produtos orgânicos (Oliveira, 2010).

Nesse contexto, em 1985, surge a ABIO – Associação de Agricultores Biológicos do Rio de Janeiro – criada por agricultores orgânicos e técnicos engajados em buscar formas associativas para promover a comercialização dos produtos anteriormente escoada individualmente. Assim, em 1988, ocorre em Nova Friburgo a primeira feira especializada de orgânicos do Brasil e anos mais tarde, em 1995, foi inaugurada na cidade do Rio de Janeiro, a Feira Ecológica da Glória. Desde então, o movimento se expandiu com a criação de diversas feiras orgânicas no estado (Fonseca, 2009).

Recentemente, ocorreu o crescimento das vendas diretas de alimentos orgânicos na cidade do Rio de Janeiro com a instalação do Circuito Carioca de Feiras Orgânicas, no início de 2010. Cinco feiras orgânicas compõem o circuito, nos bairros Glória, Peixoto, Ipanema, Jardim Botânico e Leblon. O Circuito foi criado através da parceria da ABIO com a Secretaria Especial de Desenvolvimento Econômico Solidário (SEDES) com o consentimento das Associações de Moradores dos bairros de cada localidade das feiras (Fonseca, et al.,2011).

Os agricultores familiares e pequenos produtores que participam das feiras são submetidos a mecanismos para garantir a origem orgânica de seus produtos. No Brasil são regulamentadas três formas de garantia: certificação, sistemas participativos de garantia (SPG) e controle social para a venda direta (Lei 10.831/2003). Os agricultores membros da ABIO optaram pelo SPG como mecanismo de avaliação da conformidade orgânica. Estão no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, organizados em 11 núcleos e a ABIO funciona como Organismo Participativo de Avaliação da Conformidade (OPAC), credenciada desde dezembro de 2010 pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para emitir certificados (Fonseca, et al.,2011).

O Circuito Carioca de Feiras Orgânicas tem como princípios o comércio justo e solidário, a autogestão, a ética e a transparência financeira. E como objetivos a construção de canais de venda direta de produtos orgânicos, o aumento ao acesso desses alimentos pela população e o crescimento da agricultura orgânica no estado. Vale a pena destacar que, as cinco feiras do Circuito Carioca de Feiras Orgânicas movimentam anualmente quase R\$ 2,5 milhões (dois e meio milhões de reais), mostrando-se um excelente canal de comercialização para pequenos produtores (Fonseca, et al.,2011).

Todavia, ainda são poucas as unidades de produção orgânica, apesar do esforço das instituições de ensino e pesquisa sediadas no estado do Rio, a parte científica e tecnológica para subsidiar a expansão de tais sistemas de produção ainda é restrita.

Num diagnóstico realizado com agricultores orgânicos do município de Paty do Alferes – RJ, foi identificado que as propriedades acompanhadas apresentaram sérios problemas econômicos (Abboud et. al., 2005). Isso evidencia os maiores desafios da agricultura familiar no que diz respeito à gestão espaço-temporal da unidade de produção, à comercialização de seus produtos e, conseqüentemente, à sua sustentabilidade financeira, sendo esses aspectos particularmente importantes nas unidades orgânicas.

A crescente preocupação com a sustentabilidade dos sistemas de produção e, conseqüentemente, com o uso adequado dos recursos naturais, visando atender também gerações futuras, impõe novas demandas, para as pesquisas relacionadas à gestão do meio ambiente. Nesse contexto, gerar conhecimentos que contribuam para a sustentabilidade de sistemas intensivos de produção de hortaliças em regime de cultivo orgânico, com ênfase no monitoramento de nutrientes, pode representar expressivo avanço para a melhoria da qualidade de vida dos agricultores do estado do Rio de Janeiro. Além de propiciar condições para a expansão da oferta de hortaliças orgânicas no estado.

## 2.2. Conceito de Agroecossistemas Sustentáveis

No ano de 1987 o conceito de sustentabilidade foi definido no Relatório de Brundtland, “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. O imperativo da mudança de paradigma da agricultura convencional foi evidenciada na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO-92), quando a maioria dos países membros reconheceu a necessidade de agregar o conceito de sustentabilidade ao padrão de produção agrícola.

Segundo Moura (2004), entre os estudos que tratam do desenvolvimento sustentável, um consenso é o reconhecimento da insustentabilidade dos padrões de desenvolvimento da sociedade contemporânea, sendo fundamental a necessidade de conciliar o crescimento econômico com justiça social e coerência ecológica.

Para o Ministério do Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável pode ser definido como “a manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e da produtividade agrícola; o mínimo de impactos adversos ao meio ambiente; retorno adequado aos produtores; otimização da produção com o mínimo de insumos externos; satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda; atendimento às demandas sociais das famílias e das comunidades rurais” (MMA, 2000).

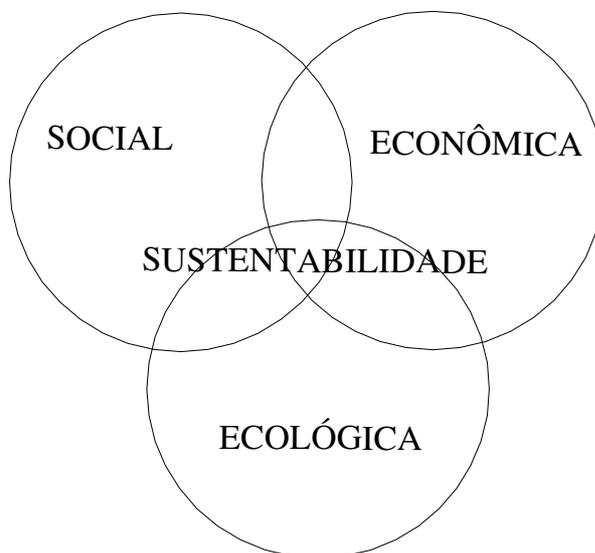
O conceito de desenvolvimento sustentável aplicado à agricultura significa que a evolução dos agroecossistemas deve levar em conta, simultaneamente, pelo menos três dimensões: econômica, ecológica e social, para análise das relações sociedade-natureza (Figura 1). Estas dimensões são detalhadas por Gips, citado por Reijntjes (1994):

- **economicamente viável** – significa que os agricultores podem produzir o bastante para garantir sua autossuficiência e/ou uma renda suficiente e conseguem obter os retornos necessários para garantir a remuneração do trabalho e cobrir os custos envolvidos. A viabilidade econômica é medida não apenas em termos do produto agrícola direto (colheita), mas também em termos de funções tais como a conservação dos recursos e a minimização dos riscos;

- **ecologicamente correta** – significa que a qualidade dos recursos naturais é mantida, e a vitalidade do agroecossistema inteiro – incluindo os seres humanos, as lavouras, os animais e até os microrganismos do solo – é melhorada. Isso é mais eficazmente garantido quando o solo é manejado e quando a saúde das lavouras, dos animais e das pessoas é mantida através de processos biológicos (autorregulação). Os recursos locais são usados de modo a minimizar as perdas de nutrientes, biomassa, energia e evitar a poluição. A ênfase recai sobre o uso de recursos renováveis;

- **socialmente justa** – significa que os recursos e o poder são distribuídos de modo a assegurar que as necessidades básicas de todos os membros da sociedade sejam atendidas e que sejam respeitados os direitos dos agricultores em relação ao uso da terra e ao acesso ao capital, assistência técnica e oportunidades de mercado adequadas. Todas as pessoas devem

ter a oportunidade de participar na tomada de decisões, tanto na atividade rural quanto na sociedade como um todo. A tensão social pode ameaçar todo o sistema social, inclusive a sua agricultura.



**Figura 1:** Esquema com dimensões da sustentabilidade.

Há um consenso de que o conceito de agricultura sustentável transmite a visão de um padrão produtivo que garanta a manutenção, a longo prazo, dos recursos naturais e da produtividade agropecuária, com o mínimo de impacto ao ambiente, otimização do uso de insumos externos e satisfação das necessidades humanas (Veiga, 2003). Nesse mesmo sentido, Gliessman (2001) destaca que o desafio de criar agroecossistemas sustentáveis é se aproximar aos aspectos dos ecossistemas naturais, com produtividade.

Lowrance et al (1986) apresentam sustentabilidade agrícola como um sistema que é dividido em quatro subsistemas tendo cada um deles um conjunto diferente de fatores que são: a) **sustentabilidade agrônômica**, que pode ser entendida como a capacidade que tem a menor unidade agrícola de produzir indefinidamente, respeitando os ciclos naturais e o equilíbrio dos agroecossistemas; b) **sustentabilidade microeconômica**, em nível de propriedade rural, denota a capacidade do agricultor de substituir a destinação de certas áreas, segundo estejam respondendo ou não às necessidades produtivas; c) **sustentabilidade ecológica**, em nível maior que a propriedade rural, refere-se à interação de florestas, fauna, flora, cursos d'água, agroecossistemas e áreas não cultivadas; d) **sustentabilidade macroeconômica**, refere-se aos planos nacionais e internacionais que determinam as políticas públicas de desenvolvimento sustentável.

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas tem como requisito fundamental a manutenção da qualidade do solo. Vale ressaltar que o solo é um componente fundamental da biosfera terrestre. Em 1862 toda sua importância já era notada, Friedrich Albert Fallon afirmava que *“não há mais nada em toda a natureza que seja mais importante ou que mereça mais atenção que o solo”*. Ao longo dos anos, vários autores também corroboram que o solo é a base da existência dos seres, pois ele nutre e fomenta toda a vida na Terra (Sparks, 1988; Doran & Parkin, 1994; Vaz et al., 2007).

No contexto da agricultura, um solo é considerado de alta qualidade quando suas características proporcionam um ótimo desenvolvimento das plantas. De uma forma mais abrangente, a sustentabilidade do solo está relacionada com a permanência de sua qualidade e a capacidade de produzir alimentos contribuindo com a melhoria da vida de animais, plantas e seres humanos. O solo está em equilíbrio dinâmico na natureza quando não manejado. À

medida que este solo é cultivado o equilíbrio pode ser modificado, piorando ou melhorando sua qualidade, de acordo com o manejo aplicado. Em virtude da crescente pressão aos solos e suas implicações na qualidade dos mesmos, a sociedade tem se atentado cada vez mais à sustentabilidade dos solos (Goedert & Oliveira, 2007).

A partir da década de 1980, iniciou-se um amplo debate em torno da sustentabilidade dos sistemas agrícolas buscando a construção de instrumentos que permitissem quantificar as modificações, os indicadores de sustentabilidade (Deponti et al, 2002). O monitoramento da qualidade do solo é fundamental para a identificação de problemas e correção de rumos (Karlen e Sott, 1994).

De forma simplificada são definidos três tipos de indicadores: os efêmeros, os intermediários e os permanentes, que estão relacionados com o tempo de suas mudanças no ambiente agrícola. Dessa forma, os efêmeros são aqueles que oscilam e em um curto espaço de tempo, como a atividade de microrganismo, a umidade e temperatura do solo, o pH, o teor de nutrientes, etc. Os intermediários são aqueles que precisam de alguns anos para se alterarem, como a estabilidade de agregados, a resistência à penetração, a densidade do solo, o teor de matéria orgânica, etc. Devido os indicadores intermediários apresentarem modificações graduais estes tem sido os mais escolhidos em estudos e acompanhamento da qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994). E por fim, os permanentes são atributos inerentes ao tipo do solo e praticamente imutáveis em tempo humano, como a cor, a densidade da partícula, a textura do solo, etc (Doran & Parkin, 1994; Islam & Weil, 2000).

### **2.3. Qualidade dos Solos em Sistemas Agrícolas.**

O conceito de solo está relacionado às diversas atividades que podem ser nele desenvolvidas. Dessa forma, para o âmbito da agricultura o solo é definido pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo como sendo “uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, formadas por materiais minerais e orgânicos”.

Letey em 1985, já abordava que os atributos físicos do solo que prejudicam o crescimento das culturas, destacando as quatro características físicas do solo que interferem de forma direta no desenvolvimento das plantas, são: oxigênio, água, resistência à penetração (RP) e temperatura. Da mesma forma Letey colocava que os parâmetros físicos do solo como textura, densidade, macro e microporos, agregados e sua estabilidade são rotineiramente medidos e largamente utilizados como indicadores da qualidade física do solo, porém de forma indireta com ligação ao crescimento vegetal.

As características fundamentais de um solo produtivo no âmbito de fertilidade física são: a sua capacidade de troca de ar e água, na quantidade adequada, e que o solo não apresente resistência à penetração pelo sistema radicular das plantas. Porém, esse é um ponto complexo, pois um mesmo solo pode apresentar uma estrutura física apropriada a uma certa cultura e não adequada à outra, variando também sua habilidade em prover água e ar às culturas em climas distintos (Ottoni Filho, 2003).

Silva et al. (2001) afirmaram que todos os fatores físicos do solo, diretamente relacionados ao crescimento das plantas, são condicionados pela compactação do solo e altamente dependentes de sua umidade. O aumento do grau de compactação e/ou a densidade do solo intensificam o efeito da umidade sobre a porosidade de aeração (PA) e a RP. Os autores também elucidam que para solos com estrutura adequada, a disponibilidade hídrica atua como limitante. Contudo a PA e a RP são mais sensíveis à deterioração física do solo do que a disponibilidade hídrica, assim essas atuam como limitantes quando a estrutura é degradada. A partir destas interações de dependência, é admissível o estabelecimento de uma faixa na qual a disponibilidade hídrica, a PA e a RP não restringem o crescimento das plantas:

o intervalo hídrico ótimo (IHO) (Silva et al., 1994). Nesse contexto, pode-se afirmar que de certa forma existe uma concorrência entre a PA e a disponibilidade hídrica para a produção agrícola. Isso pode ser exemplificado observando solos arenosos e argilosos, onde o primeiro apresenta maior aeração e permeabilidade, porém tem déficit hídrico e o segundo demonstra características inversas.

A resistência do solo à penetração (RP) é uma característica física importante na avaliação da qualidade do solo e seu manejo, pois representa as condições do crescimento do sistema radicular das culturas que pode ser limitado pela alta resistência mecânica do solo à penetração, devido a sua compactação. Importante ressaltar que, a RP é uma propriedade altamente variável, pois depende do conteúdo de água, da densidade do solo e da distribuição do tamanho de partículas, dificultando a interpretação dos resultados. Para que não ocorram erros na interpretação da determinação da resistência à penetração do solo através do penetrômetro alguns cuidados devem ser observados, como conhecer a quantidade de água, textura e a densidade do solo (Reichert et al, 2010).

A temperatura do solo também afeta o metabolismo das plantas, interferindo diretamente no desempenho da produção agrícola, isso ocorre de forma significativa em solos de clima temperado que apresentam congelamento em alguma época do ano. Nesse contexto, nos trópicos a temperatura não apresenta um atributo limitante para o desenvolvimento das plantas, não se caracterizando, assim, um indicador de qualidade.

A presença da água no solo é a característica dominante em relação aos quatro atributos fundamentais ao desenvolvimento das culturas no aspecto físico do solo. O esquema abaixo configura como os outros três atributos colocam-se em função da água:



**Figura 2:** Descrição esquemática entre os atributos físicos do solo que afetam diretamente o desenvolvimento das culturas e a água com papel central (Letey, 1985).

O solo é constituído de agregados formados de partículas argila, silte e areia as quais são cimentadas entre si pela matéria orgânica, que constitui um sistema coloidal complexo, onde ocorrem reações químicas, físico-químicas e microbianas. As partículas do sistema coloidal dos solos apresentam superfície específica com variações que dependem, especialmente, do tipo de mineral de argila e teores de matéria orgânica presente (Novais & Mello, 2007).

Analisando apenas o tipo de mineral argila, conclui-se que solos de regiões temperadas têm maior superfície específica que a grande parte dos solos subtropicais e tropicais. Todavia, a matéria orgânica do solo apresenta um alto grau de subdivisão, esta característica pode colaborar expressivamente com solos tropicais no que tange sua superfície específica, mesmo em pouca quantidade de matéria orgânica. Portanto, variando apenas o teor de matéria orgânica presente num mesmo tipo de solo, o que tiver maior quantidade, conseqüentemente, terá uma maior superfície específica.

A matéria orgânica e os minerais argila do solo apresentam elevada superfície específica, e devido a essa qualidade, estes materiais influenciam enormemente as propriedades de troca iônica dos solos. A retenção dos nutrientes no solo ocorre através da diferença de cargas elétricas do sistema coloidal (positivas e negativas) e das partículas acima citadas, proporcionando a adsorção de íons de cargas opostas. As plantas dependem fundamentalmente desses íons retidos para o seu bom desenvolvimento.

De forma simplificada, os nutrientes têm diferentes mobilidades, isso devido à força da ligação (covalente ou eletrovalente) desses nutrientes às partículas do solo. Dessa forma, os dois extremos são os N e P. O primeiro é muito móvel, retornando à atmosfera por desnitrificação ou volatilização e o segundo, é muito pouco móvel, em certas situações é definido como não-lixiviável.

De forma generalista, a matéria orgânica do solo (MOS) inclui todos os seres vivos e seus restos em seus diversos estágios de decomposição, podendo ser definida como a ação desses organismos sobre os resíduos da biomassa aérea e radicular das plantas incorporando o carbono ao solo. A principal fonte inicial da matéria orgânica são as plantas, pois essas fixam o gás carbônico em carbono mineral através da fotossíntese. Grande parte dos compostos orgânicos integrante da MOS são considerados de cadeia complexa, porém, estes são constituídos de elementos químicos elementares como: N, C, P, O, H e S. Na composição química a matéria orgânica é constituída, com valores aproximados, de: 58% de carbono (C), 33% de hidrogênio, 6% de oxigênio e 3% de N, P e S, cada (Silva & Mendonça, 2007).

A MOS é subdividida em matéria orgânica viva e não-vivente. A matéria orgânica viva é uma fração fundamental para o processo de alteração dos resíduos orgânicos do solo, mesmo com o pequeno percentual de 4% do carbono orgânico total (COT), sendo composta pelas raízes (5-10%), fauna do solo ou macrorganismos (15-30%) e microrganismos (60-80%). A matéria orgânica não-vivente fornece a maior parte do COT do solo, 98%, sendo composta pelo húmus, que é fração mais abundante e pela matéria macrorgânica (3-20%), também conhecida como matéria orgânica leve ou simplesmente fração leve, composta em grande parte por resíduos vegetais e diferentes estágios de decomposição. A fração leve é apontada por estudos como sendo um indicador mais sensível às diversas práticas de manejo, devido à sua composição por materiais mais lábeis, com menor tempo de ciclagem, que as substâncias húmicas (Silva & Mendonça, 2007).

As características e processos do solo são influenciados, direta e/ou indiretamente, pela MOS que tem como papel fundamental manter o metabolismo energético devido aos estímulos aos processos biológicos. Nesse sentido, ocorre o ingresso de diversos compostos orgânicos, iniciando com a fixação do C atmosférico através da fotossíntese, depois esses compostos são incorporados ao solo pelas raízes, e a mineralização (decomposição) dos restos vegetais. Esses compostos são a base para a manutenção de micro e macrorganismos que interagem com a MOS. Esse aspecto é a essência da preservação da ciclagem de nutrientes no solo e, conseqüentemente, a disponibilização às plantas de nutrientes facilmente assimiláveis (Silva & Mendonça, 2007).

Na maioria das classes de solos a MOS contribui com menos de 5% da fase sólida. Mesmo em pequena quantidade na fração sólida do solo, a matéria orgânica apresenta uma alta capacidade de interagir com seus atributos, modificando aspectos biológicos, químicos e físicos que afetam o desenvolvimento das plantas. A MOS tem características fundamentais que contribuem para a qualidade dos solos, no aspecto físico, a MOS atua como agente cimentante das partículas individuais do solo, contribuindo na formação e estabilidades dos agregados ou unidades estruturais. Os agregados são essenciais para a qualidade física do solo, interferindo na areação, capacidade de retenção de água e resistência à penetração pelas raízes. Para o aspecto químico, a MOS é fonte de nutrientes para as culturas, sendo liberada à

medida que ocorre a sua mineralização pelos microrganismos. A MOS também amplia a CTC do solo devido à sua capacidade de gerar cargas negativas, propriedade fundamental principalmente em solo com baixo teor de argila (Meurer, 2007).

Solos com elevada acidez, CTC baixa e alta capacidade de sorção de ânions (fosfato), geralmente encontram-se em regiões tropicais com clima úmido e estão em estágio avançado de intemperismo. Nesses casos, a matéria orgânica diminui a acidez, devido a complexação do Al trocável, aumenta a CTC e bloqueia os sítios de sorção de ânions. Vale ressaltar que, em solos tropicais a matéria orgânica contribui com mais de dois terços das cargas negativas. Dessa forma, a qualidade dos solos tropicais é, de modo fundamental, dependente da manutenção ou aumento da quantidade de MOS, principalmente em solos arenosos (Goedert & Oliveira, 2007).

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas no médio e longo prazo tem a MOS como elemento crucial para a conservação da qualidade química, biológica e física dos solos. Essas características somadas a sua sensibilidade às mudanças decorridas do manejo, fazem com que a MOS seja um ótimo indicador para o monitoramento da qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994; Mielniczuk, 1999; Silva & Mendonça, 2007).

A MOS é um dos indicadores base para detectar as mudanças da qualidade do solo em função do manejo realizado ao longo do tempo. Isso devido a dois fatores fundamentais: primeiro o teor da matéria orgânica do solo é muito sensível às atividades agrícolas, podendo ser perdida através da erosão do solo e da aceleração da decomposição microbiana. Vale a pena ressaltar que, especialmente, nos solos subtropicais e tropicais pode ocorrer a perda de 50% da matéria orgânica anteriormente acumulada nos primeiros anos de plantio. Outro ponto é que a matéria orgânica tem forte afinidade com atributos do solo como: fonte de nutrientes para as lavouras, estabilidade dos agregados, fonte de carbono, complexação de elementos, aeração, resistência à erosão, infiltração e retenção de água, etc (Mielniczuk, 2008).

Estudos mostram a queda da MOS em cinco anos quando o solo é submetido ao preparo convencional. Essa redução pode ser mais drástica em solos de textura arenosa, pois a MOS encontra-se desprotegida. A mineralização dos compostos orgânicos ocorre de forma ainda mais acentuada com o revolvimento do solo. Após a redução da matéria orgânica em um solo sua reposição é complexa e necessita um longo período (Goedert & Oliveira, 2007).

Nas regiões subtropicais e tropicais, onde existem matas nativas, o teor de carbono nos solos encontra-se estável. Esse valor pode ser considerado referência para o teor crítico da matéria orgânica para a indicação de qualidade desses solos. Nesse contexto, o declínio da matéria orgânica sinaliza que o manejo adotado pode estar prejudicando a qualidade do solo em relação à sua sustentabilidade ao longo dos anos (Mielniczuk, 2008).

## **2.4. Geoprocessamento nos Sistemas Agrícolas**

Em 1960, iniciou-se o manejo e manipulação de dados espacialmente relacionados, usando técnicas computacionais. Porém, a partir de 1990, com a maior disponibilidade de computadores com alta velocidade de processamento, esse conhecimento cresceu rapidamente, contribuindo fundamentalmente para a criação da ciência de geoprocessamento (Petersen et al., 1995).

Apoiado em técnicas computacionais e matemáticas, o geoprocessamento organiza informações geográficas (Câmara & Medeiros, 1998). O aparato computacional do geoprocessamento é denominado de sistemas de informações geográficas (SIG)<sup>1</sup>. O SIG pode

---

<sup>1</sup> SIG – O termo sistema significa que os SIG são constituídos de vários programas computacionais interrelacionados e ligados, mas com diferentes funções; o termo informação implica que os dados processados em um SIG podem ser transformados em informação; o termo geográfico significa que a localização dos dados é conhecida, ou pode ser calculada, em termos das coordenadas (latitude e longitude) (Bonham-Carter, 1996).

ser definido como conjunto de instrumentos de coleta, armazenamento, recuperação, transformação e apresentação dos dados na realidade (Burrough, 1990). Os SIG realizam análises complexas, ao associar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados<sup>2</sup>. Os dados geográficos em um SIG apresentam objetos do mundo real em termos de: sua posição em relação a um sistema de coordenadas (pode ser obtido através de GPS<sup>3</sup>); seus atributos (ex. cor, pH, custo) são relacionados a uma posição; e é possível simular interrelações entre atributos do mundo real para estudar o fenômeno e o relacionamento entre atributos (relação topológica<sup>4</sup>). Uma vez armazenados em um SIG, os dados podem ser acessados, transformados e manipulados interativamente. Eles podem servir como um campo de testes para estudos de processos ambientais ou para analisar os resultados de testes, ou ainda para antecipar possíveis resultados dos planos de decisão.

Os processos naturais ocorrem dentro das dimensões do mundo físico, ou seja, possuem expressão territorial e são providos de dinâmica. Portanto, os componentes espacial e temporal são elementos-chave para a compreensão de fenômenos de natureza ambiental. Isso leva à aprendizagem maior sobre a direção e a intensidade de um fenômeno, podendo ainda servir para prever novas ocorrências ou orientar a gestão de uma entidade física, por exemplo, uma unidade agrícola ou uma bacia hidrográfica. Esse conjunto de atividades pode então ser dividido em dois grandes grupos: o de diagnóstico, que considera o histórico de uma área e uma situação vigente e o de prognóstico, decorrente da combinação de situações que ocorrem ao longo do tempo e do espaço. Essas podem nortear decisões de futuras intervenções de manejo ou de previsão de fenômenos.

Para atender a essas demandas, as geotecnologias ou o geoprocessamento já têm sido utilizadas em muitos países, sobretudo na atividade agropecuária (Bober et al., 1996). Todavia, seu emprego nas condições brasileiras é ainda restrito.

Na agricultura, a utilização mais comum do geoprocessamento tem sido em sistemas de elevada utilização de insumos, tais como agrotóxicos e fertilizantes, além de mecanização agrícola sofisticada, a chamada “agricultura de precisão” (Sano et al., 1998; Assad et al., 1998; Schriever & Liess, 2007; Lesschen et. al, 2007; Bolca et al., 2007; Erdogan, 2007).

Com o geoprocessamento, a associação de imagens de fenômenos de naturezas diversas, registrados ao longo do tempo e possuindo um referencial geográfico, pode fornecer precisão. Gerar um diagnóstico sobre a situação de um determinado fenômeno – físico, químico ou biológico – em um sistema natural ou modificado pelo homem, levando em consideração suas particularidades e, sobretudo, sua heterogeneidade é a principal meta a ser alcançada com a aplicação de geoprocessamento na agricultura, considerando que a heterogeneidade é mais uma regra do que exceção no mundo real. No entanto, para fins de facilidade de análise, os métodos ortodoxos de pesquisa embasados na homogeneidade (de ambiente e de variância), se popularizaram, em detrimento dos métodos que reconhecem a heterogeneidade e as considerem na elaboração de modelos.

---

<sup>2</sup> Dados georreferenciados – são dados relacionados por meio de coordenadas, isto é, toda informação está relacionada a uma posição em um sistema de coordenadas.

<sup>3</sup> O Global Positioning System (GPS) foi desenvolvido pelos militares americanos para fins de determinação precisa do posicionamento de um ponto na superfície terrestre. A precisão do posicionamento fornecido pelo sistema é, de modo geral, 20 metros, o qual é baseado em uma probabilidade de erro de 5%. É possível diminuir ainda mais o erro de posicionamento com o emprego do GPS no modo diferencial (DGPS).

<sup>4</sup> Relação topológica – topologia é a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que pode ser estabelecida entre objetos geográficos. A capacidade de armazenar a topologia de um mapa é uma das características básicas que distinguem um SIG de um sistema CAD (Projeto Auxiliado por Computador) (Câmara & Medeiros, 1998).

## 2.5. Variabilidade Espacial

A variabilidade espacial pode ser influenciada devido a variações no agroecossistema como: estrutura do solo, topografia, características do lençol freático, microclima e práticas de manejo (Plant 2001). Baseando-se na independência entre as amostras e de técnicas como casualização e repetição, os experimentos agrícolas utilizam a estatística clássica para avaliação dos resultados, assim, a análise dos dados é feita sob a premissa de independência estatística ou distribuição espacial aleatória. Dessa forma, fazendo-se uso de métodos estatísticos como a análise de variância e de parâmetros como o coeficiente de variação.

Todavia, são recorrentes os casos de estudo em que a análise de variância não tem sentido quando não se pondera à distância entre as observações (Vieira, 2000). Nessas situações, é prescindível aceitar a existência de dependência espacial entre as observações. Nesse contexto, a avaliação dos dados através da geoestatística torna-se mais apropriada. A geoestatística objetiva o estudo dos fenômenos que flutuam no tempo e/ou no espaço, oferecendo uma relação de ferramentas determinísticas e estatísticas que possibilitam entender e modelar a variabilidade espacial (Deutsch & Journel, 1998).

No estudo de uma área para caracterizar um aspecto do solo tem-se o interesse de conhecer os pontos amostrados, mas também fazer inferências nos pontos não amostrados. Para essas estimativas é necessário conhecer o comportamento dos dados nos pontos amostrados através de modelos matemáticos. Nas situações em que se tem um conhecimento suficientemente detalhado dos processos físicos e químicos que geram os dados, permitindo entender o fenômeno como um todo, modelos determinísticos são apropriados (Isaaks & Srivastava, 1989).

## 2.6. Geoestatística

A geoestatística relacionada com os SIGs, representa uma ferramenta muito importante para o mapeamento da variabilidade espacial e temporal (Valeriano e Prado, 2001). Os conceitos de geoestatística têm suas bases teóricas em funções e variáveis aleatórias. Seria impossível a dedução de equações sem a submissão da função aleatória (contínua) a um grande número de hipóteses. Quando se necessita estimar dados para pontos não amostrados é fundamental que a variável regionalizada seja estatisticamente estacionária. Essa é estacionária se os momentos estatísticos da variável aleatória  $Z(x_i+h)$  forem os mesmos para qualquer vetor  $h$  (Vieira, 2000). De acordo com Deutsch & Journel (1998), a estacionariedade é uma propriedade do modelo e assim torna-se mais uma decisão do que uma hipótese de trabalho. De fato a estacionariedade é uma pressuposição do modelo e pode ser modificada com a disponibilidade de dados e com a escala do trabalho.

O semivariograma tem aspecto decisivo para a geoestatística, é a chave para perceber e apresentar a variabilidade espacial de forma quantitativa, como também realizar previsões a respeito do fenômeno estudado (McBratney & Webster, 1986). O semivariograma é uma função matemática, por definição, (eq-1) definida para representar o nível de dependência espacial entre duas variáveis aleatórias locais. Estas duas variáveis  $X$  e  $Y$  podem ser: o mesmo atributo em duas posições diferentes (autovariograma), dois atributos diferentes medidos na mesma posição (covariância das variáveis) e dois atributos diferentes medidos em duas posições (semivariograma cruzado).

$$2\gamma(h) = E\{[Z(x_i)-Z(x_i+h)]^2\} \quad (\text{eq-1})$$

onde:

$2\gamma(h)$  – é a variância em função do vetor  $h$ ;

$E$  – valor esperado;

$Z(x_i)$  – valor da variável na posição  $x_i$

$Z(x_i+h)$  - valor da variável na posição  $x_i+h$ .

O semivariograma (eq-2) pode ser estimado pela mesma função anterior acrescida do fator de divisão 2, função  $\gamma(h)$ . O fator 2 é utilizado com a finalidade de cancelamento e simplificação da equação.

$$\gamma(h) = (1/2N(h)) E\{[Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2\} \quad (\text{eq-2})$$

onde:

$2\gamma(h)$  – é a variância em função do vetor  $h$ ;

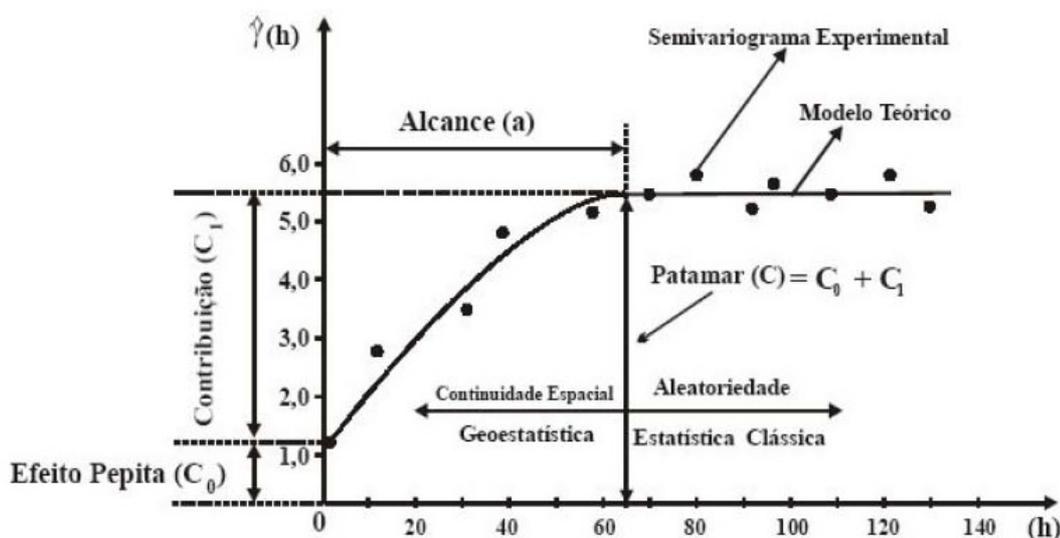
$E$  – valor esperado;

$Z(x_i)$  – valor da variável na posição  $x_i$

$Z(x_i+h)$  – valor da variável na posição  $x_i+h$ .

$N$  – Número de pares distantes em um vetor  $h$

O semivariograma também pode ser representado como um gráfico da função de dependência espacial em relação à distância (Figura 3). Ao semivariograma experimental calculado a partir das observações, associam-se modelos teóricos de semivariograma, definidos pelo tipo de modelo (linear, esférico, gaussiano, exponencial, potencial) e pelos parâmetros numéricos efeito pepita, patamar e alcance.



**Figura 3:** Semivariograma experimental, modelo teórico e seus componentes (Silva, 2007).

O efeito pepita revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras. O efeito pepita é causado por variabilidade em pequena escala, por erro de amostragem, de determinação, ou do limite do equipamento. O patamar é aproximadamente igual à variância dos dados. O alcance refere-se à distância na qual  $\gamma(h)$  atinge o patamar e representa a distância limite de dependência espacial. Dentro dos limites do alcance, as medições são correlacionadas umas às outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores do que os amostrados. Devido a isso, o alcance é utilizado para avaliar o grau de continuidade espacial dos dados. Além do alcance, as medições apresentam distribuição espacial aleatória e podem ser consideradas independentes entre si e a estatística clássica pode ser aplicada sem restrições.

Conhecido o semivariograma da variável e havendo dependência espacial entre as amostras, é possível fazer a interpolação nos intervalos entre as amostragens e criar mapas de isolinhas ou de superfície através da “krigagem” (eq-3).

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (\text{eq-3}) \quad \text{onde:}$$

$z^*(x_0)$  – valor a ser estimado;

$N$  – número de valores medidos,  $z(x_i)$ , envolvidos na estimativa; e.

$\lambda_i$  – são os pesos associados a cada valor medido,  $z(x_i)$ .

A krigagem é uma coleção de técnicas de regressão linear generalizada para minimizar uma estimativa da variância definida a partir de um modelo para uma covariância (Deustch & Journal, 1998). Trata-se de um interpolador que não apresenta tendência e possui variância mínima. De acordo com Vieira (2000), a krigagem é uma média móvel ponderada, onde os pesos são variáveis de acordo com a variabilidade espacial expressa no semivariograma. O que torna a krigagem um interpolador ótimo é a maneira como os pesos são distribuídos.

A utilização da técnica de krigagem para a inferência de pontos não amostrados (transformação de dados discretos em dados contínuos) em propriedades do solo foi inicialmente apresentada nos trabalhos de Burges & Webster (1980a, e 1980b), Webster & Burges (1980), Burges et al. (1981), Vieira et al. (1981), Yost et al. (1982) e Braga e Druck (1993).

## 2.7. Viabilidade Econômica dos Sistemas Produtivos

A viabilidade econômica é uma condição essencial da sustentabilidade das atividades agrícolas. São utilizadas ferramentas clássicas das avaliações financeiras para se definir a viabilidade econômica de um sistema de produção. Dentro dessa concepção, se faz necessário analisar os componentes de custos, visando avaliar a eficiência econômica das tecnologias desenvolvidas, pois dentro de um contexto de mercado altamente competitivo, somente serão adotadas tecnologias que efetivamente trouxerem retorno econômico ao agricultor.

Nesse sentido, podem ser considerados diversos fatores relacionados às despesas e receitas do sistema obedecendo à característica de cada um, como: capital, renda bruta, compra de insumos, gasto com mão de obra, depreciações, receita decorrente das vendas, valor bruto da produção, entre outros. Os conceitos usados neste estudo são definidos por Hoffman (1987) em a “Administração da empresa agrícola” e por Reis (2002) em “Fundamentos de economia aplicada”.

O capital é tudo que é utilizado na produção, como a terra, uma plantação, uma máquina, um sistema de irrigação, uma ferramenta, uma construção, etc, exceto os bens livres como luz solar e o ar (Hoffman, 1987).

O custo total (CT) da produção é o somatório dos custos fixos (CF) com os custos variáveis (CV). Os custos fixos são aqueles que não se modificam com a quantidade produzida e os custos variáveis se ajustam com nível de produção da atividade. Faz parte do custo variável o custo de manutenção. Esse é o gasto realizado para a manutenção dos bens de capital em condições de uso (Hoffman, 1987; Reis, 2002).

Para Hoffman (1987), o custo fixo é obtido do somatório da depreciação de cada bem mais o seu custo de oportunidade. A depreciação é o custo despendido para trocar o bem de capital pelo desgaste do uso ou devido o tempo tornando-se inútil ou obsoleto. O método de cálculo da depreciação utilizado é denominado método linear ou cotas fixas, calculado dividindo-se o valor inicial do bem pelo número de meses ou anos de duração provável, deduzindo-se, do custo inicial um valor final presumido.

De acordo com Reis (2002), o custo de oportunidade é o retorno que o capital usado na produção agrícola estaria rendendo se fosse investido de forma diferente, podendo ser utilizado para aferir a viabilidade econômica da atividade em questão, desde que o retorno

financeiro seja igual ou superior às outras possibilidades de uso do capital, por exemplo, a aplicação em outra atividade, taxa de juros da poupança, investimento na bolsa de valores, etc. O custo de oportunidade é calculado multiplicando a depreciação dos bens com a rentabilidade de outro investimento.

A receita bruta (RB) é o valor obtido com a venda de toda a produção realizada num determinado tempo. A receita líquida (RL) é o valor obtido da dedução dos custos total (CT) da receita bruta (eq.4).

$$RL=RB-CT \quad (\text{eq-4}) \quad \text{onde:}$$

RL – Receita líquida

RB – Receita bruta

CT – Custo total

Para verificar a viabilidade econômica de projetos é utilizada a análise de benefício-custo (RB/C), obtida com o cociente entre a receita bruta e o custo total (eq-5). Nesse contexto, uma atividade agrícola será viável se tivermos a relação benefício-custo maior que um ( $RB/C > 1$ ) (Hoffmann, 1987).

$$RB/C = \frac{RB}{CT} \quad (\text{eq-5})$$

onde:

RB/C – Relação benefício-custo

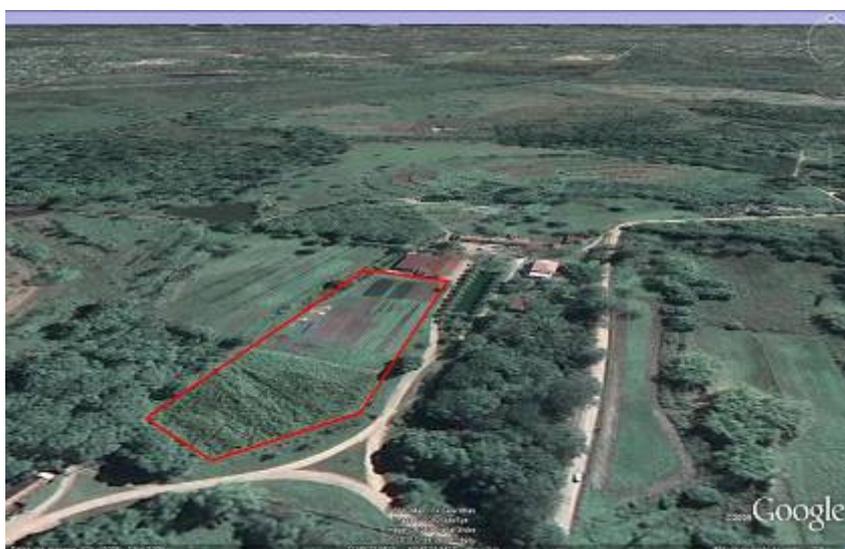
RB – Receita bruta

CT – Custo total

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da Área

O módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças está localizado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido também por “Fazendinha Agroecológica km 47” (Figura 4). O SIPA foi criado em 1993, num esforço conjunto de pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, Embrapa Solos, PESAGRO-RIO e de professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e tem como missão precípua o desenvolvimento da agroecologia e da agricultura orgânica alicerçado em três pilares: pesquisa, ensino e extensão (ABBOUD et al., 2005).

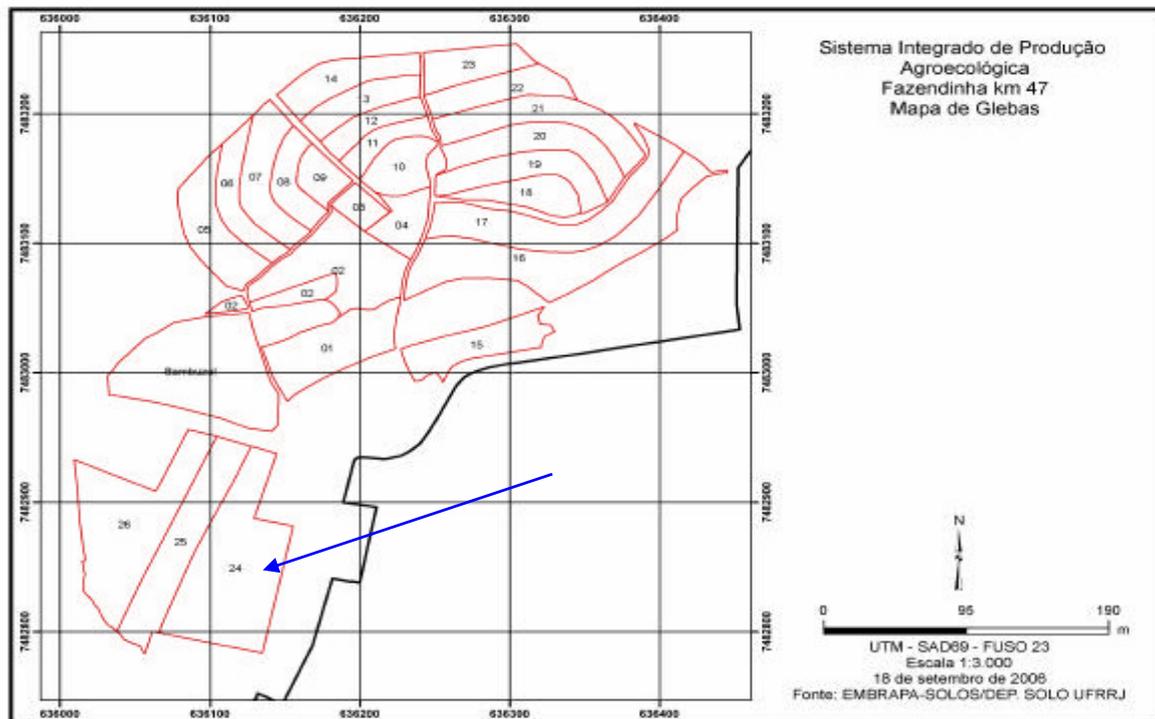


**Figura 4:** Imagem de satélite da Fazendinha Agroecológica km 47, localizada em Seropédica, Baixada Fluminense. O módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças está destacado em vermelho.

A “Fazendinha Agroecológica km 47” situa-se entre as coordenadas 22°46` S e 43°41`W, a 33,0 m de altitude em uma área de aproximadamente 80 ha, no município de Seropédica – RJ (Dias, 2007). O clima quente e úmido, classificado como Aw, com o domínio de altas temperaturas no verão e amenas no inverno, temperatura média anual de 24,5°C, com chuvas concentradas de novembro a março e precipitação anual média de 1213 mm (EMBRAPA, 1999). O levantamento de solos no SIPA apontou as seguintes classes: Argissolo Amarelo Distrófico típico, Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, Argissolo Amarelo Alumínico, Argissolo Amarelo Distrófico típico + Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico argissólico e Planossolo Háptico Distrófico arênico + Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico (Dias, 2007).

O SIPA foi subdividido em 26 glebas (Figura 5), onde ocorrem atividades agrícolas como olericultura, fruticultura, produção de grãos, agroflorestas, etc. A área não ilustrada no Mapa de Glebas é utilizada para pastagens e reserva ambiental (Dias, 2007). O presente estudo foi realizado na Gleba 24 (indicada na Figura 5 com uma flexa azul), onde foi implantado o módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças. Vale ressaltar que, na “Fazendinha Agroecológica km 47” tem sido realizado, ao longo de 20 anos,

diversos trabalhos visando desenvolver e aperfeiçoar o manejo orgânico de hortaliças folhosas, de raízes e frutos.



**Figura 5:** Mapa de Glebas do Sistema Integrado de Produção Agroecológica – “Fazendinha Agroecológica km 47” (Dias, 2007).

### 3.2. Caracterização do Módulo Experimental

O módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças tem uma área total de 1,02 ha, relevo plano e solo classificado como Planossolo. Na Figura 6 encontra-se a organização espacial do módulo de pesquisa. Uma proposta fundamental do módulo é a produção orgânica intensiva de hortaliça a qual está vinculada à produção de biomassa vegetal necessária ao manejo do solo e das culturas. Por isso, foram reservados 4.776 m<sup>2</sup> (47% da área) para esse fim, com 3.982 m<sup>2</sup> de capineira, 694 m<sup>2</sup> de leguminosa arbórea, sendo ainda reservada uma área de 100 m<sup>2</sup> destinada à produção de composto orgânico.

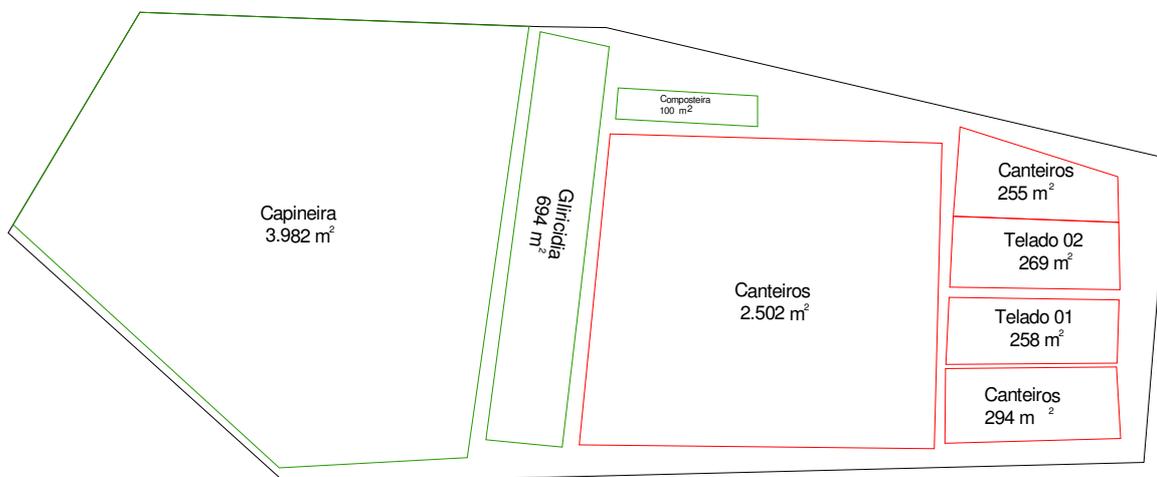
As glebas “Capineira” e “Gliricídia” têm o papel de fornecer biomassa para a unidade, com vistas a nutrição das hortaliças, por meio da produção de composto orgânico, como também para proteção e acondicionamento do solo, por meio de uso de coberturas mortas. Para esse fim foram escolhidas espécies de crescimento rápido, como a gliricídia (*Gliricidia sepium*), leguminosa arbórea, e o capim elefante cv. Cameroon (*Pennisetum purpureum*), que podem ser podados periodicamente.

No sistema foi realizado o emprego rotineiro da adubação verde como: mucuna preta (*Mucuna aterrima*), crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e feijão caupi cv. (*Vigna unguiculata*). Essas espécies foram semeadas no início do verão nas áreas não ocupadas pelos cultivos ou com eles consorciadas.

A área efetivamente utilizada para a produção intensiva de hortaliças foi de 3.578 m<sup>2</sup>, correspondendo a 35% do módulo, constituída de “Canteiros” (3.051 m<sup>2</sup>) a pleno sol e “Telados” (527 m<sup>2</sup>) com 30% de radiação incidente.

Nessas áreas foram utilizados dois sistemas diferenciados, outono-inverno e primavera-verão, levando em consideração as variações de temperatura e de chuvas nas

épocas do ano. O restante da área (1.846 m<sup>2</sup>- 18%) foi ocupado com os plantios limítrofes e ruas para o trânsito de máquinas e pessoas.



**Figura 6:** Croquis da organização espacial módulo experimental, com a distribuição de cada gleba e sua área ocupada.

No período outono-inverno visou-se o cultivo de hortaliças folhosas (alface, chicória, agrião, bortalha e espinafre), brassicáceas (couve e rúcula) e condimentares (cebolinha, coentro, hortelã e salsa). As hortaliças de raiz (beterraba, cenoura e rabanete) foram consorciadas. Cultivares arbustivos de feijão-vagem, pepino, abóbora e tomate também compuseram os policultivos.

No período primavera-verão foi realizado o plantio de hortaliças com transição para o plantio de milho (*Zea mays*), girassol (*Helianthus annuus*), batata doce (*Ipomoea batatas*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) e bortalha verde (*Basella alba L. Syn e B. rubra*), consorciado com mucuna preta, sesbânia (*Sesbania punicia*) e crotalária. Com o objetivo de gerar renda nesse período de declínio das hortaliças, como também a proteção do solo e a produção de biomassa para o próximo cultivo outono-inverno.

Na cerca do módulo foram plantadas, de um lado, uma linha de giricídia alternada com laranja lima de mesa (*Citrus sp.*), e do outro, palmeira real australiana (*Archontophoenix alexandrae*) consorciada com feijão guandu (*Cajanus cajans*). Essas espécies apresentam diversas funções no sistema: garantir as barreiras físicas da unidade, produção de biomassa, produção de sementes, além de agregar renda com a venda dos seus produtos, compondo a diversidade da unidade.

### 3.3. Manejo do Módulo Experimental

No manejo do módulo foram colocadas em prática as bases tecnológicas desenvolvidas na própria “Fazendinha Agroecológica km 47” durante seus 20 anos consecutivos de pesquisa com hortaliças. Visando a constante observação e ajustes para aspectos relacionados a épocas de plantio, consórcios de culturas, controle alternativo de pragas e ervas espontâneas, cultivares adaptadas, níveis toleráveis de sombreamento, coberturas mortas, exigências nutricionais e, destacadamente, a adequação do uso de adubação e adubos verdes.

Para o preparo do solo foram realizadas diferentes práticas. No cultivo de hortaliças de fruto, como tomate-perinha, quiabo, abóbora; hortaliças de raiz, como a batata-doce; e também para o cultivo da couve, optou-se pelo cultivo mínimo. Para as hortaliças folhosas,

como alface, chicória, rúcula, beralha, espinafre, etc; hortaliças de raiz, como cenoura, beterraba e rabanete; e hortaliças de fruto, como pepino e feijão-vagem foi realizada a mecanização do solo para o levantamento de canteiros. O cultivo do milho foi realizado nos canteiros das hortaliças.

O controle das ervas espontâneas é realizado através da capina com a enxada e sacho nas culturas com espaçamento mais amplo e nos canteiros das hortaliças restantes é feito o arranque dessas plantas com as mãos.

A irrigação é atividade imprescindível para a produção intensiva de hortaliças. As características da região, com elevadas temperaturas e frequentes estiagens, reafirmam a necessidade de um sistema de irrigação, para garantir uma boa produção. O tipo de irrigação utilizada foi o sistema de aspersão convencional.

No ano de 2010 colocou-se em prática a implantação do projeto e finalizou-se o cercamento total do módulo, dando continuidade à manutenção e o replantio das espécies limítrofes. Foram feitos dois cortes na gleba “Gliricídia” e um corte na gleba “Capineira”.

Na Tabela 1 foram listadas as culturas produzidas em cada gleba do módulo experimental no período de outono-inverno. Plantas como erva-doce e endro foram introduzidas como estratégia para a atração de inimigos naturais. Na Figura 7 tem-se uma vista do cultivo de outono-inverno na gleba “Canteiros”.



**Figura 7:** Vista geral de uma gleba “Canteiros” do módulo experimental (25/05/2010).

A fonte de nutrientes para os cultivos das hortaliças se deu basicamente com adubação de base com esterco bovino e composto (capim + torta de mamona); adubação de cobertura com torta de mamona e folhas de gliricídia.

No período primavera-verão, foi realizado o plantio de hortaliças com transição para os cultivos de milho, batata-doce, quiabo e beralha-verde. Os plantios foram consorciados da seguinte forma: milho com mucuna preta (Figura 8a), batata-doce com sesbânia, beralha-verde com girassol e quiabo com crotalária (Figura 8b).

**Tabela 1.** Espécies cultivadas no módulo experimental.

Glebas	Culturas	Nome científico	
Canteiros, Telados 01 e Telados 02	Alface-crespa	<i>Lactuca sativa</i> , cv. Vera	
	Alface-americana	<i>Lactuca sativa</i> , cv. Angelina	
	Alface-lisa	<i>Lactuca sativa</i> , cv. Regiane	
	Alface-roxa	<i>Lactuca sativa</i> , cv. Rubi	
	Agrião	<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	
	Beterraba	<i>Beta vulgaris</i> , var. Early Wonder Tall Top	
	Bertalha-verde	<i>Basella alba</i> , var. local	
	Bertalha-roxa	<i>Basella rubra</i> , var. local	
	Cenoura	<i>Daucus carota</i> , var. Brasília	
	Couve	<i>Brassica oleracea</i> L., var. acephala DC.	
	Chicória	<i>Cichorium endivia</i> , var. Mariana Gigante	
	Espinafre	<i>Spinacia oleracea</i> , var. Nova Zelândia	
	Hortelã	<i>Mentha piperita</i> , var. local	
	Pepino	<i>Cucumis sativus</i> , var. Jóia	
	Rabanete	<i>Raphanus sativus</i> , Sakata n° 19	
	Rúcula	<i>Eruca sativa</i> , var. Gigante Folha Larga	
	Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i> , var. Perinha	
	Feijão-caupi	<i>Vigna Unguiculata</i> , var. Mauá	
	Feijão-vagem	<i>Phaseolus vulgaris</i> , var. Alessa	
	Cebolinha	<i>Allium fistulosum</i> , var. local	
	Salsa	<i>Petroselinum sativum</i>	
	Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	
	Erva-doce	<i>Pimpinella anisum</i>	
	Endro	<i>Anethum graveolens</i>	
	Gliricídia	Gliricídia	<i>Gliricidia sepium</i>
		Abóbora	<i>Curcubita sp.</i> cv. moranguinha
		Abóbora	<i>Curcubita sp.</i> cv. Jacarezinho
		Feijão-vagem	<i>Phaseolus vulgaris</i> , var. Alessa
Capineira	Capim Cameroon	<i>Pennisetum purpureum</i>	

**Figura 8:** (a) Consórcio de milho com mucuna preta (07/02/2011) e (b) consórcio de crotalária e quiabo (22/01/2011).

O consórcio de culturas possibilita um maior aproveitamento do espaço, amplia a diversidade de espécies, favorece a atração de inimigos naturais, proporcionando um maior equilíbrio do agroecossistema. A presença de leguminosas induz a melhoria dos níveis de fertilidade do solo, bem como em suas propriedades físicas (Perin et al. 2004), e a fixação do nitrogênio atmosférico (FBN) potencializa a produtividade das culturas principais. Não foram realizadas adubações no milho, sendo que a fonte de nutrientes foi decorrente do efeito residual das hortaliças associada à FBN das leguminosas.

Foram realizados plantios de crotalária adensada nas glebas “Telado 01” e “Telado 02”, para adubação e o controle da população de nematóides. O plantio de faixas de girassol teve como intuito atrair pássaros (Maritaca) para reduzir o ataque ao milho, possibilitando a colheita do milho-verde e milho-seco (Figura 9). A produção de biomassa decorrente dos plantios, associada à biomassa das plantas espontâneas, possibilitaram a cobertura efetiva do solo, contribuindo para manutenção nos nutrientes no sistema, evitando a exposição do solo à chuva e aos raios solares intensificados desse período e estimulando os processos biológicos dependentes da disponibilidade de matéria orgânica (De-Polli e Pimentel, 2005; Espindola et al. 2005).



**Figura 9:** (a) Faixa de girassol e (b) ataque das maritacas ao milho (07/01/2011)

Em abril de 2011 iniciou-se o segundo ciclo outono-inverno no módulo experimental. Um fator importante incorporado nesse ciclo foi o planejamento detalhado da produção, visando o escalonamento do plantio e da colheita. Esse planejamento possibilitou a otimização do trabalho no módulo e o melhor escoamento da produção.

Nesse período foi priorizado o cultivo das hortaliças nas sub glebas “Canteiros” e “Telados”, atingindo 21 variedades diferentes, sendo elas: alface-crespa, alface-crespa vermelha, alface-roxa, alface-americana, alface-lisa, abóbora, beterraba, bertalha-verde, cenoura, couve, chicória, espinafre, pepino, rabanete, rúcula, tomate-perinha, feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*, var. novirex), cebolinha, coentro e salsa. Foi plantada uma faixa da flor moça velha (*Zinnia sp.*), como estratégia para a atração de inimigos naturais. As variedades utilizadas foram às mesmas do ano anterior, exceto de alface-crespa (var. Isabela), alface-crespa vermelha (var. Red Fire), alface-americana (var. Tainá), rúcula (var. Astro) e salsa (var. Lisa Preferida).

No período primavera-verão, como no primeiro ano de monitoramento, foi feito o plantio de hortaliças com transição para os cultivos: milho, batata-doce, quiabo e bertalha-verde. Os plantios foram consorciados da seguinte forma: milho com mucuna preta, bertalha-verde com girassol e quiabo com crotalária.



**Figura 10:** Vista geral da gleba “Canteiros” do módulo experimental (26/06/2011).

O cultivo de beterraba foi feito no período do outono-inverno sob o telado (Figura 11-A). A redução de luminosidade contribui para a diminuição de manchas necróticas nas folhas (Figura 11-B), típicas de cercosporiose. A intensidade luminosa correlaciona-se à atividade e produção da toxina cercosporina, que condiciona maior adaptabilidade e contribui para que o fungo complete seu ciclo de vida deixando mais descendentes. A cercosporina é uma molécula fotossensibilizadora e, na presença de luz, torna-se excitada capaz de reagir com outras moléculas, como o oxigênio, que danificam as macromoléculas como DNA e proteínas (MARTINS, 2007).



**Figura 11:** (a) Cultivo de beterraba no telado (11/09/2011) e (b) folhas sem manchas necróticas de cercospora (28/08/2011).

A fonte de nutrientes para os cultivos das hortaliças foi modificada, devido a dificuldade do pequeno agricultor produzir a quantidade de esterco para manter sua produção, como também o problema da aquisição desse insumo livre dos agrotóxicos usados na produção animal convencional. Dessa forma, optou-se pelo uso de composto fermentado tipo bokashi, obtido a partir da fermentação da mistura de farelo de trigo com torta de mamona e inoculado com microrganismos eficientes (EM - produto comercial Embiotic Line). O bokashi foi preparado na unidade produtiva (Figura 12), sendo contabilizados os gastos com os insumos e mão de obra.

Para a adubação de cobertura foram usados adubos de origem vegetal, como folhas de gliricídia, capim picado, torta de mamona e composto (capim + torta de mamona) (Tabela 2). A Tabela 3 lista os teores de nutrientes das fontes de adubação usadas. Toda biomassa produzida anteriormente no ciclo primavera-verão foi adicionada ao solo para os plantios das hortaliças. Foram feitos três cortes na gleba “Gliricídia” e dois cortes na gleba “Capineira”.



**Figura 12:** (a) Vista do preparo e (b) do composto pronto para uso.

**Tabela 2.** Fonte de nutrientes para o cultivo das hortaliças no período de abril de 2011 a março de 2012 no módulo experimental.

Produtos	Adubação				
	Bokashi (kg)	Torta de Mamona (kg)	Composto (kg)	Capim (kg)	Gliricídia (kg)
1 Abóbora-goianinha	0	1	0	0	0
2 Alface-americana	137	110	46	92	60
3 Alface-crespa	180	154	100	171	92
4 Alface-crespa vermelha	54	37	118	0	12
5 Alface-lisa	120	95	106	116	43
6 Alface-roxa	55	41	0	79	0
7 Batata-doce	10	0	0	0	0
8 Bertalha	107	46	24	0	0
9 Beterraba	25	0	0	0	0
10 Cebolinha	9	16	48	0	0
11 Cenoura	17	60	273	23	0
12 Coentro	5	1	0	0	0
13 Couve	8	36	96	31	0
14 Chicória	182	123	120	110	41
15 Espinafre	59	61	12	24	0
16 Laranja	0	22	0	0	0
17 Milho-verde	0	135	0	0	0
18 Pepino	0	11	75	0	0
19 Quiabo	16	0	0	0	0
20 Rabanete	1	6	87	0	0
21 Rúcula	6	23	24	8	0
22 Salsa	5	9	12	0	0
23 Tomate-perinha	0	33	180	0	44
24 Vagem	0	90	0	37	0
<b>Total</b>	<b>994</b>	<b>1107</b>	<b>1320</b>	<b>689</b>	<b>291</b>

**Tabela 3.** Teores de nutrientes dos adubos utilizados no cultivo das hortaliças no período de abril de 2011 a março de 2012 no módulo experimental.

Tipos de adubos	U%	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	N%
Bokashi	26,14	3,32	3,50	4,15	11,50	4,42
Torta de mamona	8,00	4,15	3,70	5,28	11,25	5,86
Composto	74,00	6,10	4,32	2,50	8,87	2,04
Capim	64,71	2,57	1,66	1,51	6,75	0,55
Gliricídia	79,74	9,65	2,88	3,09	22,08	3,95

A Tabela 04 mostra os dados detalhados da produtividade total no período de abril de 2011 a março de 2012 dos 24 produtos cultivados no módulo experimental. Foram quantificados os números de pés no caso de alfaces e chicória; o número de unidades, no caso do milho-verde, e o número de molhos, no caso das hortaliças condimentares, cenoura, beterraba, rúcula, beralha, couve, espinafre e rabanete. Foi quantificado o peso em quilograma de todas as hortaliças, assim pôde ser feito o peso médio dos pés, das unidades e dos molhos. Produtos como batata-doce, pepino, tomate-perinha, feijão-vagem, quiabo e laranja foram quantificados apenas o peso em quilograma.

**Tabela 4.** Produtos colhidos no período de abril de 2011 a março de 2012 no módulo experimental.

Produtos	Colheita		
	Pés ou molhos (unidade)	Massa total (kg)	Peso Médio (kg)
1 Abóbora-goianinha	0	5	
2 Alface-americana	6562	2114	0,322
3 Alface-crespa	9008	2131	0,237
4 Alface-crespa vermelha	3342	737	0,220
5 Alface-lisa	7101	1527	0,215
6 Alface-roxa	2434	273	0,112
7 Batata-doce	0	751	
8 Beralha	1145	600	0,524
9 Beterraba	300	380	1,265
10 Cebolinha	2266	491	0,217
11 Cenoura	797	1025	1,286
12 Coentro	100	15	0,150
13 Couve	1175	525	0,447
14 Chicória	9788	2994	0,306
15 Espinafre	1839	1136	0,618
16 Laranja	0	462	
17 Milho-verde	3362	735	0,219
18 Pepino	0	287	
19 Quiabo	0	161	
20 Rabanete	229	121	0,530
21 Rúcula	1305	537	0,411
22 Salsa	1024	155	0,151
23 Tomate-perinha	0	319	
24 Vagem	0	472	
<b>Total</b>	<b>51777</b>	<b>17952</b>	

A diversificação dos cultivos favorece o equilíbrio do agroecossistema em questão. No manejo de fitoparasitas, a biodiversidade contribui nos processos ecológicos como autorregulação das populações, que lhes conferem maior estabilidade, resistência a perturbações e capacidade de recuperar-se de eventos de estresse (Altieri, 2004). As culturas presentes no módulo experimental durante os períodos outono-inverno e primavera-verão dos dois anos de monitoramento estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 5.** Culturas e seus respectivos períodos de ocupação no módulo experimental, no período de janeiro de 2010 a abril de 2012.

CULTURA	2010											2011								2012				
	1° Ciclo Outono-Inverno							1° Ciclo Primavera -Verão				2° Ciclo Outono-Inverno				2° Ciclo Primavera -Verão								
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
1	Alface Americana																							
2	Alface Crespa																							
3	Alface C. Vermelha																							
4	Alface Lisa																							
5	Alface Roxa																							
6	Chicória																							
7	Rabanete																							
8	Rúcula																							
9	Espinafre																							
10	Salsa																							
11	Cenoura																							
12	Pepino																							
13	Vagem Alessa																							
14	Bertalha Verde																							
15	Agrião																							
16	Coentro																							
17	Cebolinha																							
18	Couve																							
19	Hortelã																							
20	Tomate Perinha																							
21	Abóbora																							
22	Beterraba																							
23	Batata-doce																							
24	Milho																							
25	Quiabo																							
26	Girassol																							

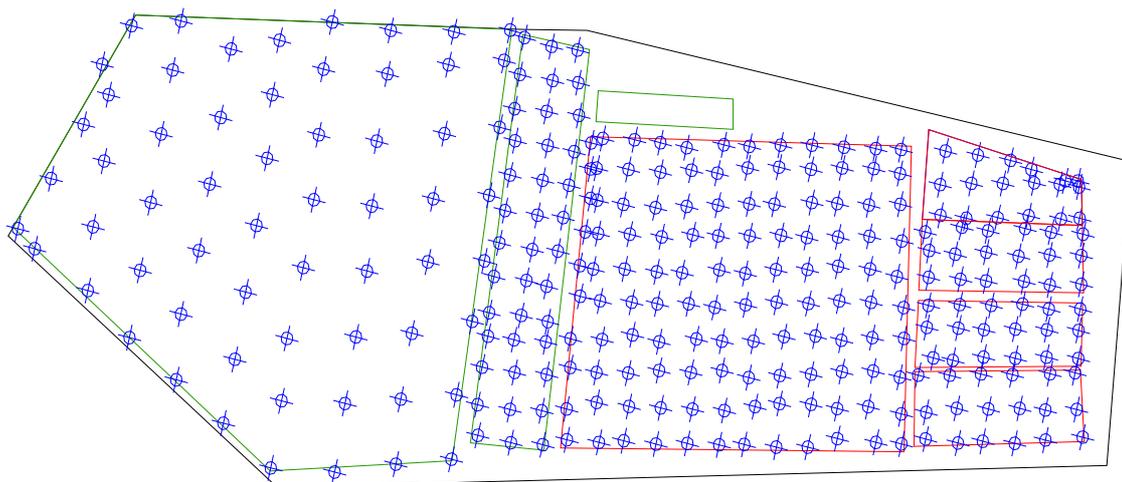
### 3.4. Sustentabilidade do Solo

A partir da década de 1980, iniciou-se amplo debate em torno da sustentabilidade dos sistemas agrícolas buscando instrumentos que permitissem quantificar modificações: os indicadores de sustentabilidade (Depoti et al., 2002). O monitoramento da qualidade do solo é fundamental para a identificação de problemas e correção de rumos (Karlen e Sott, 1994).

Para avaliar a qualidade do solo do módulo durante um ano (2010 e 2011), efetuou-se o monitoramento dos seguintes atributos: pH e os teores dos nutrientes no solo (Ca, Mg, P e K) e teor de matéria orgânica (C total e fração leve). Também foi feita a caracterização da textura do solo, dada a grande influencia desse atributo na dinâmica de C e nutrientes no solo.

#### 3.4.1 Distribuição espacial das características físicas e químicas do solo

A área do módulo foi amostrada através de um *Grid* de 5 x 5 metros, exceto na gleba “Capineira” que o foi amostrada em um Grid de 10 x 10 metros, para abranger as variações e características do solo (Figura 13). O *Grid* do módulo permitiu que as amostragens fossem feitas sempre no mesmo local, pois são pontos georreferenciados com GPS TRIMBLE PRO XT. Assim, os dados levantados em campo e processados em laboratório compõem a base para a elaboração de diversos mapas temáticos, para auxiliar na análise da sustentabilidade do solo e consequentemente do módulo experimental.



**Figura 13:** Croquis dos pontos georreferenciados de retirada de amostras de terra do módulo experimental.

Os mapas de distribuição espacial dos atributos do solo foram gerados por “krigagem ordinária”, através do programa computacional GEOSTAT (Vieira, 1983), e sistematizados no SIG “Arc View”, versão 9.3a.. Os mapas resultantes da interpolação por “krigagem” para os atributos analisados foram exportados para o formato “Raster”, com resolução espacial de 1m x 1m.

#### 3.4.2 Amostragem do solo

A amostragem do solo foi realizada em dois momentos, sendo a primeira em agosto de 2010 e a segunda em agosto de 2011. Foram coletadas amostras simples de solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em cada ponto georreferenciado da grade amostral, perfazendo um total de 294 pontos (Figura 6). As amostragens foram feitas com trado do tipo holandês.

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Física do Departamento de Solo da UFRRJ. O método da pipeta (EMBRAPA 1997) foi utilizado para

definir a granulometria do solo (argila total, areia fina, areia grossa, areia total e silte). As análises de rotina de fertilidade e a análise do carbono na fração leve foram realizadas pelo Laboratório de Química Agrícola (LQA) na EMBRAPA Agrobiologia e pelo Laboratório de Ciclagem de Nutrientes do Departamento de Solo da UFRRJ, respectivamente.

### **3.4.3 Análise geoestatística**

Foram trabalhados os dados físicos de granulometria e atributos químicos como carbono orgânico e na fração leve, pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio da área. Para a primeira análise de cada propriedade foram construídos gráficos da distribuição dos dados no campo, “post plot” usando o programa SURFER 8.0 (Golden Software). Esse procedimento é importante para o conhecimento preliminar da distribuição dos dados na área, além de se verificar a possível existência de dados anômalos e também permite observar a existência de anisotropia (ocorrência de variabilidade espacial dos dados diferenciada de acordo com a direção). Em seguida, foi feita a análise estrutural dos dados (variografia) para a construção de modelo estatístico que descrevesse a variabilidade dos fenômenos estudados.

### **3.4.4 Elaboração dos mapas temáticos no SIG**

As planilhas contendo os dados interpolados de cada atributo do solo com a extensão compatível (extensão.txt) foram exportadas para o programa computacional Arc View GIS, versão 9.3a. Cada atributo foi associado a um tema e adicionado em uma vista do SIG no formato do programa (arquivo.shp). Esses arquivos foram convertidos para o formato Raster através do comando “Point to Raster”. Para a elaboração dos mapas de variabilidade espaço temporal foram realizadas álgebras de mapas, utilizando o comando “Single Output Map Algebra”, subtraindo o mapa 2011 do mapa 2010 de cada atributo. A resolução espacial de saída foi configurada para 1 m. Dessa forma, construiu-se a base de dados que possibilitou monitorar e avaliar a sustentabilidade do solo.

## **3.5. Levantamento e Análise dos Dados Econômicos do Módulo Experimental**

O levantamento de dados primários no módulo experimental foi realizado por meio de medições e amostragens diretas no campo. O monitoramento do módulo ocorreu diariamente durante todo o período de abril de 2010 a março de 2012. O primeiro ano foi destinado para ajustes da metodologia do experimento, utilizando-se assim os dados de abril de 2011 a março de 2012 para realizar a análise da sustentabilidade econômica do módulo experimental.

A avaliação dos custos do módulo experimental foi fundamentada na operacionalização dos recursos econômicos que compõem os custos variáveis e fixos. Para o cálculo dos custos fixos mensais utilizou-se a depreciação (método linear) e para o custo de oportunidade considerou-se a taxa de juros da poupança de 0,5% a.m. A vida útil de cada bem de capital foi baseada em entrevista com os funcionários do SIPA. Os custos fixos analisados foram: cerca, sistema de irrigação, ferramentas, galpão e tanque, telados, laranjeiras, capineira, legumineira e arrendamento da terra.

Os custos variáveis foram o somatório com gasto em mão de obra, sementes, mudas, adubos e caldas orgânicas, aluguel de máquinas, irrigação, energia elétrica e os gastos com a manutenção dos bens. Os preços usados para definir os custos foram valores reais praticados no mercado local e regional. Para obter a receita bruta do módulo experimental durante um ano foi simulada a comercialização dos produtos com valores de Seropédica e na cidade do Rio de Janeiro. Com a receita bruta e os custos totais da produção foi possível determinar a renda líquida, o tempo de amortização dos custos fixos e também a eficiência do processo produtivo. Com esses dados foram feitas análises da sustentabilidade econômica do módulo com os ajustes necessários para aprimorar esse aspecto fundamental da produção agrícola.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estatística Descritiva dos Atributos dos Solos

Com a estatística descritiva dos atributos dos solos (Tabela 6) pode-se inferir sobre algumas características do módulo experimental, como a textura, o comportamento da matéria orgânica e dos componentes químicos do solo, após um ano do cultivo intensivo de hortaliças em sistema orgânico.

**Tabela 6.** Estatística descritiva dos atributos dos solos da área do módulo experimental.

Atributo	Unidade	Média	DP	CV (%)	Mín.	Máx.	Assimetria	Curtose
Argila	%	8,6	4,120	48	0,9	22,4	0,6144	0,1
Areia Total	%	84	5,343	6	65,4	94,9	-0,8078	0,3
C 2010	%	1,0	0,287	29	0,5	2,1	0,7616	1,2
C 2011	%	0,6	0,285	50	0,1	1,3	0,2388	-0,6
FL 2010	g/kg	2,75	1,31	47,8	0,42	9,07	1,25	3,63
FL 2011	g/kg	2,75	1,12	40,7	0,52	6,38	0,88	1,10
Al 2010	cmolc/d	0,08	0,09	113,2	0,01	0,55	2,23	5,70
Al 2011	cmolc/d	0,05	0,107	221,4	0,0	0,81	3,469	14,73
pH 2010	adimensional	5,4	0,551	10	4,3	6,9	-0,0463	-0,9
pH 2011	adimensional	6,2	0,584	9	4,7	7,6	-0,4383	-0,6
Ca 2010	cmolc/d	1,96	0,93	47,3	0,40	6,30	1,14	2,30
Ca 2011	cmolc/d	1,83	0,82	44,6	0,28	4,81	0,82	0,55
Mg 2010	cmolc/d	0,74	0,39	51,8	0,09	2,22	0,49	0,13
Mg 2011	cmolc/d	0,64	0,45	69,7	0,00	2,62	0,71	1,22
P 2010	mg/l	63,3	48,45	76,5	3,34	369,9	1,670	6,471
P 2011	mg/l	65,45	62,5	95,5	0,37	367,5	2,053	5,257
K 2010	mg/l	60,4	45,81	76	7,0	260	1,658	3,1
K 2011	mg/l	66,5	61,09	92	7,0	500	2,476	9,8

CV - Coeficiente de variação; DP - Desvio Padrão; Min Valor mínimo; Max. – Valor Máximo

Para análise dos dados de granulometria foi utilizado o triângulo para classificação das classes texturais do solo, adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. As médias de 8,6% e 84% de argila e areia total, respectivamente, apontam um predomínio da classe textural areia nos solos do módulo. Porém, com os resultados máximos de 22,4% e 94,9% é possível detectar que a classe textural pode variar de areia, areia franca e franco arenoso.

De forma resumida, houve comportamento diferente entre os atributos do solo após um ano de cultivo orgânico intensivo de hortaliças. Analisando as médias de cada atributo, ocorreu aumento do pH, do fósforo e do potássio; uma diminuição no alumínio, do carbono orgânico total, do cálcio e do magnésio e a manutenção da matéria orgânica da fração leve.

Com esses dados é possível inferir sobre a variação temporal dos atributos do solo. Porém, é necessária a análise espacial desses atributos para compreender e estabelecer melhor

as relações de causa e efeito, possibilitando o cruzamento de informações dos cultivos com a sua localização no módulo experimental. Nesse sentido, as inferências podem ser utilizadas para ajustes no agroecossistema.

#### 4.2. Análise de Geoestatística

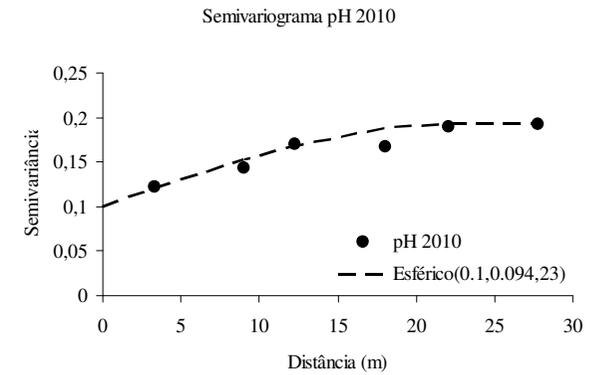
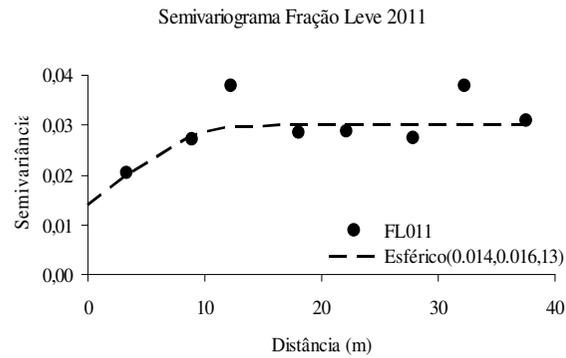
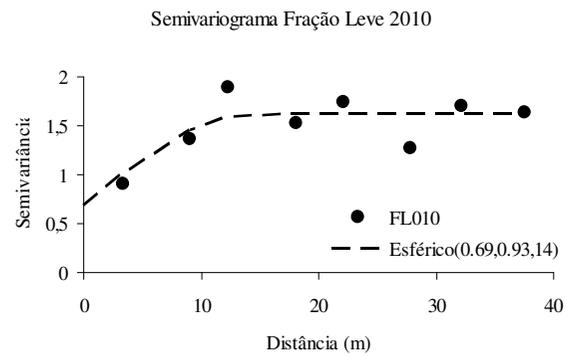
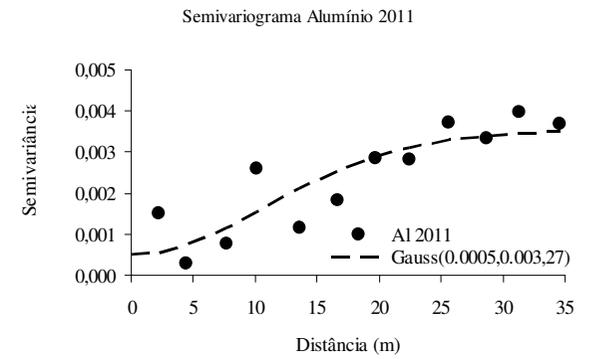
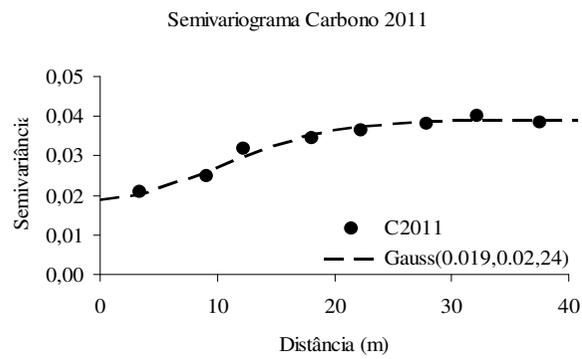
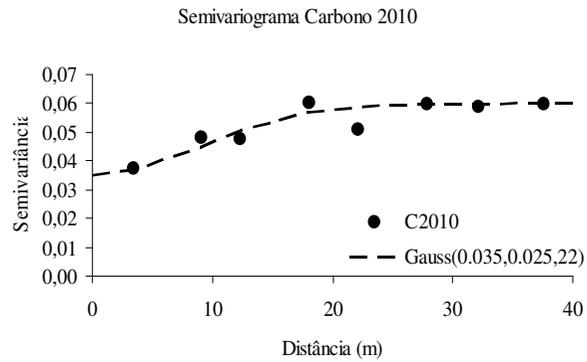
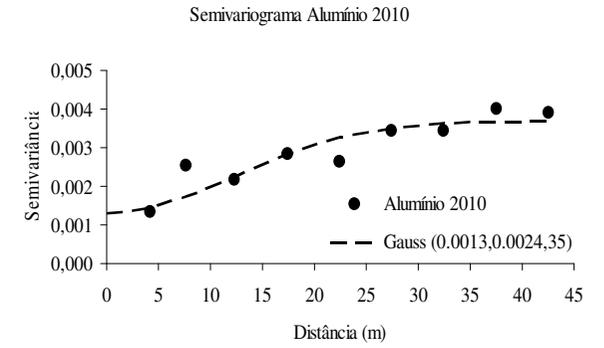
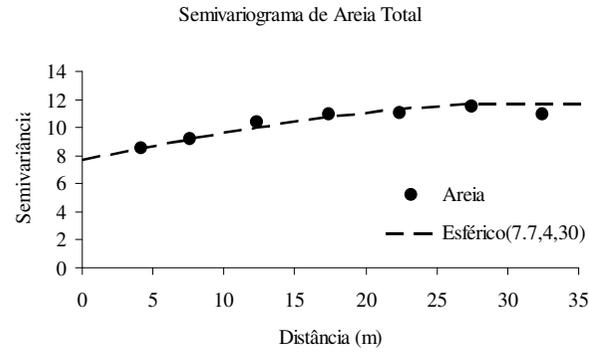
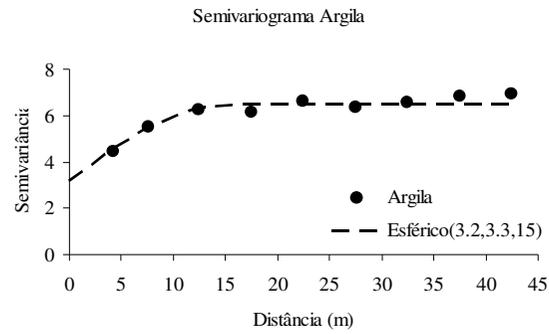
Na Tabela 7 estão os dados resumidos e na Figura 14 os semivariogramas experimentais de teores de areia total, argila e atributos químicos do solo, bem como os modelos ajustados. Analisando os semivariogramas, conclui-se que há dependência espacial para os atributos físicos e químicos, permitindo a utilização da “krigagem” como melhor interpolador para gerar mapas de variabilidade espacial desses atributos. Os atributos com maior dependência espacial (maior alcance) foram areia, argila e carbono. Para esses atributos e também para o teor de Al em 2011, o modelo que melhor se ajustou ao semivariograma experimental foi o gaussiano. Para os demais, o modelo esférico foi o que melhor se ajustou.

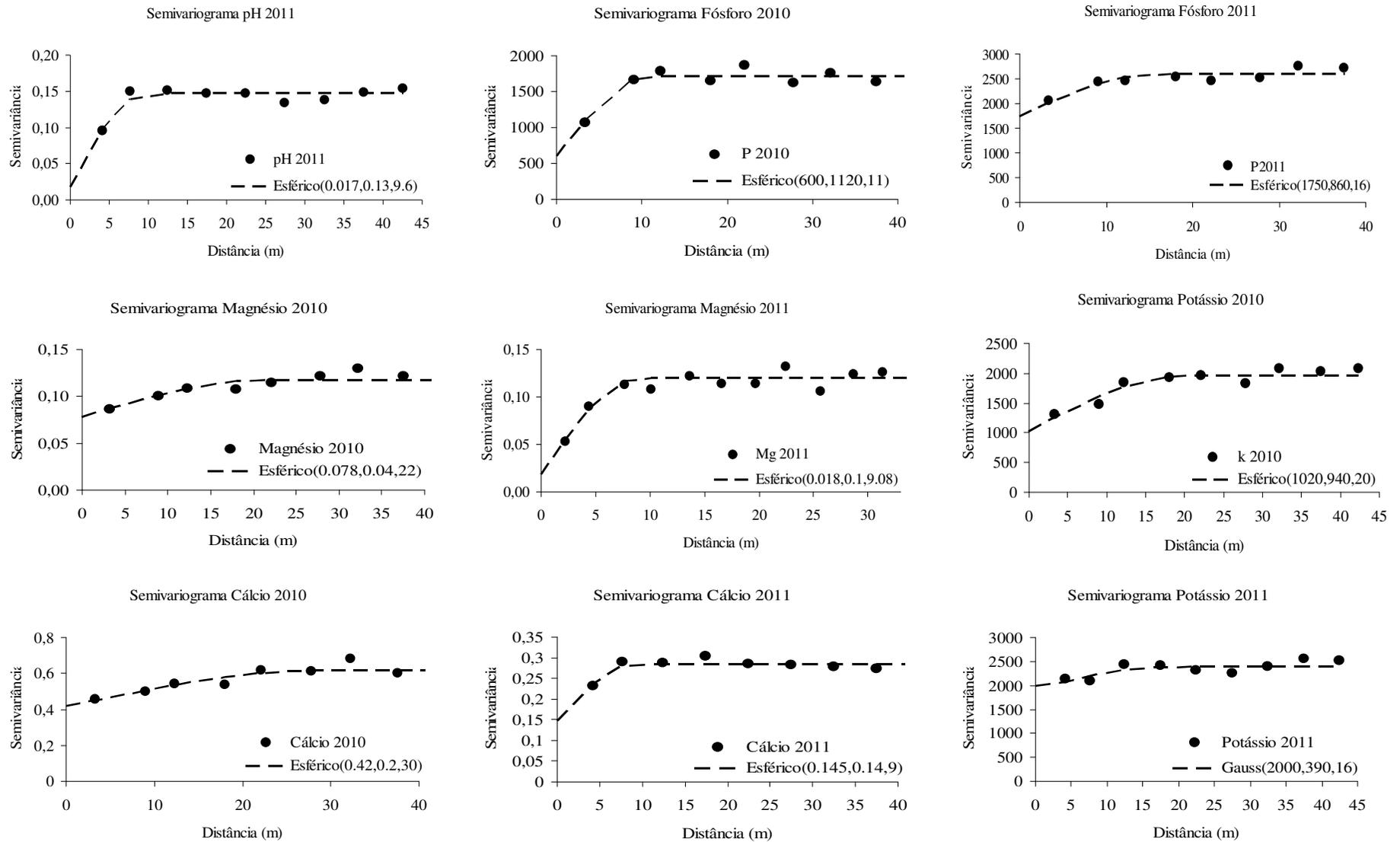
Comparando os parâmetros dos semivariogramas dos dados coletados em 2010 com os de 2011, pode se ter uma idéia do efeito do manejo no padrão de variabilidade espacial dos atributos químicos e da matéria orgânica do solo. Para alguns atributos, após 1 ano de manejo, observou-se a diminuição da dependência espacial (alcance) e também do efeito pepita. Nesse caso se enquadram os atributos pH, Al, Mg e K. Para esses atributos, a distância de autocorrelação e da componente aleatória da variância total dos dados (efeito pepita) foi diminuída, o que é bom do ponto de vista da acurácia da interpolação por krigagem ordinária.

No caso do carbono total do solo e do Ca, o manejo do módulo implicou no aumento da distância de autocorrelação (alcance) e diminuição da componente aleatória da variância total dos dados. Também nesse caso, após o manejo os mapas interpolados apresentam melhor acurácia. Por outro lado, para o atributo fração leve, não se observou variação sensível na distância de autocorrelação e no efeito pepita dos modelos. No caso do P, o manejo aumentou tanto a distância de autocorrelação como a proporção do efeito pepita na variância total dos dados. Nesse caso, o manejo aumentou a aleatoriedade da variabilidade do fósforo e conseqüentemente reduziu a acurácia do mapa gerado no ano de 2011.

**Tabela 7.** Resumo das características dos semivariogramas dos atributos dos solos.

Atributo	Modelo	Co	C1	a	Co/(Co+C1)
Argila	Esférico	3,2	3,3	15	0,492
Areia total	Esférico	7,7	4	30	0,658
Carbono 2010	Gaussiano	0,035	0,025	22	0,583
Carbono 2011	Gaussiano	0,019	0,02	24	0,487
Fração leve 2010	Esférico	0,69	0,93	14	0,426
Fração leve 2011	Esférico	0,014	0,016	13	0,467
pH 2010	Esférico	0,1	0,094	23	0,515
pH 2011	Esférico	0,017	0,13	9,6	0,116
Alumínio 2010	Gaussiano	0,0013	0,0024	35	0,351
Alumínio 2011	Gaussiano	0,0005	0,003	27	0,143
Cálcio 2010	Esférico	0,42	0,2	30	0,677
Cálcio 2011	Esférico	0,145	0,14	9	0,509
Magnésio 2010	Esférico	0,078	0,04	22	0,661
Magnésio 2011	Esférico	0,018	0,1	9,08	0,153
Fósforo 2010	Esférico	600	1120	11	0,349
Fósforo 2011	Esférico	1750	860	16	0,670
Potássio 2010	Esférico	1020	940	20	0,520
Potássio 2011	Esférico	2000	390	16	0,837





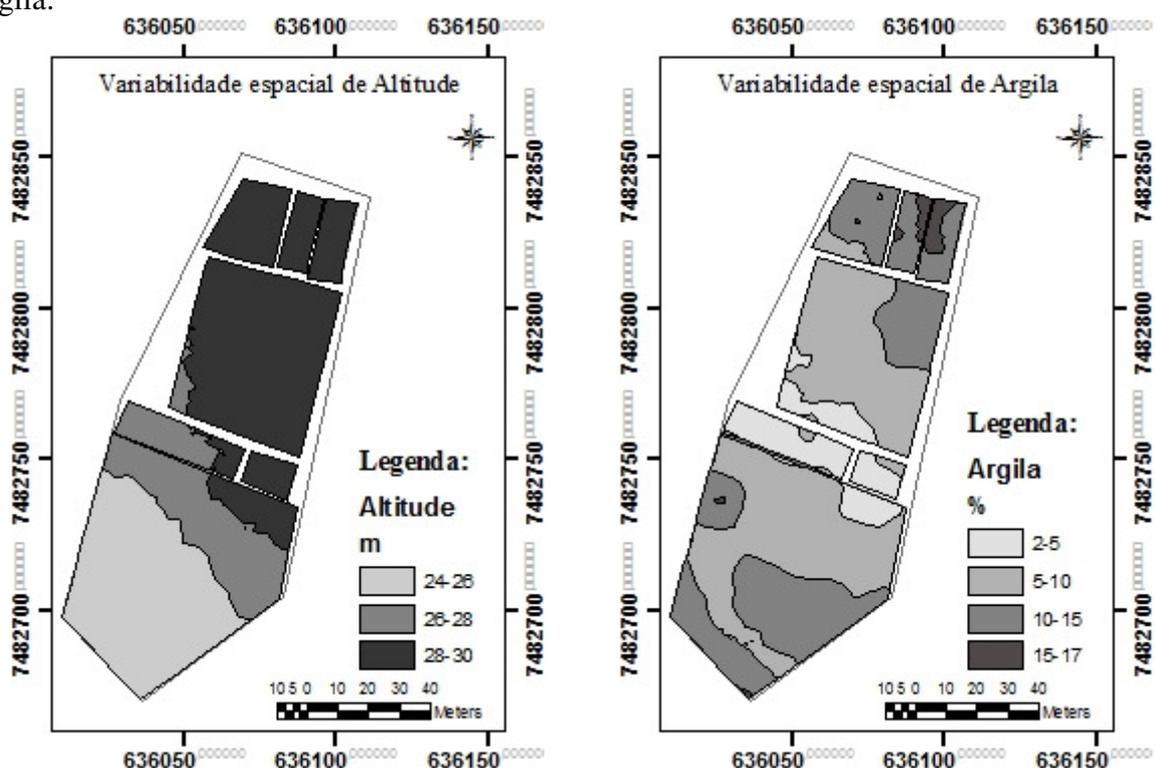
**Figura 14:** Semivariogramas de atributos do solo.

### 4.3. Variabilidade Espacial dos Atributos do Solo.

Os parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados foram utilizados para estimar os valores dos atributos em locais não amostrados, gerando desta forma, mapas de distribuição espacial para a área total do módulo experimental para cada indicador de qualidade do solo analisada, como textura, matéria orgânica do solo, pH e teores de nutrientes.

#### 4.3.1. Altitude e textura do solo

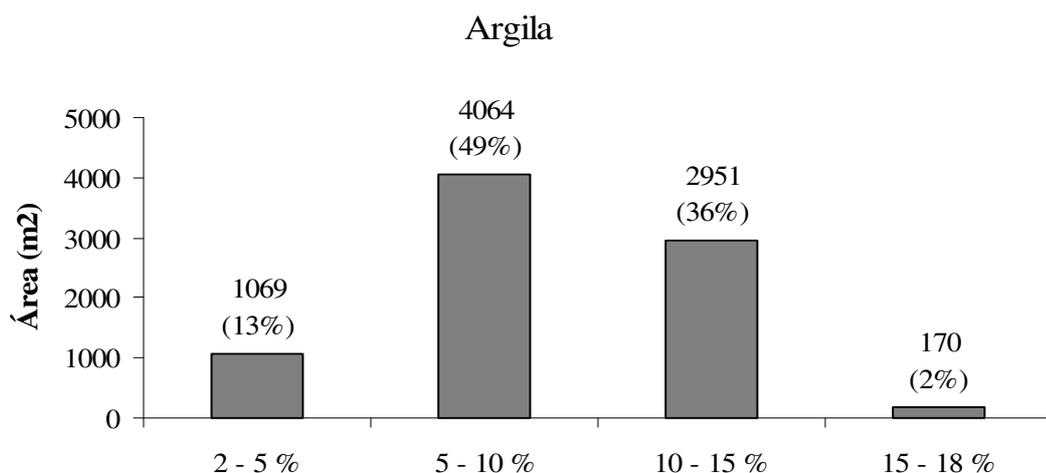
Na Figura 15 são apresentados os mapas de variabilidade espacial de altitude e de argila:



**Figura 15:** Mapa de variabilidade espacial de altitude e Mapa de variabilidade espacial de argila no módulo experimental.

O módulo experimental encontra-se numa faixa de altitude de 24m a 30m. Sendo predominante à faixa de altitude de 28m a 30m com 48% da área, a faixa de 26m a 28m representa 21% e o restante de 31% as menores altitudes na faixa de 24m a 26m.

Observa-se no mapa de argila o predomínio da classe textural areia, que ocupa a área de 5133 m<sup>2</sup> ou 62% da área de cultivo do módulo, na seqüência tem-se a classe textural areia franca com 2951 m<sup>2</sup> ou 36% e de forma muito reduzida tem-se a classe textural franco-arenosa com apenas 170 m<sup>2</sup> ou 2% (Figura 16).



**Figura 16:** Estratificação das classes texturais e sua área ocupada.

De maneira geral conclui-se que os solos do módulo apresentam baixíssimos teores de argila. Nesse caso, com o predomínio de areia os solos do módulo experimental apresentam uma série de características desfavoráveis, como: solos com pouca ou nenhuma agregação, microporosidade deficiente, como consequência apresenta baixa capacidade de retenção de água; baixa superfície específica e baixa capacidade de troca catiônica. São solos com alta lixiviação e, conseqüentemente, mais pobres em nutrientes, apresentam maiores flutuações de temperatura favorecendo, dessa forma, a mineralização acelerada da matéria orgânica, dificultando a sua acumulação. Em contrapartida, apresenta características favoráveis como: maior macro porosidade, conseqüentemente, boa aeração e fácil preparo mecânico do solo (Kiehl, 1979).

Como descrito acima, a textura influencia um grupo de propriedades e características do solo de forma direta ou indireta. Entre elas, ressalta-se a baixa capacidade de retenção de água, a limitada reserva de nutrientes e sua elevada susceptibilidade à erosão. Nesse contexto, há décadas que se estabelecem rigorosas restrições ao cultivo intensivo de solos arenosos, sendo necessário o uso de tecnologias adequadas para contornar essas dificuldades e manter a sua qualidade. Importante salientar que solos medianamente ou bem intemperizados, como os de textura arenosa, de maneira geral, podem apresentar melhorias das suas qualidades com o aumento de matéria orgânica e com variações do teor de argila, mesmo que em pequena quantidade (Pedrotti & Mello Junior, 2009).

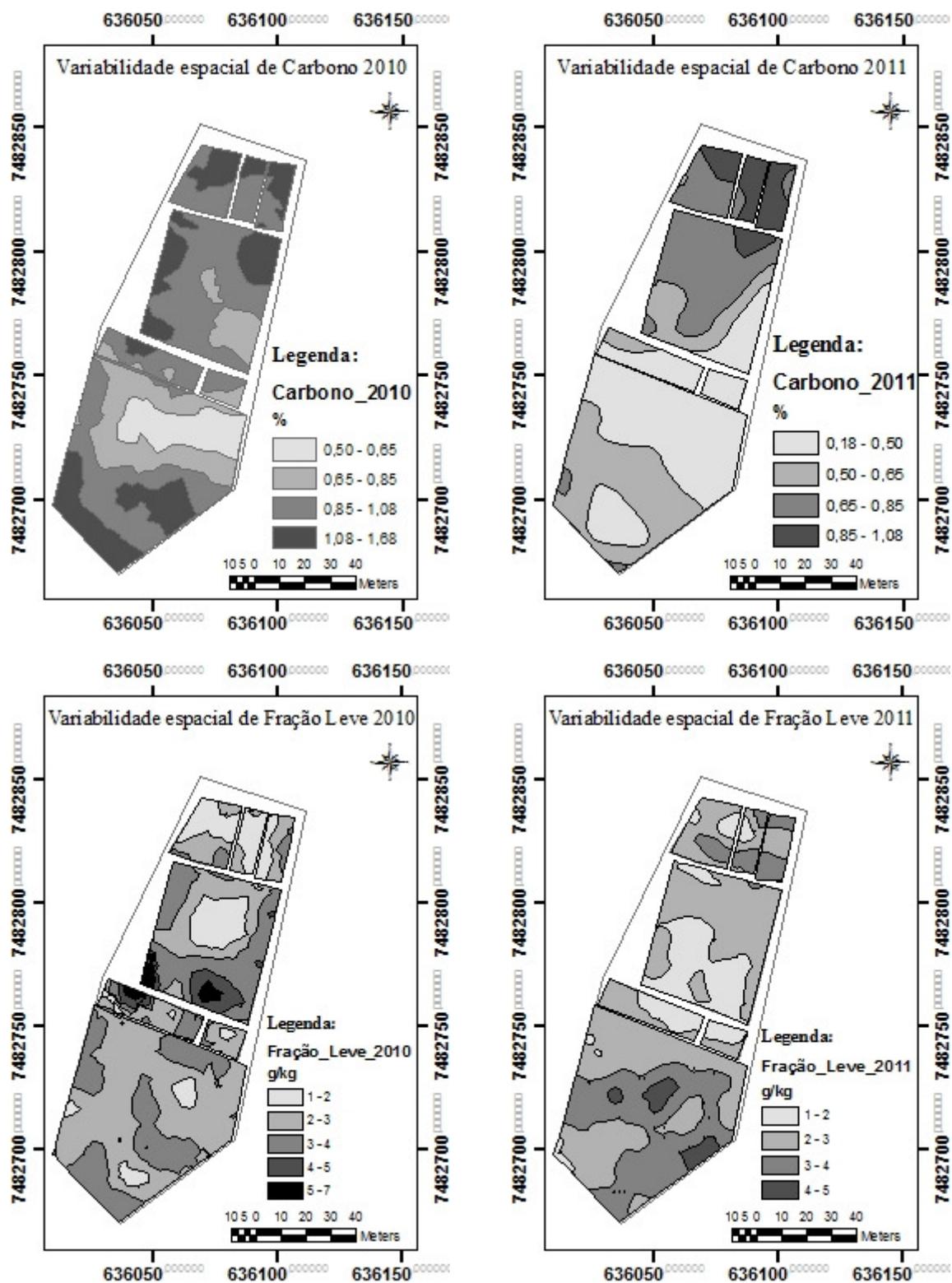
#### 4.3.2 Matéria orgânica do solo

Analisando os mapas de carbono orgânico total (COT) de 2010 e 2011 (Figura 16), tem-se uma amplitude de 0,5% a 1,68% e de 0,18% a 1,08%, respectivamente.

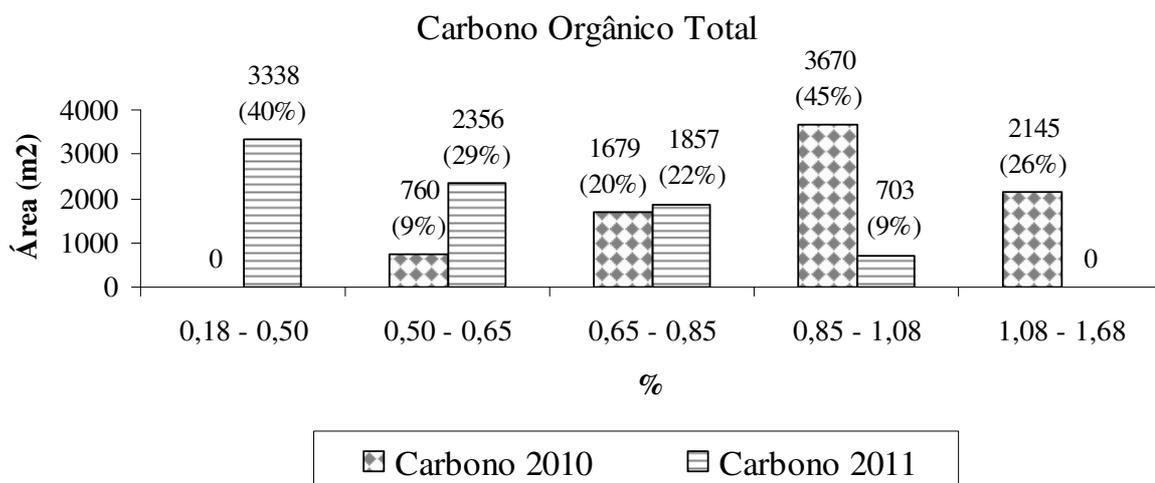
Os dados de referência de teor de carbono orgânico total no estado do Rio de Janeiro apresentam a classificação em três níveis: baixo, valores menores que 1%; médio, valores entre 1% e 2% e alto acima de 2% (De-Polli et al., 1988). Na Figura 18 são apresentados os dados mais detalhados dessa variação, comparando a área ocupada por cada faixa de percentual entre 2010 e 2011.

No ano de 2010 o menor valor foi 0,5% de COT, já em 2011 o menor valor foi de 0,18%. No ano de 2011 aumentou a área com valores abaixo de 0,5%, passando de 0% em 2010, para 40% em 2011, correspondendo 3338 m<sup>2</sup> do módulo. A faixa de 0,85% – 1,08% do COT reduziu de 45% da área em 2010, para 9% em 2011, a faixa de 1,08 – 1,68 reduziu de 26% da área em 2010, para 0% em 2011. As faixas restantes apresentaram um acréscimo de

9% para 29% na faixa de 0,5 - 0,65 e 20% para 22% na faixa de 0,65 – 0,85. Esses dados indicam uma redução do carbono após um ano de manejo.



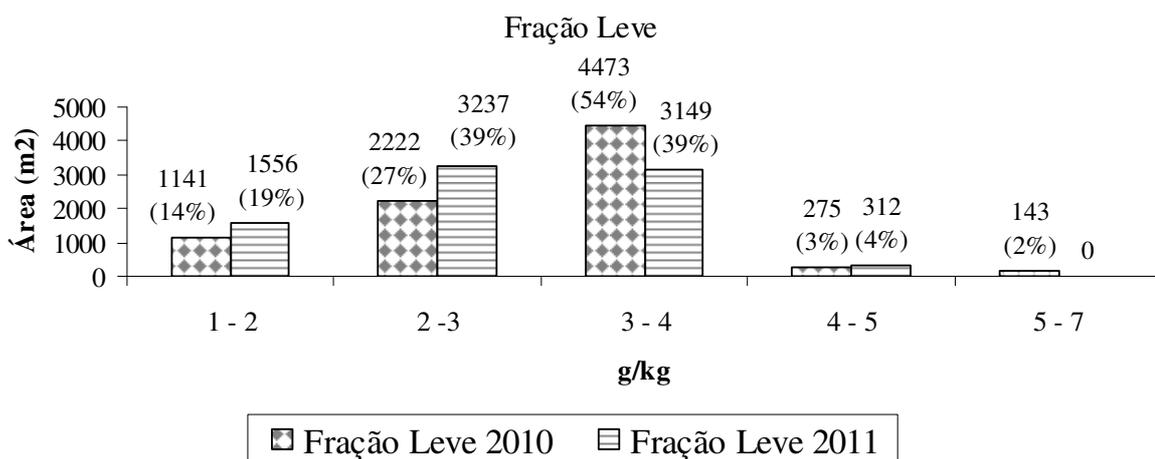
**Figura 17:** Mapas de variabilidade espacial do COT 2010 e 2011 e de Fração leve 2010 e 2011 no módulo experimental.



**Figura 18:** Estratificação das porcentagens de carbono e sua área ocupada no módulo experimental.

Nos mapas da fração leve, tem-se uma amplitude de 1g/kg de solo a 7g/kg em 2010 e de 1g/kg a 5g/kg em 2011. Na figura 19 são apresentados os dados mais detalhados dessa variação, comparando a área ocupada por cada faixa entre os 2010 e 2011.

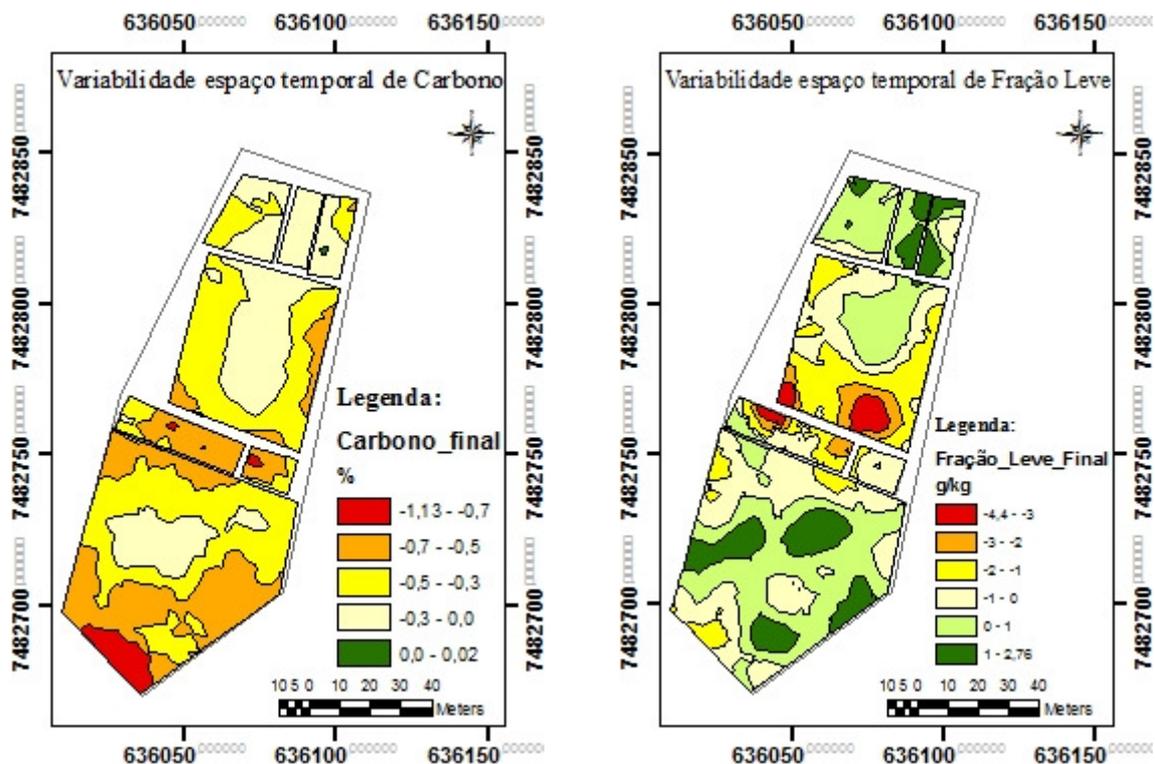
Nesse período ocorreu uma redução da área ocupada da faixa entre 3 – 4 g/kg, a qual em 2010 correspondia a 54% e em 2011 39%; a faixa de 5 – 7 reduziu de 2% da área em 2010 para 0% em 2011. Ocorreu um acréscimo de 14% em 2010, para 19% em 2011 na faixa de 1 – 2; de 27% em 2010, para 39% em 2011 na faixa de 2 – 3 e de 3% em 2010, para 4% em 2011 na faixa de 4 – 5. Nesse contexto, observa-se uma diminuição da fração leve, porém também houve um aumento importante. Ocorreu um equilíbrio maior entre as entradas e saídas de fração leve no módulo experimental.



**Figura 19:** Estratificação das porcentagens de carbono e sua área ocupada no módulo experimental.

Com os mapas de carbono de 2010 e 2011 foi possível realizar a álgebra de mapas que permitiu subtrair um mapa do outro, pixel a pixel, definindo assim quais as áreas que perderam ou ganharam nesse atributo. O mesmo foi realizado com os mapas de fração leve, elaborando os mapas de variabilidade espaço temporal (Figura 20). Esses mapas permitem a

melhor visualização das variáveis no espaço e no tempo, possibilitam o cruzamento com as informações dos cultivos.

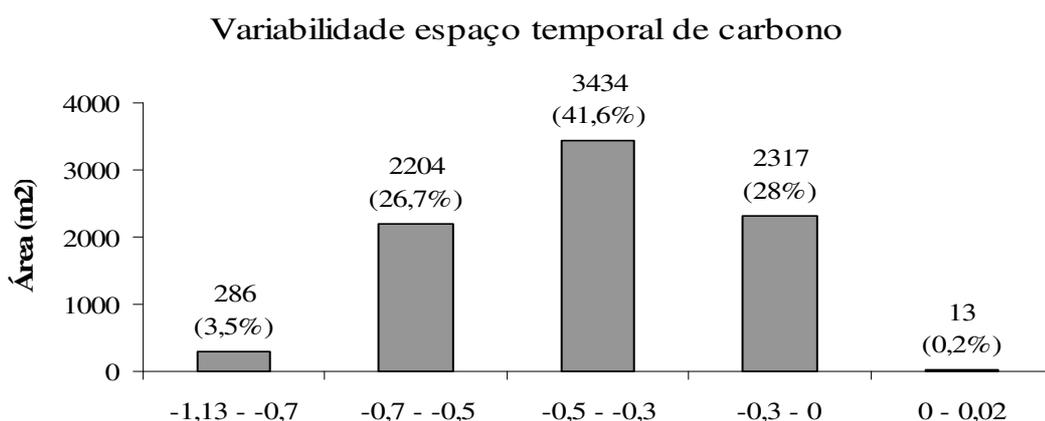


**Figura 20:** Mapas de variabilidade espaço-temporal do Carbono Orgânico Total e da Fração Leve no módulo experimental.

O mapa de variabilidade espaço temporal de carbono apresenta cinco faixas de variação. Os dados estão detalhados na Figura 21, indicando a área e a porcentagem de cada faixa do mapa. As áreas em vermelho representam aproximadamente 3,5% do módulo com 286 m<sup>2</sup>, indicando as áreas com maior redução de carbono. Importante ressaltar que essas áreas encontram-se em sua maioria nas glebas “Capineira” e “Gliricídia” (Figura 5).

A área em laranja com 26,7% do módulo, apontando uma redução um pouco menor que a anterior. Repetindo o ocorrido anteriormente com a maior localização dessa faixa nas glebas “Capineira” e “Gliricídia”, avançando para a gleba “Canteiros”. As próximas são as áreas em amarelo escuro com 41,6% do módulo, presente em todas as glebas, contudo apresenta maior expressão nas glebas “Canteiros” e “Capineira”.

A área em amarelo claro corresponde a 28% do módulo, demonstrando as menores reduções de carbono, praticamente uma faixa de equilíbrio, localizadas principalmente nas glebas “Canteiros” e “Telados”. Por fim, a área em verde com menos de 0,5% da área do módulo apresenta um ganho ínfimo de carbono. De forma generalizada há redução do carbono em praticamente 100% do módulo, onde as glebas que tiveram maior redução foram “Capineira” e “Gliricídia” em comparação com as glebas de cultivo intensivo “Canteiros” e “Telados”.



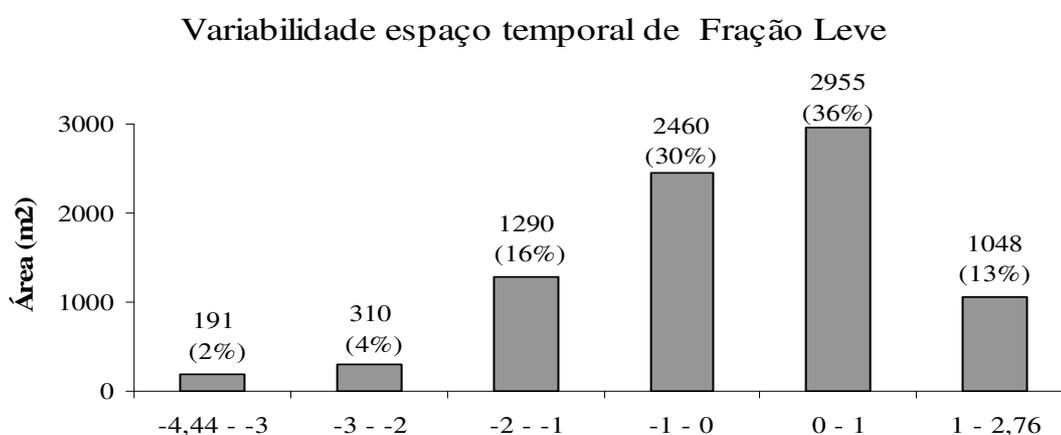
**Figura 21:** Estratificação das porcentagens da variabilidade espaço-temporal do carbono e sua área ocupada no módulo experimental.

O mapa de variabilidade espaço-temporal de fração leve apresenta seis faixas de variação. Os dados estão detalhados na Figura 22, indicando a área e a porcentagem de cada faixa do mapa.

As áreas em vermelho representam 2% do módulo, indicando as áreas com maior redução de fração leve. Na sequência, têm-se as áreas em laranja com 4% do módulo, apontando a uma redução um pouco menor que a anterior. Importante ressaltar que as áreas das duas faixas descritas encontram-se nas glebas “Canteiros” e “Gliricídia”, porém, são pouco representativas.

A área em amarelo escuro corresponde a 16% do módulo, apresentando redução menor que a anterior, localizada em sua maioria na gleba “Canteiros”. A área em amarelo claro corresponde a 30% do módulo, apresentando redução muito pequena. As áreas em tons verdes representam um aumento de fração leve de um ano para outro, o verde claro corresponde a 36% do módulo e o verde escuro corresponde a 13% do módulo. Essas faixas de acréscimo estão localizadas em sua maioria nas glebas “Capineira”, “Telados” e em menor expressão em “Canteiros”.

Os dados da fração leve apontaram faixas de ganho de um para o outro de 49% da área do módulo (Figura 22). Em contrapartida, as faixas de perdas mais expressivas ficaram com 22% do módulo, demonstrado uma dinâmica diferente do carbono orgânico total.



**Figura 22:** Estratificação das porcentagens da variabilidade espaço temporal do carbono e sua área ocupada no módulo experimental.

É importante ressaltar que com esses dados podem-se observar algumas tendências, mas ainda não são conclusivas, sendo fundamentais mais anos de monitoramento para compreender a dinâmica da matéria orgânica do solo no sistema orgânico de produção intensiva de hortaliças.

Contudo, analisando os mapas gerados, tem-se uma tendência de redução dos teores de carbono orgânico total, praticamente em toda a área. Observou-se também que as maiores perdas de carbono se deram nas regiões de menor teor de argila (2 a 5%), o que demonstra uma forte influência da textura na redução do carbono.

Na sequência são apresentados alguns estudos que explicam as propriedades e demonstram a dinâmica da MOS em diversos tipos de sistemas agrícolas. Estes podem contribuir para o entendimento da dinâmica da MOS ocorrida no módulo experimental e apontam algumas possibilidades que podem esclarecer a redução do COT.

Para Reinert et al (2006), o manejo da MOS em condições tropicais e subtropicais é complicado, devido às suas altas taxas de oxidação, agravado pelo revolvimento do solo que reduz a proteção da matéria orgânica dentro dos agregados e favorece as trocas gasosas, resultando em uma rápida queda do teor de MOS. A pesquisa destaca também que, em estudos feitos no Rio Grande do Sul, observou-se que os solos com textura argilosa apresentaram maiores teores de MOS, os quais decresciam com a diminuição do teor de argila.

Goedert & Oliveira (2007), também apontam a fragilidade dos solos arenosos em manter a MOS, agravada com o revolvimento do solo associado a altas temperaturas e a disponibilidade de água. Estes mesmos autores ressaltam a dificuldade da reposição da MOS nos trópicos.

Silva & Mendonça (2007) apontam a importância da argila na manutenção do teor de carbono no solo. Esta relação está fundamentada na capacidade da MOS em formar diversas ligações com partículas de alta superfície específica como argila e silte, possibilitando a proteção coloidal da MOS, sendo esta mais atuante nas camadas mais superficiais do solo. Ressaltam também o papel da argila na formação de agregados estáveis, protegendo a MOS dos microrganismos. Nos solos arenosos as perdas de carbono orgânico solúvel são maiores principalmente em áreas com alta pluviosidade.

Kuzyakov et al. (2000), chamam a atenção para a importância da atividade microbiana na decomposição da MOS. Nos solos originalmente ácidos e com baixos teores de nutrientes, é recorrente a calagem e adubação do solo para a implantação e desenvolvimento das culturas.

Essas atividades aumentam a disponibilidade de nutrientes para os microrganismos do solo, que ficam mais ativos e obtêm um acréscimo de sua população à medida que tem substrato orgânico no solo de uma fonte lábil de carbono orgânico, acarretando a redução da MOS anteriormente acumulada no solo. Primeiramente, crescerá a decomposição/mineralização da fração leve da matéria orgânica e depois para as substâncias húmicas, ou seja, a matéria orgânica mais estável. Esse efeito é conhecido na literatura como “priming”. Os autores ressaltam que para a estabilização do carbono orgânico no solo deve-se ater à quantidade e qualidade dos resíduos vegetais adicionados.

Outro ponto importante colocado por diversos autores é a importância da fração leve para incrementar a sensibilidade a alterações no solo, sendo mais uma ferramenta para a avaliação da qualidade do solo, principalmente em reduzido período de tempo. Isso é devido à alta taxa de decomposição da fração leve, em razão da sua composição química e à sua fácil disponibilidade aos microrganismos do solo (Golchin et al., 1997; Freixo, 2000; Bayer et al., 2001; Roscoe & Buurman, 2003; Roscoe et al., 2004; Conceição et al., 2005).

### 4.3.3. Teor de alumínio e pH do solo.

Visando complementar o estudo da qualidade do solo submetido ao manejo orgânico intensivo de hortaliças foram escolhidos indicadores que se modificam em um curto período de tempo como o pH e os teores de nutrientes no solo, atributos fundamentais para o desenvolvimento das culturas.

Devido à acidez, grande parte dos solos brasileiros demonstra dificuldades ao estabelecimento e desenvolvimento da produção agrícola para a maioria das culturas. A acidez de forma excessiva pode modificar propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos e condicionar o crescimento das culturas. Isso devido à acidez estar relacionada a baixos teores de cátions básicos (Ca e Mg), além da toxidez causada por Al e Mn em altas concentrações (Souza et al., 2007).

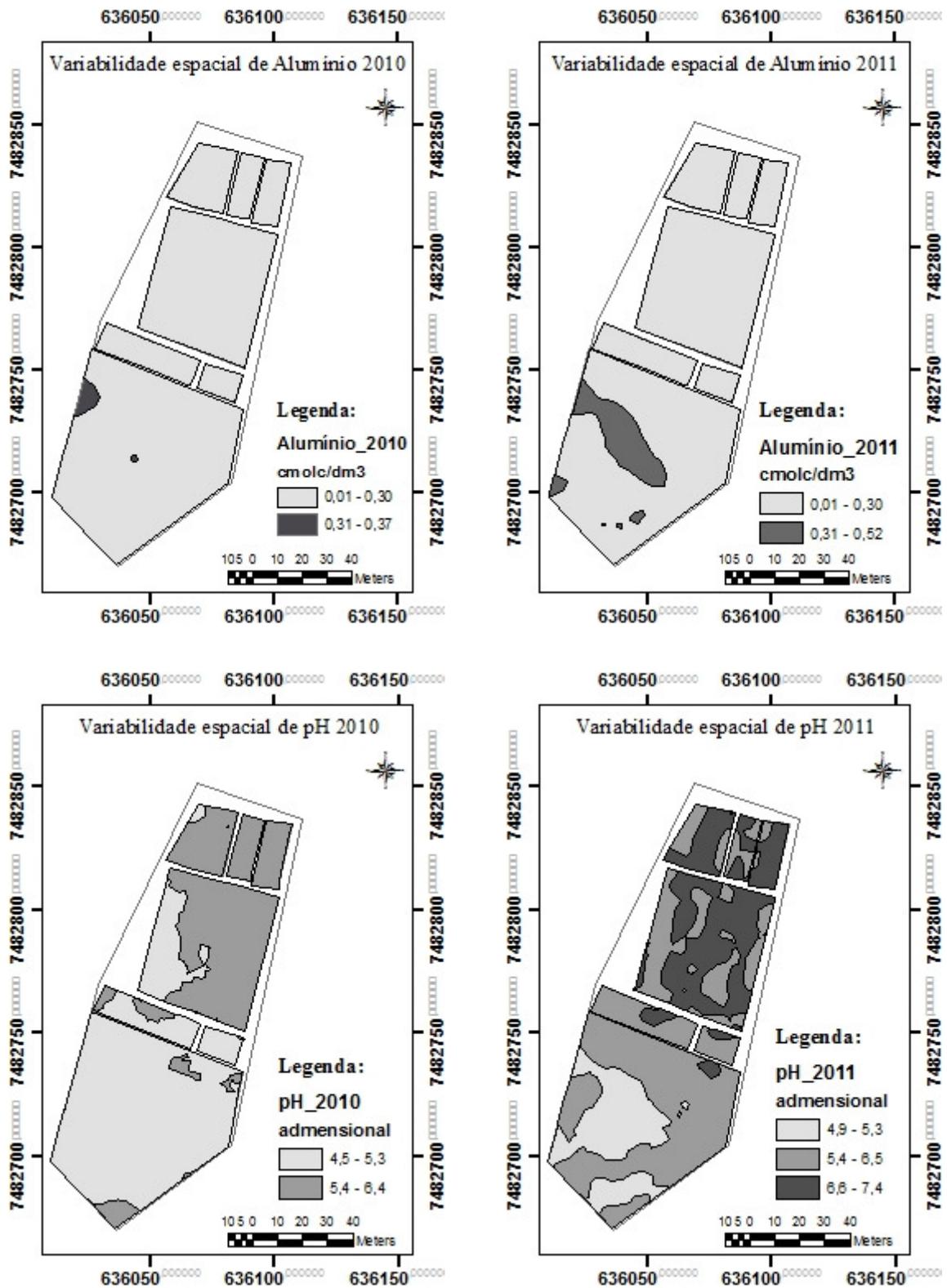
De forma generalizada, a maioria das culturas agrícolas tem seu desenvolvimento favorecido com o pH do solo na faixa de 5,5 a 6,5. O aumento da disponibilidade às plantas dos macronutrientes (N, K, Ca, Mg e S) é favorecida em pH na faixa de 6 a 6,5. Quando o pH do solo encontra-se com valores menores que 5,5 aumenta a possibilidade de problemas acarretados por elevados teores de Al e Mn que são tóxicos às plantas. O Al é o principal elemento tóxico em solos ácidos, prejudica diretamente o sistema radicular das plantas e indiretamente o seu desenvolvimento geral. Importante frisar que a solubilidade do Al é baixíssima ou nula em pH superior a 5,5. Já em pH abaixo de 5,0 a toxidez do Al é muito severa (MEURER, 2007).

Em condições naturais os solos podem ser ácidos, devido ao material de origem e também à intensidade do intemperismo (clima e organismos) atuando na sua formação. As regiões tropicais de clima úmido e subúmido, com altos índices pluviais, apresentam maior tendência à acidificação dos solos, decorrente da lixiviação de cátions como Ca, Mg, K e Na, que contribuem para o caráter básico do complexo de troca, favorecendo assim o aumento dos cátions Al e H que contribuem com a natureza ácida dos solos. Outro fator que contribui para elevar a acidez dos solos é a exportação dos cátions básicos através das colheitas das culturas, principalmente em solos cultivados intensamente.

A matéria orgânica tem um papel muito importante para a acidificação, podendo liberar bases, antes imobilizadas nos compostos orgânicos, para a solução do solo favorecendo o aumento do pH. Em contrapartida, a oxidação biológica dos resíduos orgânicos libera CO<sub>2</sub>, este reage com a água resultando na formação do ácido carbônico, que se dissocia e libera H, favorecendo a acidificação (Souza et al., 2007).

Nesse estudo foram feitas as análises de teor de alumínio e pH no solo do módulo experimental em agosto de 2010 e agosto de 2011, perfazendo um ano de manejo intensivo de cultivos de hortaliças orgânicas. Na Figura 23 estão os mapas de variabilidade espacial do alumínio 2010 e 2011 e de pH 2010 e 2011 do módulo.

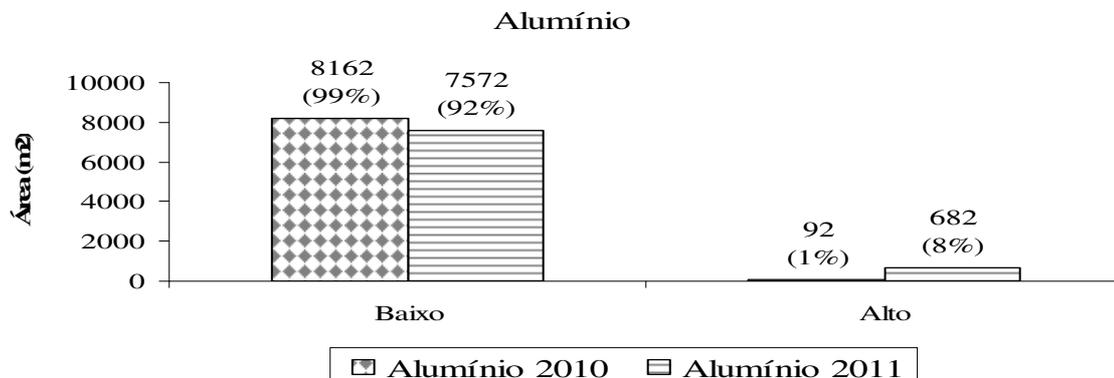
De acordo com o manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro, os parâmetros para o alumínio adotam que até 0,3 cmolc/dm<sup>3</sup> é considerado baixo nível de toxidez e acima desse valor é considerado alto nível de toxidez para as plantas (De-Polli et al., 1988).



**Figura 23:** Mapas de variabilidade espacial do alumínio em 2010 e 2011 e de pH em 2010 e 2011 no módulo experimental.

Como mostrado nos mapas de alumínio em 2010 e 2011 e detalhado na Figura 24, mais de 90% da área do módulo encontra-se em baixo nível de toxidez às plantas. Existem pequenas áreas com o teor de alumínio considerado alto e estão localizadas na gleba “Capineira”. Pode-se concluir que, nesse aspecto, não ocorreu mudança significativa após um

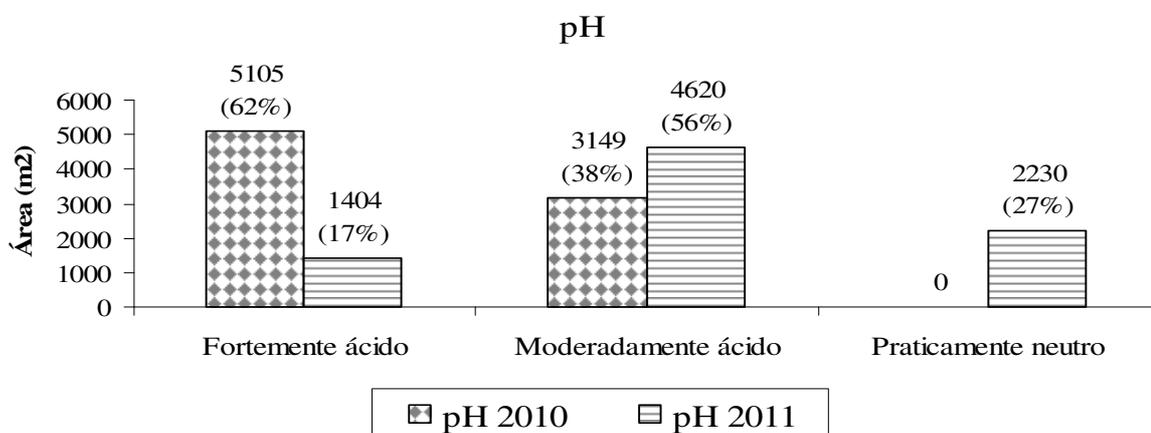
ano de cultivo intensivo e os solos do módulo não apresentam problemas de toxidez por alumínio.



**Figura 24:** Estratificação dos níveis de alumínio e sua área ocupada no módulo experimental.

No caso do pH, os parâmetros adotados no estado do Rio de Janeiro consideram que são solos extremamente ácidos aqueles que apresentam valores abaixo de 4,4; fortemente ácidos com valores entre 4,4 e 5,3; moderadamente ácidos com valores entre 5,4 e 6,5; praticamente neutros com valores entre 6,6 e 7,3; moderadamente alcalinos com valores entre 7,4 e 8,3 e, por fim, fortemente alcalinos com valores acima de 8,3 (De-Polli et al.,1988).

Como apresentado nos mapas de pH 2010 e 2011 e detalhados na Figura 25, ocorreu aumento do pH nos solos do módulo experimental. Houve uma redução da faixa de pH fortemente ácido e um aumento nas outras faixas. Um aumento significativo de pH ocorreu nas glebas “Canteiros” e “Telados”, onde são produzidas as hortaliças de fato. Nesse sentido, é possível notar uma melhora nesse aspecto nos solos do módulo após um ano de cultivo.



**Figura 25:** Estratificação dos níveis de pH e sua área ocupada no módulo experimental.

O que possivelmente explica esse comportamento é o fato de que em solos ácidos tem-se observado o aumento do pH com a adição de materiais orgânicos, tais como esterco bovino e resíduos vegetais, especialmente provenientes de adubos verdes. As espécies mais efetivas apresentam maiores teores de cátions e ácidos orgânicos de baixa massa molecular na fração carbono orgânico solúvel, que são capazes de consumir  $H^+$  da solução do solo mediante a protonação dos grupamentos funcionais, refletindo potencial efetivo em minimizar a acidez do solo (Franchini et al., 1999; Miyazawa et al.,2000; Franchini et al.,2003).

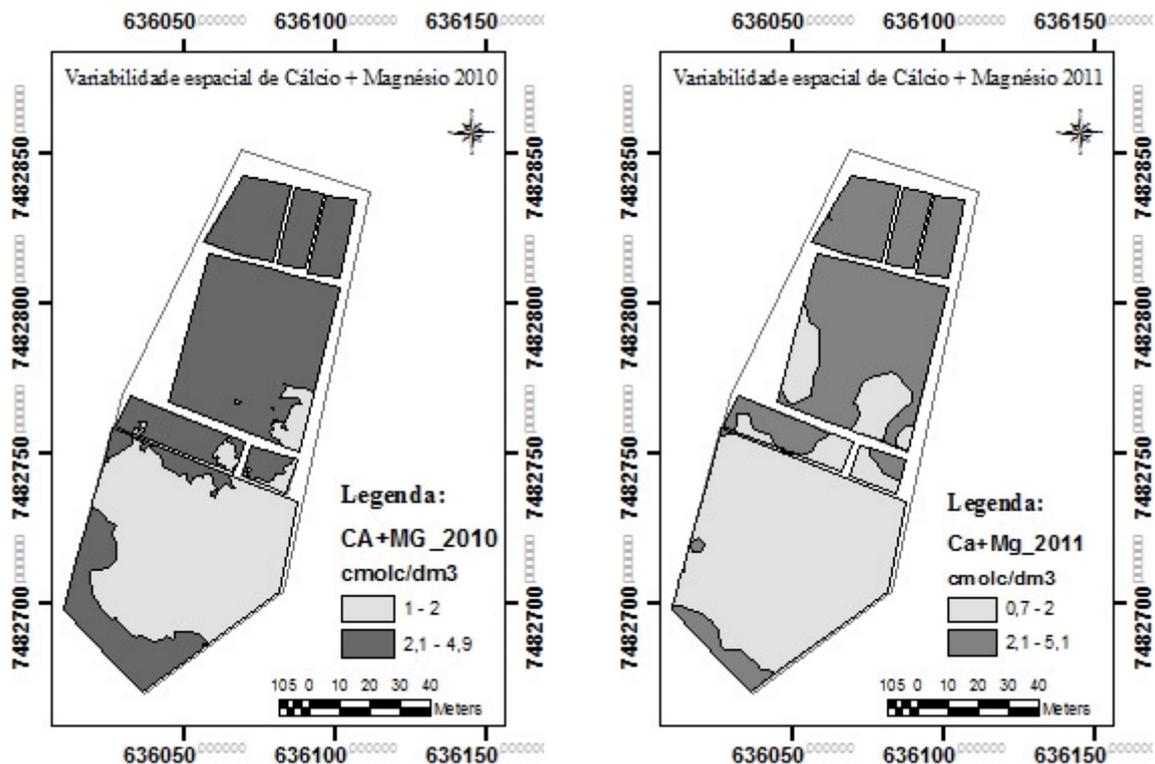
Vale a pena ressaltar a importância da matéria orgânica para a dinâmica da acidez dos solos. Com a adição de matéria orgânica pode ocorrer o aumento ou a redução do pH do solo, dependendo da predominância dos processos que consomem ou liberam  $H^+$ .

O aumento do pH pode ser decorrência de alguns processos: (a) redução da atividade de  $H^+$  resultante, principalmente, da liberação de cátions metálicos; (b) mineralização de formas orgânicas de N; (c) desnitrificação; e (d) descarboxilação dos ácidos orgânicos (Yan et al., 1996; Pocknee & Summer, 1997). A MOS pode contribuir também na redução da toxidez por Al devido sua capacidade de complexar esse elemento nos ácidos orgânicos (Silva & Mendonça, 2007).

#### 4.3.4. Fertilidade do solo.

Um atributo importante para o acompanhamento da qualidade do solo é a sua fertilidade, aspecto que pode complementar outros indicadores de qualidade do solo por ser facilmente monitorado através de análises de rotina. Com esse acompanhamento é possível conduzir os agroecossistemas respeitando a capacidade dos recursos de seus solos, visando também a manutenção da produção agrícola, com adubações necessárias a seu bom desenvolvimento, pois na maioria dos solos brasileiros os nutrientes não estão disponíveis na quantidade necessária a cultivos sucessivos ao longo do tempo (Nobre Junior, 2009).

As plantas demandam elementos químicos essenciais para o seu desenvolvimento, alguns são classificados como macro ou micronutrientes de acordo com as quantidades exigidas. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) são absorvidos em maior quantidade e os micronutrientes (B, CL, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) em menor quantidade pelas plantas. Esses nutrientes têm funções específicas no metabolismo das plantas, sua ausência ou excesso podem acarretar problemas ou até mesmo a morte desses indivíduos (Dechen & Nachtigall, 2007). Neste estudo foram feitas as análises dos teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio no solo do módulo experimental em agosto de 2010 e agosto de 2011. Seguem abaixo os mapas de variabilidade espacial de cálcio e magnésio:

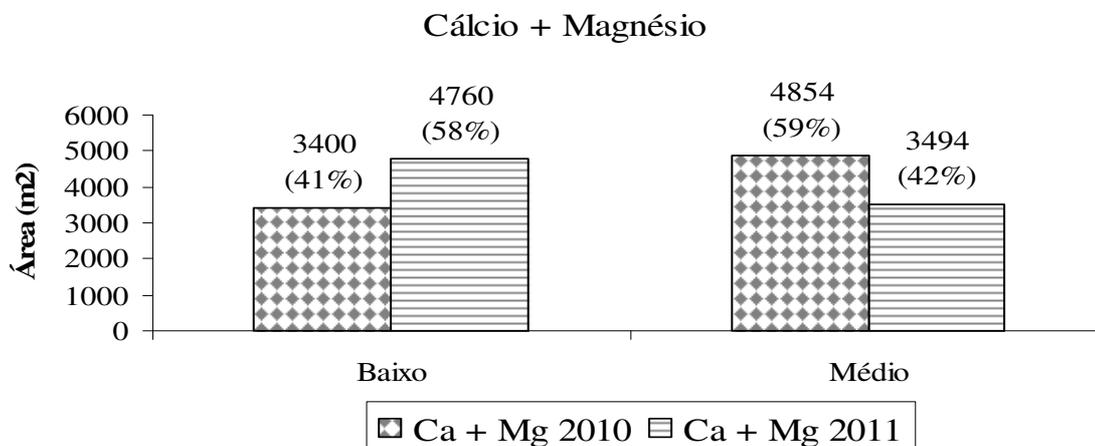


**Figura 26:** Mapas de variabilidade espacial do cálcio + magnésio 2010 e 2011.

Os parâmetros utilizados no estado do Rio de Janeiro para os teores de cálcio e magnésio no solo são classificados em quatro níveis: baixo, com valores abaixo de 2; médio,

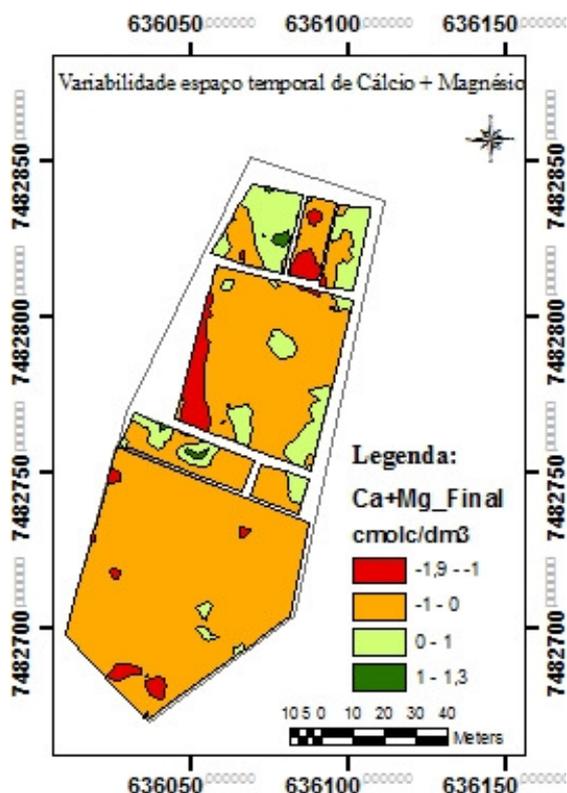
com valores entre 2,1 e 6; alto, com valores entre 6,1 e 10; e muito alto, com valores acima de 10 (De-Polli et al., 1988).

Como mostrado nos mapas de cálcio + magnésio e detalhados na Figura 27, os solos do módulo experimental têm os níveis baixo e médio em ambos os anos de análise.



**Figura 27:** Estratificação dos níveis cálcio + magnésio e sua área ocupada no módulo experimental.

No mapa de variabilidade espaço-temporal de Ca + Mg (Figura 28) são apresentadas quatro faixas de variação desses teores após um ano de cultivo intensivo de hortaliças.

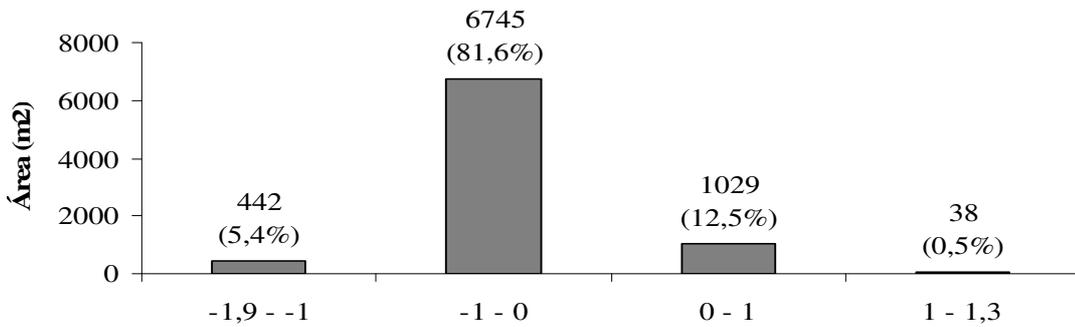


**Figura 28:** Mapa de variabilidade espaço-temporal de cálcio e magnésio no módulo experimental.

Os dados do mapa de variabilidade (Figura 28) estão detalhados na Figura 29, indicando a área e a porcentagem de cada faixa do mapa. As áreas na primeira classe do histograma (-1,9 a -1), em vermelho no mapa, representam cerca de 6% do módulo, indicando maior

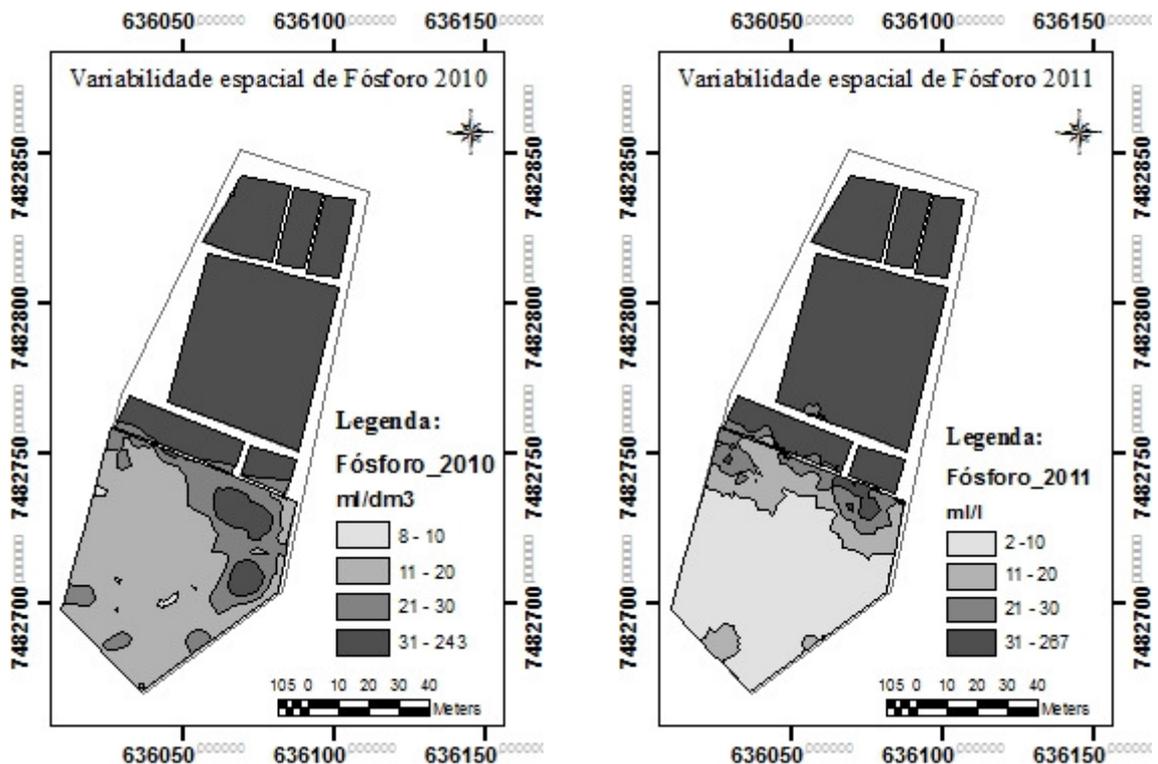
redução de Ca + Mg. As áreas na segunda classe (-1 a 0), em laranja no mapa, correspondem a 81,6% do módulo, apresentando redução de 1 cmolc/dm<sup>3</sup> em cada área demarcada, sendo a faixa mais expressiva abrangendo o módulo como um todo. As áreas na terceira classe (0 a 1), em verde claro no mapa, representam aumento desses teores, com 12,5% do módulo. Resumidamente, os dados de Ca + Mg apontaram uma redução em 87% da área do módulo.

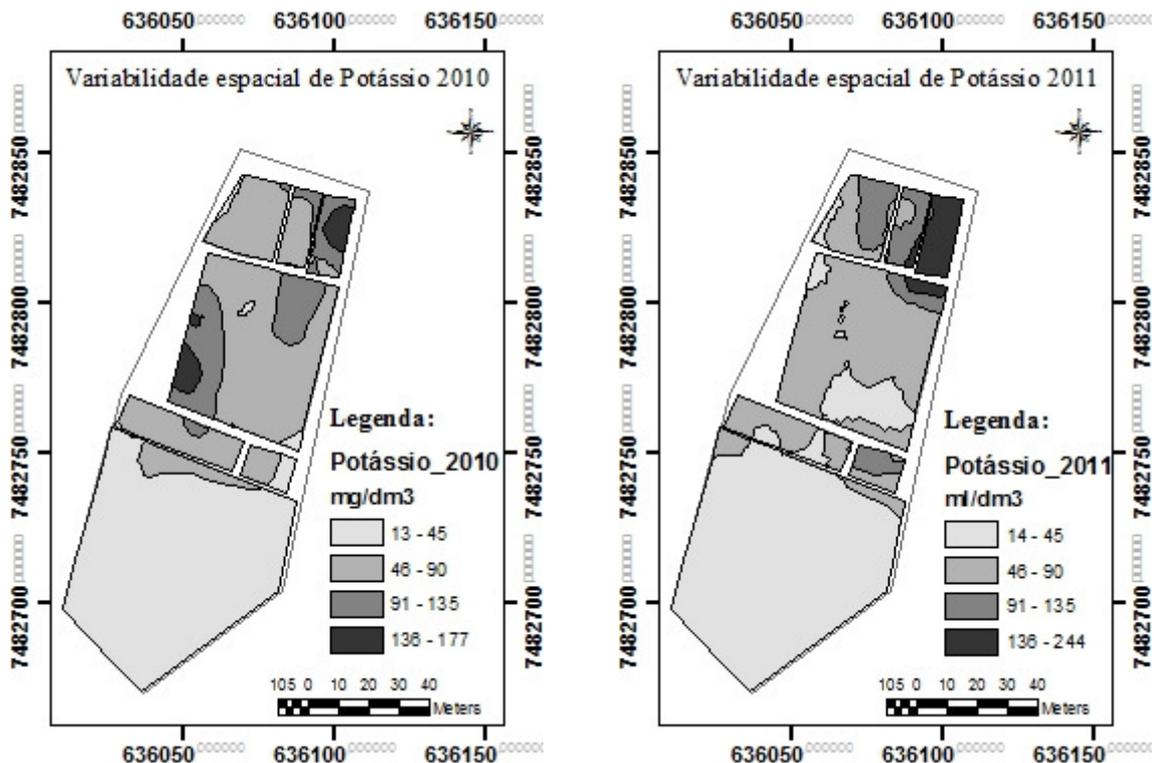
### Variabilidade espaço temporal de Cálcio e Magnésio



**Figura 29:** Estratificação das faixas da variabilidade espaço-temporal de cálcio e magnésio e sua área ocupada no módulo experimental.

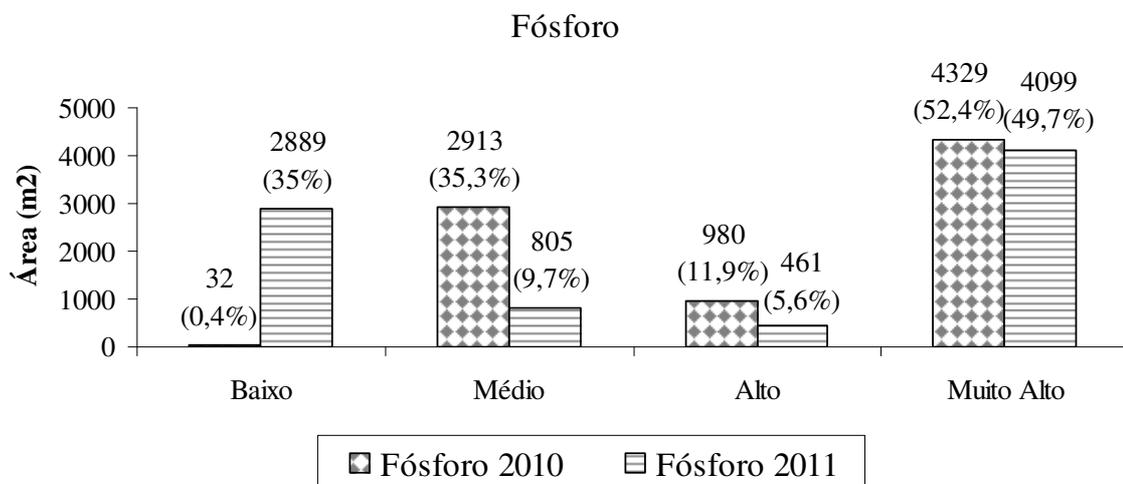
Dando sequência ao monitoramento dos nutrientes foram feitas as análises dos teores de fósforo e potássio no solo do módulo experimental em agosto de 2010 e agosto de 2011. Seguem na Figura 30 os mapas de variabilidade espacial de fósforo 2010 e 2011 e de potássio 2010 e 2011 do módulo.





**Figura 30:** Mapas de variabilidade espacial de fósforo 2010 e 2011 e de potássio 2010 e 2011 no módulo experimental.

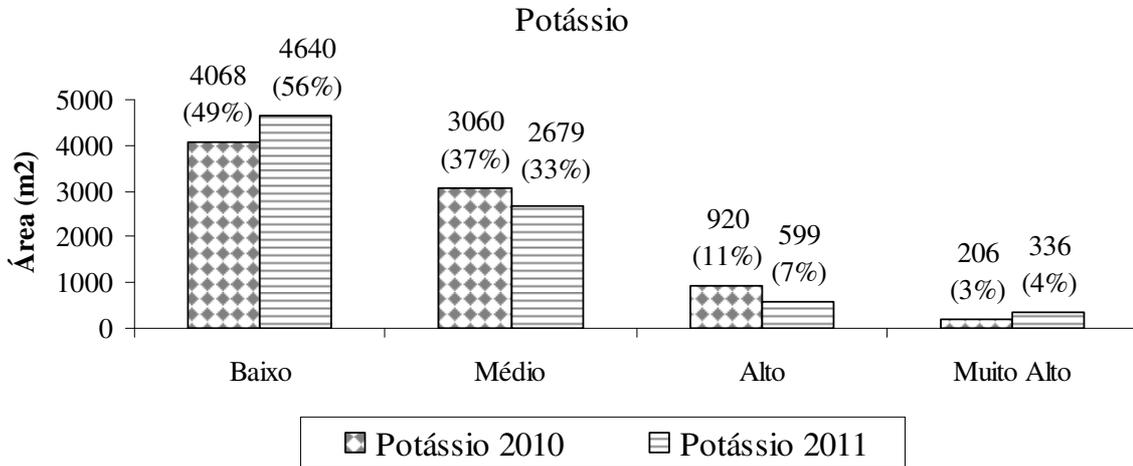
Os parâmetros utilizados no estado do Rio de Janeiro para os teores de fósforo no solo são classificados em quatro níveis: baixo, com valores abaixo de 10; médio, com valores entre 11 e 20; alto, com valores entre 21 e 30; e muito alto, com valores acima de 30 (De-Polli et al., 1988). Como mostrado nos mapas de fósforo e detalhados na Figura 31, os solos do módulo experimental, em ambos os anos de análise, apresentam em torno de 50% da área com teores de fósforo no nível muito alto. Vale ressaltar que esse nível de teor de fósforo encontra-se predominantemente nas glebas “Canteiros”, “Telados” e “Gliricídia”. Em contrapartida, ocorreu um crescimento do nível baixo de 0,4% para 35%, concentrada na gleba “Capineira”.



**Figura 31:** Estratificação dos níveis de fósforo e sua área ocupada no módulo experimental.

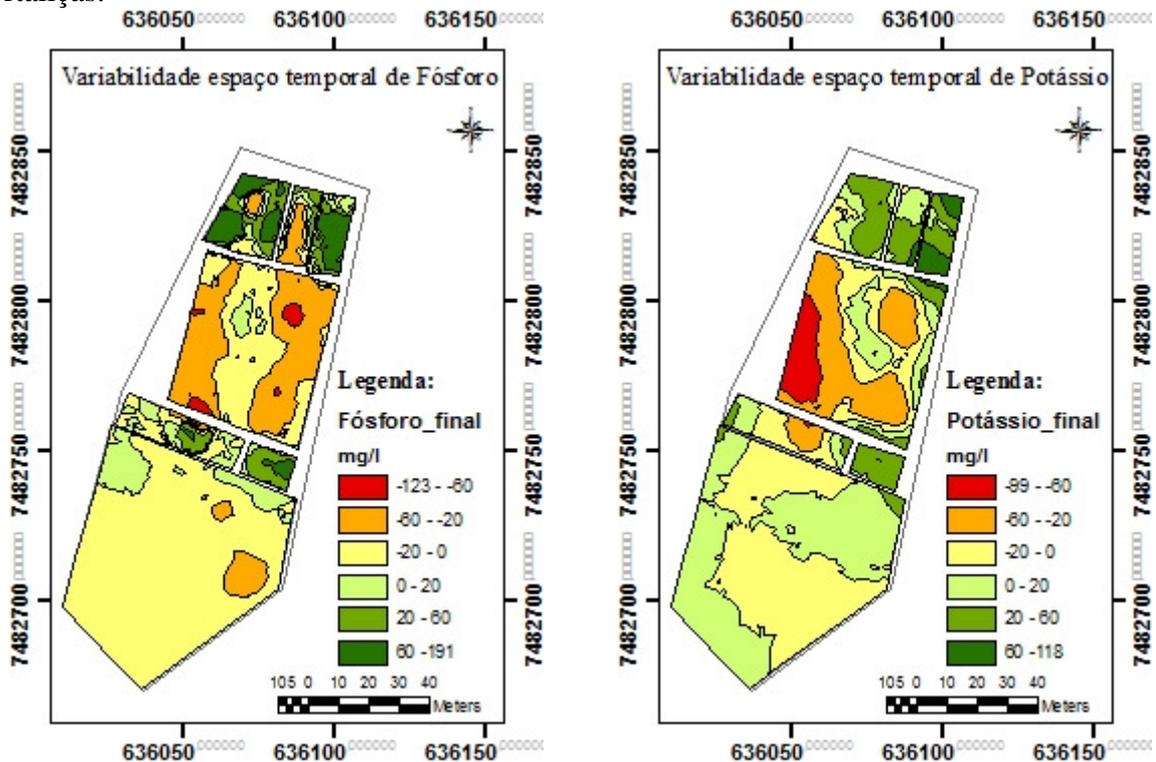
Os parâmetros utilizados no estado do Rio de Janeiro para os teores de potássio no solo são classificados em quatro níveis: baixo, com valores abaixo de 45; médio, com valores entre

46 e 90; alto, com valores entre 91 e 135; e muito alto, com valores acima de 135 (De-Polli et al.,1988). Como mostrado nos mapas de potássio e detalhados na Figura 32, os solos do módulo experimental, em ambos os anos de análise, apresentam em torno de 50% da área com teores de potássio no nível baixo, com um crescimento de 49% para 56% nesse nível. Nos níveis médio e alto ocorreram decréscimo e no nível muito alto um acréscimo inexpressivo.



**Figura 32:** Estratificação dos níveis de potássio e sua área ocupada no módulo experimental.

Nos mapas de variabilidade espaço temporal de fósforo e potássio (Figura 33) são apresentadas seis faixas de variação desses teores após um ano de cultivo intensivo de hortaliças.

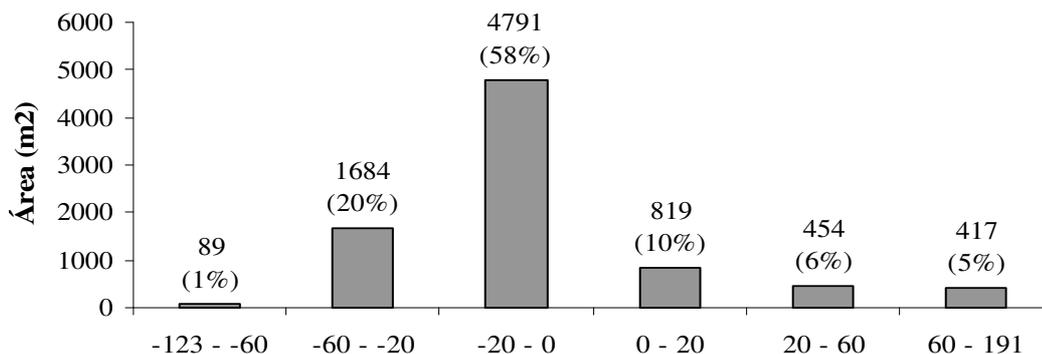


**Figura 33:** Mapas de variabilidade espaço-temporal do fósforo e do potássio no módulo experimental.

Os dados de fósforo estão detalhados na Figura 34, indicando a área e a porcentagem de cada faixa do mapa. As áreas em vermelho no mapa (Figura 33) representam 1% do módulo, indicando a maior redução de fósforo. As áreas em laranja com 20% do módulo, com a

redução entre -60 a -20. As áreas em amarelo representam 58% do módulo, indicando reduções desse nutriente na faixa de -20 a 0. Essa faixa é a mais expressiva, abrangendo principalmente as glebas “Capineira”, “Gliricídia” e “Canteiros”. As áreas em tons verdes representam um aumento desses teores, com 21% do módulo. Os dados de fósforo apontaram uma redução em 79% da área do módulo.

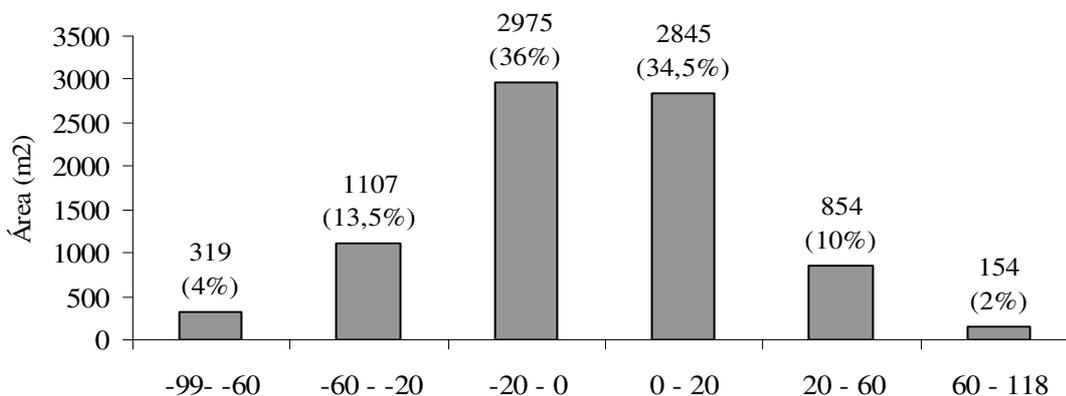
### Variabilidade espaço temporal de Fósforo



**Figura 34:** Estratificação das faixas da variabilidade espaço-temporal de fósforo e sua área ocupada no módulo experimental.

Os dados de potássio estão detalhados na Figura 35, indicando a área e a porcentagem de cada faixa do mapa. As áreas em vermelho no mapa representam 4% do módulo, indicando a maior redução de potássio. As áreas em laranja correspondem a 20% do módulo, com a redução entre -60 a -20. As áreas em amarelo representam 36% do módulo, indicando as reduções desse nutriente na faixa de -20 a 0. Essa faixa é a mais expressiva abrangendo o módulo como um todo. As áreas em tons verdes representam aumento desses teores, com 46,5% do módulo. Os dados de K apontaram uma redução em 53,5% da área do módulo.

### Variabilidade espaço temporal de Potássio



**Figura 35:** Estratificação das faixas da variabilidade espaço-temporal de potássio e sua área ocupada no módulo experimental.

Os dados mostram que a estratégia de utilização da geoestatística para entender a variabilidade dos fenômenos que podem interferir na produtividade e dinâmica de nutrientes é

promissora. É importante ressaltar que as hortaliças necessitam de grande quantidade de nutrientes em um período relativamente curto, ocasionando maior retirada dos solos.

#### 4.4. Análise Econômica do Módulo Experimental

A viabilidade econômica é uma condição essencial da sustentabilidade das atividades agrícolas. São utilizadas ferramentas clássicas das avaliações financeiras para se definir a viabilidade econômica de um sistema de produção. Dentro dessa concepção, se faz necessário analisar o componente de custos, visando avaliar a eficiência econômica das tecnologias desenvolvidas, pois dentro de um contexto de mercado altamente competitivo, somente serão adotadas tecnologias que efetivamente trouxeram retorno econômico ao agricultor.

##### 4.4.1. Custos fixos e variáveis

As despesas foram subdivididas em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são aqueles usados para implantação do módulo experimental, como os gastos com: cercamento da área, sistema de irrigação, ferramentas, a construção do galpão e tanque para a lavagem das hortaliças, construção dos telados, plantio das laranjas da capineira e legumineira e o custo de um ano de arrendamento da terra. Acrescido ao custo fixo, tem-se a depreciação de cada bem acima citado e seu custo de oportunidade, resultando no custo fixo mensal. O método de cálculo da depreciação utilizado é denominado método linear ou cotas fixas, que são calculadas dividindo-se o valor inicial do bem pelo número de meses ou anos de duração provável, deduzindo-se, do custo inicial um valor final presumido (Hoffman, 1987). A vida útil de cada bem de capital foi baseada em entrevista com os funcionários do SIPA. A maior participação dos custos fixos ficou com o sistema de irrigação (22%), seguido por ferramentas (20%) (Tabela 8).

**Tabela 8:** Custos fixos para a implantação do módulo experimental.

Custos Fixos	Valor (R\$)	%	Vida útil (meses)	Depreciação (mensal) (R\$)	Custo de oportunidade (mensal) (R\$)	Custo fixo (mensal) (R\$)
Cerca	2230,00	11	180	12,39	6,19	18,58
Sistema de irrigação	4423,30	22	85	51,09	25,54	76,63
Telados	2711,20	13	120	22,59	11,30	33,89
Galpão e tanque	3210,00	16	600	5,35	2,68	8,03
Ferramentas	4064,31	20	75	41,40	20,70	62,10
Capineira, legumineira e pomar	2290,43	11	255	3,46	1,73	5,19
Custo da terra	1440,00	7				
Valor Total	20369,24	100		136,28	68,14	204,41

Os custos variáveis foram o somatório com gasto em mão de obra, aluguel de máquinas, sementes, mudas, adubos, energia elétrica para irrigação e os gastos com a manutenção dos bens. A maior participação dos custos variáveis ficou com mão de obra e aluguel de máquinas com aproximadamente 60%, seguido por mudas com 25,7% e a adubação com 12% (Tabela 9). Os preços utilizados para a definição dos custos fixos e variáveis foram valores reais praticados no mercado local e regional. Na Tabela 10 tem-se o detalhamento mensal dos custos com mão de obra e aluguel de máquinas. Nos gastos com a mão de obra, a atividade que mais onera a produção é a capina manual (36%), seguida da colheita (24%) e do plantio (11%). Vale ressaltar que, a participação nos gastos com práticas sanitárias e pulverização com caldas orgânicas é insignificante com menos de 2% do total gasto com mão de obra (Tabela 10). Os custos com mão de obra, detalhados por mês,

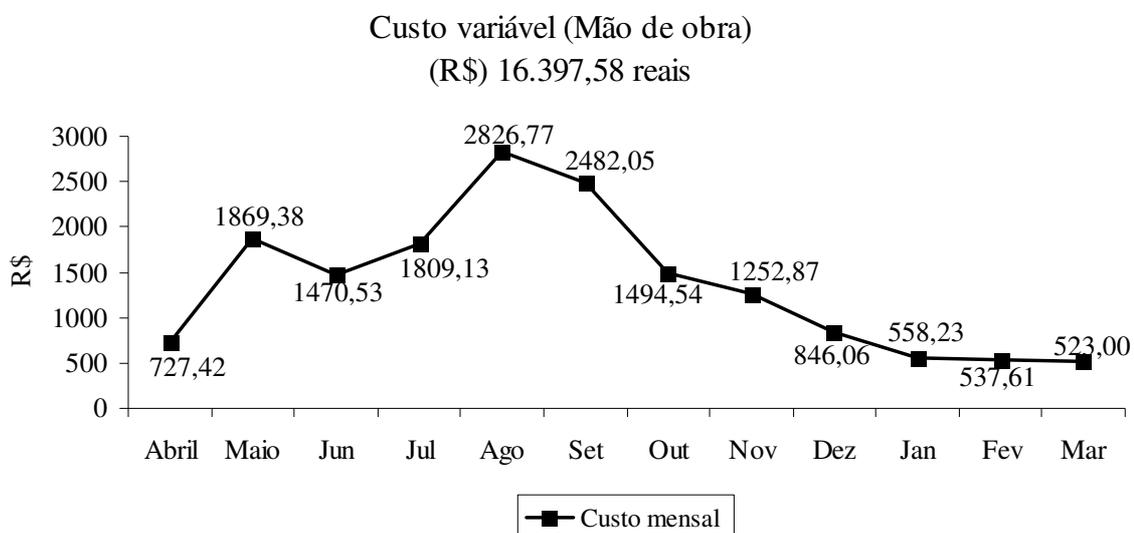
apontam que ocorreram os maiores gastos nos meses de agosto e setembro e os menores gastos nos meses de janeiro, fevereiro e março (Figura 36).

**Tabela 9:** Detalhamento dos custos variáveis do módulo experimental.

Custos Variáveis		
Tipo de custo	Valor (R\$)	%
Mão de obra e aluguel de máquinas	16.397,58	59,6
Mudas	7072,85	25,7
Adubação	3310,07	12,1
Custo de manutenção	370	1,3
Energia Elétrica	221,9	0,8
Sementes	126,88	0,5
<b>Total</b>	<b>27.499,28</b>	<b>100</b>

**Tabela 10:** Detalhamento dos custos com mão de obra do módulo experimental.

Custo anual com mão de obra		
Tipo de mão de obra	Valor (R\$)	%
Capina manual	5802,35	35,3
Colheita	3995,62	24,4
Plantio	1861,7	11,4
Preparo do solo manual	1456,14	8,9
Capina mecanizada	1095,55	6,7
Preparo do solo mecanizado	780,45	4,8
Adubação	662,92	4
Irrigação	527,63	3,2
Práticas sanitárias	147,79	0,9
Pulverização de caldas	67,43	0,4
<b>Total</b>	<b>16.397,6</b>	<b>100</b>



**Figura 36:** Detalhamento do custo mensal com mão de obra.

**Tabela 11:** Resumo de custo com mão de obra no módulo experimental, no período de abril de 2011 a março de 2012.

Tabela Resumo de Custo com mão de obra													Custo anual da atividade (R\$)
Atividades	2011									2012			
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	
<b>Preparo do solo</b>													
<b>Manual (H/H)</b>	10,92	18,73	21,12	20,83	67,00	65,20	25,67	24,30	6,73	4,17	1,41	11,28	
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	
Custo Mensal (R\$)	57,33	98,33	110,88	109,36	351,75	342,30	134,77	127,58	35,33	21,89	7,40	59,22	1456,14
<b>Mecanizado (H/M)</b>													
Aração	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Valor (H/M) (R\$)		70,00											33,60
Gradagem	1,04	0,43	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Valor (H/M) (R\$)	70,00	70,00				70,00							157,50
Encantrar	1,50	1,57	0,88	0,67	0,35	0,00	0,00	1,72	0,24	0,00	0,00	0,00	
Valor (H/M) (R\$)	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00			70,00	70,00				485,10
Agrale com grade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	
Valor (H/M) (R\$)										35,00			8,75
Tobata	0,20	1,30	0,00	0,52	0,00	0,70	0,00	0,58	0,00	0,52	0,00	0,00	
Valor (H/M) (R\$)	25,00	25,00		25,00		25,00		25,00		25,00			95,50
Custo Mensal (R\$)	182,80	206,10	61,60	59,90	24,50	72,10	0,00	134,90	16,80	21,75	0,00	0,00	780,45
<b>Adubação (H/H)</b>													
<b>Manual (H/H)</b>	9,52	16,79	14,72	9,02	24,82	32,35	6,20	4,74	5,34	1,67	0,00	1,10	
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	
Custo Mensal (R\$)	49,98	88,15	77,28	47,36	130,31	169,84	32,55	24,89	28,04	8,77	0,00	5,78	662,92
<b>Plantio (H/H)</b>													
<b>Manual (H/H)</b>	26,48	44,70	23,03	41,03	67,53	50,20	22,82	25,70	14,87	13,83	1,80	7,12	
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	
Custo Mensal (R\$)	139,02	234,68	120,91	215,41	354,53	263,55	119,81	134,93	78,07	72,61	9,45	37,38	1780,33
<b>Capina</b>													
<b>Manual (H/H)</b>	28,05	164,57	121,48	84,20	214,65	169,80	111,58	64,38	76,20	38,70	5,80	25,80	
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	
Custo Mensal (R\$)	147,26	863,99	637,77	442,05	1126,91	891,45	585,80	338,00	400,05	203,18	30,45	135,45	5802,35

<b>Mecanizada (H/M)</b>															
Trator com roçadeira	0,96	0,44	0,00	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	0,00			
Valor (H/M) (R\$)	70,00	70,00			70,00						70,00		204,40		
Agrale com roçadeira	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,22	1,04	0,00	0,70	0,00	0,00			
Valor (H/M) (R\$)						35,00	35,00	35,00		35,00			99,05		
Roçadeira costal*	0,47	11,03	1,72	7,02	0,00	4,67	10,17	3,24	13,55	7,94	7,78	14,01			
Valor (H/M) (R\$)	8,00	8,00	8,00	8,00		8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	478,48		
Trator com grade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Valor (H/M) (R\$)					70,00								28,70		
Custo Mensal	70,96	119,04	13,76	56,16	135,10	67,81	89,06	62,32	108,40	88,02	172,84	112,08	1095,55		
<b>Colheita (H/H)</b>	6,25	34,37	70,62	145,07	117,72	110,20	90,37	66,37	26,87	18,04	49,22	25,97			
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25			
Custo Mensal (R\$)	32,81	180,44	370,76	761,62	618,03	578,55	474,44	348,44	141,07	94,71	258,41	136,34	3995,62		
<b>Pulverização/Caldas(H/H)**</b>	0,00	0,44	0,34	0,00	0,24	0,59	0,00	1,25	0,17	0,00	0,25	0,00			
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25			
Custo Mensal (R\$)	0,00	6,36	5,39	0,00	4,89	11,30	0,00	35,26	2,93	0,00	1,31	0,00	67,43		
<b>Preparo de mudas (H/H)</b>	0,00	4,40	0,60	0,00	0,34	5,05	0,00	1,37	0,00	3,74	0,00	0,00			
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25			
Custo Mensal (R\$)	0,00	23,10	3,15	0,00	1,79	26,51	0,00	7,19	0,00	19,64	0,00	0,00	81,38		
<b>Práticas sanitárias (H/H)</b>	0,00	2,87	5,15	8,84	4,04	1,17	3,57	0,00	0,74	1,77	0,00	0,00			
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25			
Custo Mensal (R\$)	0,00	15,07	27,04	46,41	21,21	6,14	18,74	0,00	3,89	9,29	0,00	0,00	147,79		
<b>Irrigação (H/H)</b>	9,00	6,50	8,00	13,50	11,00	10,00	7,50	7,50	6,00	3,50	11,00	7,00			
Valor (H/H) (R\$)	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25			
Custo Mensal (R\$)	47,25	34,13	42,00	70,88	57,75	52,50	39,38	39,38	31,50	18,38	57,75	36,75	527,63		
Custo mão de obra	2011											2012			16.397,58
	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar			
	727,42	1869,38	1470,53	1809,13	2826,77	2482,05	1494,54	1252,87	846,06	558,23	537,61	523,00			

Obs: \* O gasto com gasolina está inserido nas horas trabalhadas.

\*\* O gasto com as caldas está inserido nas horas trabalhadas.

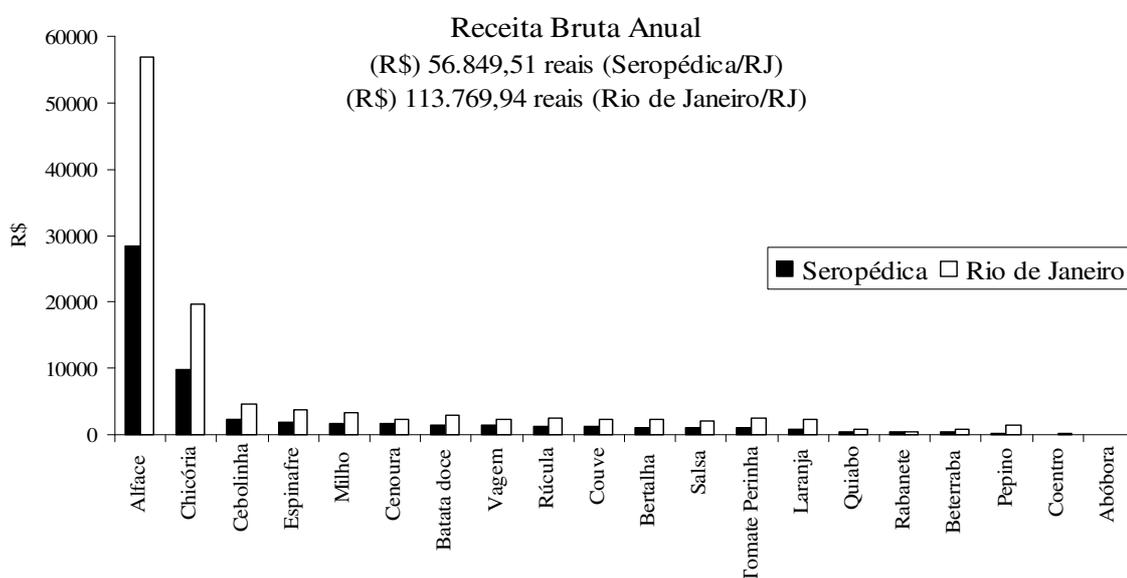
#### 4.4.2. Receitas bruta e líquida

Baseado no estudo de perfil de mercado de produtos orgânicos, realizado pelo SEBRAE em 2010, que apontou as três formas básicas que os produtores rurais têm para comercializar seus produtos: venda direta ao consumidor em feiras orgânicas, entrega da produção a distribuidores autônomos e para empresas de beneficiamento e distribuição (supermercado, hotel, restaurante, loja especializada, etc). Neste estudo foram escolhidas duas formas para simular a comercialização dos produtos do módulo experimental, visando obter a receita bruta dos 24 tipos de hortaliças produzidas durante um ano.

A primeira forma considera a comercialização dos produtos localmente, entregue a um ponto de venda especializado administrado pelo Colégio Técnico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CTUR/UFRRJ). Para esse tipo de comercialização, o agricultor tem um acréscimo às despesas de 20% da receita da venda de seus produtos para a administração do ponto de venda.

A segunda forma utiliza a venda direta ao consumidor em feiras. Nesse estudo as feiras de referência são pertencentes ao Circuito Carioca de Feiras Orgânicas, na cidade do Rio de Janeiro. Ocorre em três dias da semana, nos bairros da Glória, Leblon, Ipanema. Nesse tipo de venda, o produtor tem custos adicionais, com o aluguel da barraca (R\$ 15,00), a remuneração do gerente da feira (R\$ 8,00), a contribuição para a ABIO (R\$ 2,00) (Fonseca, et al.,2011) e o custo de um dia de trabalho (R\$ 35,00). Com o frete de Seropédica para a cidade do Rio de Janeiro (R\$ 300,00), totalizando trezentos e vinte e cinco reais (R\$ 360,00) por dia de feira. Nos meses de maiores produções de hortaliças, de junho a novembro, serão simuladas as vendas em três dias da semana, totalizando quatro mil e trezentos e vinte reais (R\$ 4.320,00) por mês. Nos meses restantes as vendas serão simuladas em uma feira por semana, totalizando um mil e quatrocentos e quarenta reais (R\$ 1.440,00).

Na Tabela 12 é apresentado o detalhamento da colheita dos 24 produtos do módulo experimental, com os valores unitários, gerando as receitas brutas por cultura de cada tipo de comercialização. As receitas brutas de (R\$) 56.849,51 reais e (R\$) 113.769,94 reais simulando a venda em Seropédica e na cidade do Rio de Janeiro, respectivamente. Importante a comparação da renda por cultura na venda em Seropédica e no Rio de Janeiro, dando destaque para a cultura da alface com 50% (americana, crespa, crespa vermelha, lisa e roxa) seguida pela cultura da chicória com 17% (Figura 37 e Tabela 12).



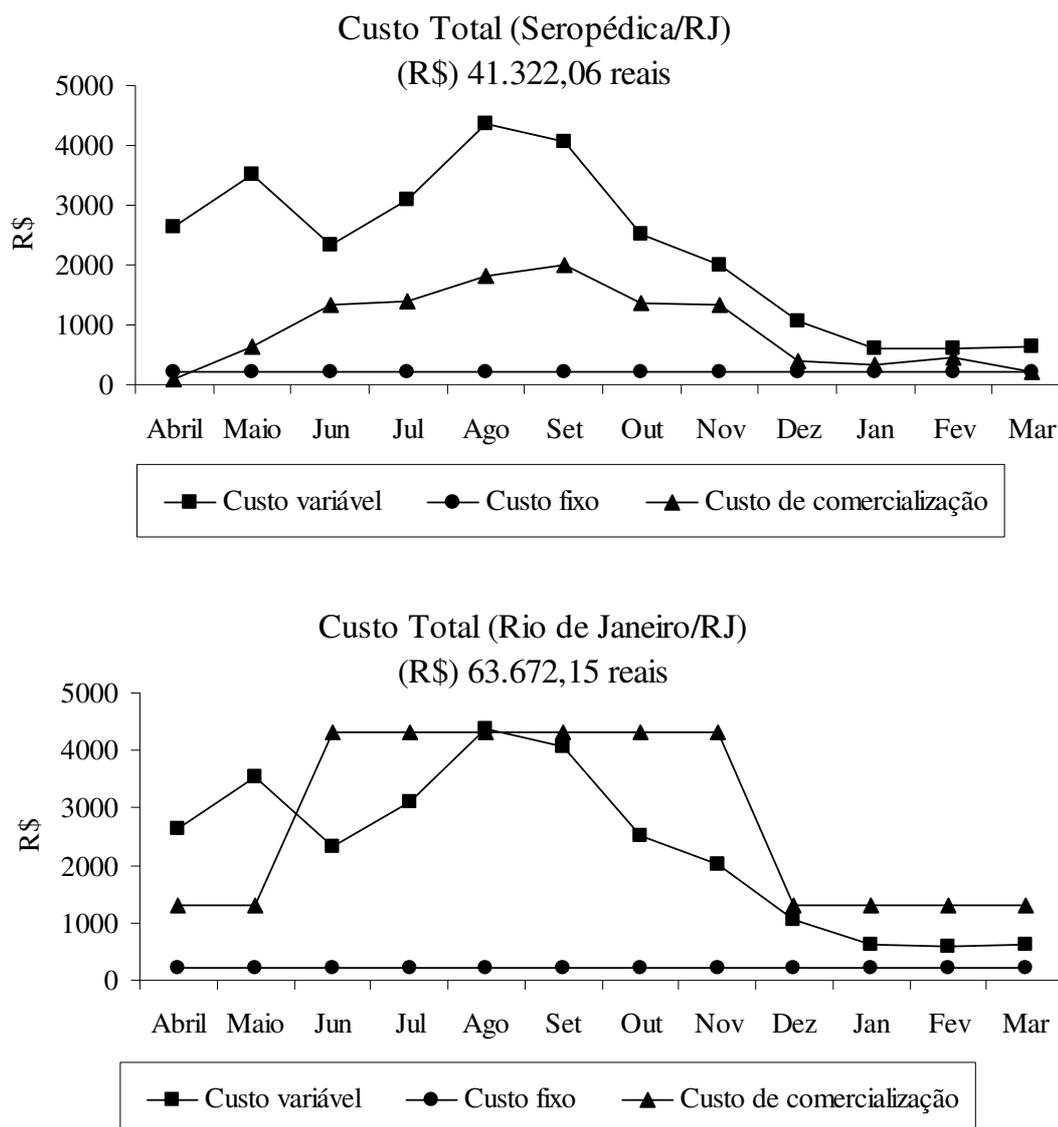
**Figura 37:** Comparação da renda por cultura na venda em Seropédica e no Rio de Janeiro.

**Tabela 12.** Detalhamento da colheita e receita bruta por cultura, no período de abril 2011 a março de 2012.

Produtos	Colheita		Valor médio unitário (R\$)			Receita Bruta por Cultura (R\$)		
	Pés ou molhos (unidade)	Massa total (kg)	Seropédica/RJ	Feira Orgânica no Rio	Seropédica/RJ	% da Receita Bruta	Feira Orgânica no Rio	% da Receita Bruta
1 Abóbora goianinha	0	5	2,00	4,00	11	0,02	21	0,02
2 Alface Americana	6562	2114	1,00	2,00	6562	11,54	13124	11,54
3 Alface Crespa	9008	2131	1,00	2,00	9008	15,85	18016	15,84
4 Alface Crespa Vermelha	3342	737	1,00	2,00	3342	5,88	6684	5,88
5 Alface Lisa	7101	1527	1,00	2,00	7101	12,49	14202	12,48
6 Alface Roxa	2434	273	1,00	2,00	2434	4,28	4868	4,28
7 Batata doce	0	751	2,00	4,00	1502	2,64	3003	2,64
8 Bertalha Verde	1145	600	1,00	2,00	1145	2,01	2290	2,01
9 Beterraba	300	380	1,50	3,00	450	0,79	900	0,79
10 Cebolinha	2266	491	1,00	2,00	2266	3,99	4532	3,98
11 Cenoura	797	1025	2,00	3,00	1594	2,80	2391	2,10
12 Coentro	100	15	1,00	2,00	100	0,18	200	0,18
13 Couve	1175	525	1,00	2,00	1175	2,07	2350	2,07
14 Chicória	9788	2994	1,00	2,00	9788	17,22	19576	17,21
15 Espinafre	1839	1136	1,00	2,00	1839	3,23	3678	3,23
16 Laranja	0	462	2,00	5,00	924	1,63	2311	2,03
17 Milho	3362	735	0,50	1,00	1681	2,96	3362	2,96
18 Pepino	0	287	1,00	5,00	287	0,50	1433	1,26
19 Quiabo	0	161	3,00	5,00	482	0,85	804	0,71
20 Rabanete	229	121	2,00	2,00	458	0,81	458	0,40
21 Rúcula	1305	537	1,00	2,00	1305	2,30	2610	2,29
22 Salsa	1024	155	1,00	2,00	1024	1,80	2048	1,80
23 Tomate Cereja	0	319	3,00	8,00	956	1,68	2548	2,24
24 Vagem	0	472	3,00	5,00	1416	2,49	2361	2,08
<b>Total</b>	<b>51777</b>	<b>17952</b>			<b>56.849,51</b>	<b>100</b>	<b>113.769,94</b>	<b>100</b>

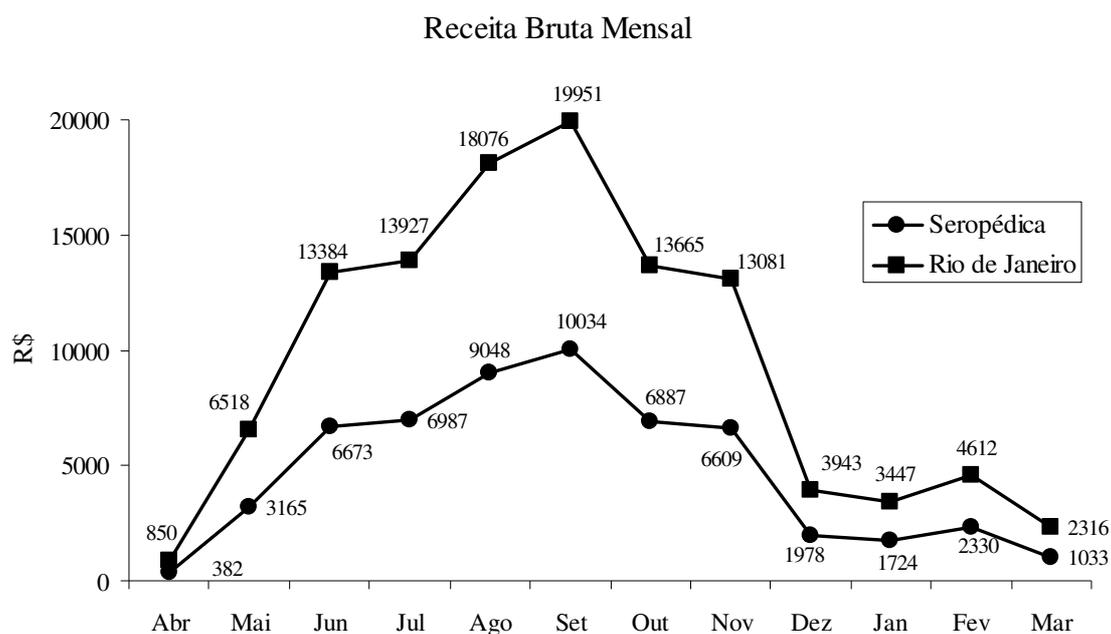
A receita líquida (RL) é o valor obtido da dedução dos custos total (CT) da receita bruta. Os custos totais são o somatório dos custos variáveis da produção, custo de comercialização e custo fixo mensal. Importante ressaltar que os custos fixos não são assimilados totalmente pelo produto no curto prazo, ou seja, considera-se apenas a parcela da sua vida útil, por meio da depreciação e também o custo de oportunidade (Reis, 2002).

Ambas as formas de comercialização apresentam o custo variável total de (R\$) 27.499,24 reais e o custo fixo mensal de (R\$) 204,41 reais. No caso do custo de comercialização anual ocorreu uma variação de (R\$) 11.369,90 reais em Seropédica e (R\$) 33.720,00 reais no Rio de Janeiro. Assim, o custo total é de 41.322,06 reais e de (R\$) 63.672,15 reais, em Seropédica e no Rio de Janeiro, respectivamente (Figura 38).



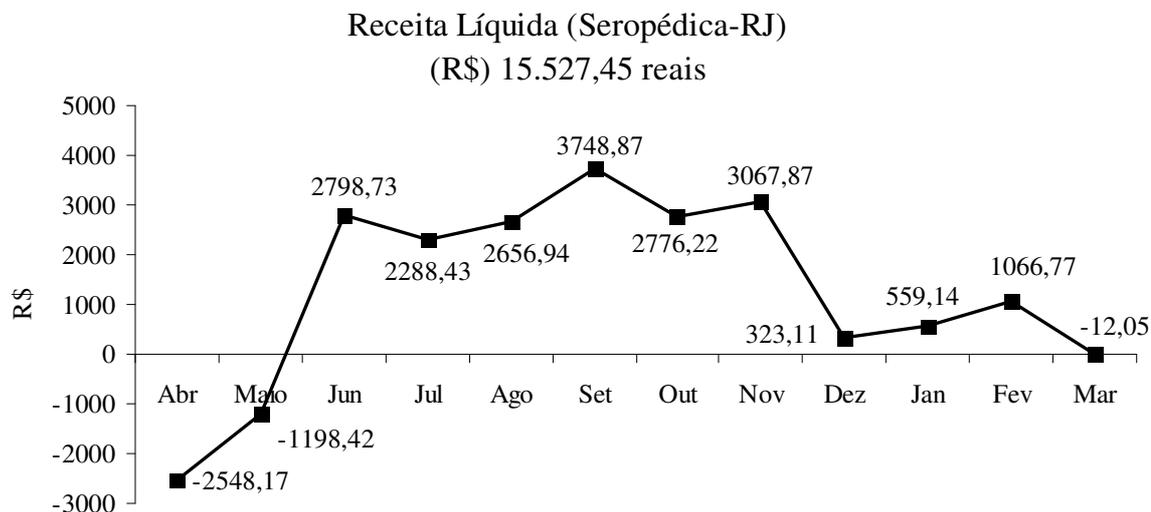
**Figura 38:** Custos totais do módulo experimental.

Segue abaixo o gráfico (Figura 39) com o detalhamento mensal da receita bruta nos dois sistemas de comercialização. O aumento da receita entre os meses de junho a novembro deve-se ao período de maior produção de hortaliças.

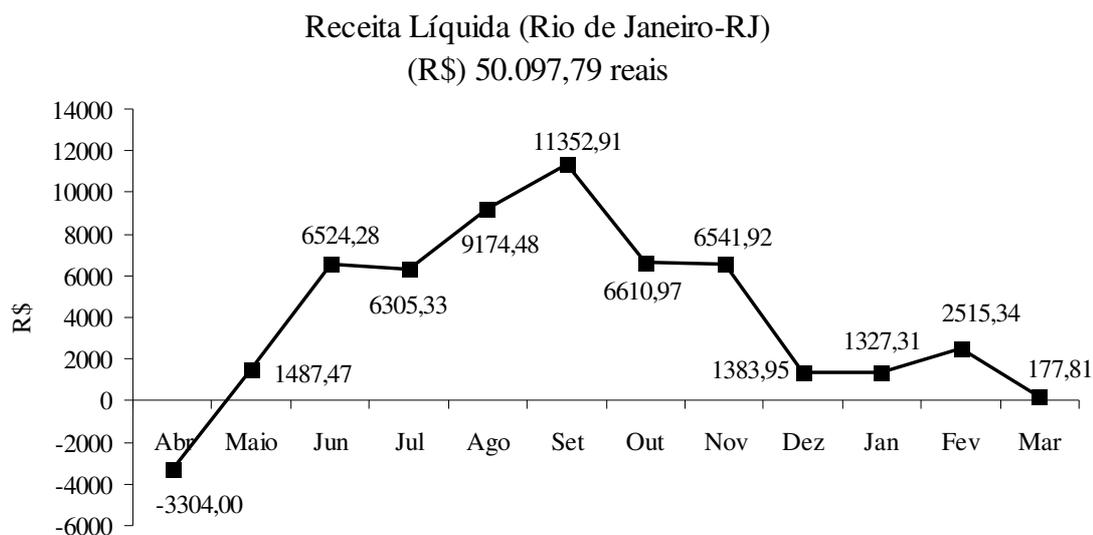


**Figura 39:** Receitas brutas mensais do módulo experimental.

Com os dados de receita bruta e custo total foi calculada a receita líquida de cada sistema de comercialização (Figuras 40 e 41). Com as vendas em Seropédica a receita líquida foi de (R\$) 15.527,45 reais e no Rio de Janeiro (R\$) 50.097,79 reais, uma diferença de (R\$) 34.570,33 reais mostrando que a comercialização no Rio de Janeiro é mais rentável.



**Figura 40:** Receita líquida mensal do módulo experimental, no período de abril de 2011 a março de 2012, considerando a simulação de comercialização no CTUR/UFRRJ.



**Figura 41:** Receita líquida mensal do módulo experimental, no período de abril de 2011 a março de 2012, considerando a simulação de comercialização na Feira da Glória pertencente ao Circuito Carioca de Feiras Orgânicas.

Em Seropédica, os meses com maior renda líquida foram setembro e novembro, os meses com receita líquida negativa foram abril, maio e março. Já no Rio de Janeiro, os meses com maior renda líquida foram setembro e agosto e apenas o mês de abril ficou com receita líquida negativa.

#### 4.4.3. Eficiência econômica do módulo experimental

A situação econômica da empresa agrícola pode ser avaliada por diversas maneiras, que são complementares. Uma primeira aproximação poderia ser obtida através da relação benefício-custo (RB/C).

$$(RB/C) = \frac{\text{Renda Bruta}}{\text{Custo Total}}$$

No caso para a comercialização em Seropédica seria:

$$RB/C = R\$ 56.849,51 / R\$ 41.322,06 = 1,37$$

Pode-se sugerir, desta forma, ocorreria um retorno de cerca de 37% para os investimentos totais. Para as avaliações econômicas clássicas, isso demonstra a viabilidade econômica de tal empreendimento, considerando as condições ambientais, sociais e econômicas presentes quando do estudo.

A situação a seguir mostra-se mais promissora ainda. É bom lembrar que a característica que diferencia da primeira situação é quanto à forma e local de comercialização. Sendo que, a comercialização é feita diretamente no Circuito Carioca de Feiras Orgânicas, no caso, a Feira da Glória, Rio de Janeiro.

Para a comercialização no Rio de Janeiro tem-se:

$$RB/C = R\$ 113.769,94 / R\$ 63.672,15 = 1,78$$

Percebe-se que nesta situação tem-se o retorno de 78%, o que não surge do nada. Seria o resultado de um longo processo de organização social e política, em que agricultores se

fortaleceram ao procurar uma ação participativa e associativa, presentemente, no estado do Rio de Janeiro via SPG coordenado pela ABIO. Isso reflete os aspectos objetivos da sustentabilidade social, considerando as dimensões ambiental, econômica e social. Importante ressaltar que é necessário o acompanhamento econômico no decorrer dos anos do empreendimento agrícola, pois diversos fatores, principalmente ambientais, podem influenciar na produtividade e na renda.

Mesmo a questão social não sendo abordada neste estudo, pode-se fazer uma abstração. A maior remuneração conseguida no circuito foi obtida a partir da organização e de um processo de empoderamento que as famílias de agricultores obtiveram a partir de um longo e complexo período e processo organizacional fomentado por ações de setores da sociedade civil, como a ABIO, entre outras.

Esse ganho econômico não é fruto exclusivo dos aspectos técnicos produtivos, mas, sim, de uma agregação de valor, fruto da combinação dos aspectos técnico-produtivos com os organizacionais e políticos.

## 5. CONCLUSÕES

A instalação do módulo de pesquisa mostrou-se metodologicamente adequado para avaliar a sustentabilidade, no entanto, para se obter conclusões mais consistentes é necessário um período maior de monitoramento. Apesar disso, algumas tendências foram observadas, são elas:

A ferramenta geoestatística mostrou-se adequada para caracterizar as mudanças ocorridas nos solos do módulo experimental. Baseado nos mapas gerados constatou-se a redução dos teores de carbono orgânico total, praticamente em toda a área. Observou-se também que as maiores perdas de carbono se deram nas regiões de menor teor de argila (2 a 5%). Com relação aos nutrientes, constatou-se a redução nos teores de P, K e Ca+Mg. Observou-se também que as maiores perdas de P e K se deram na gleba de canteiros, conseqüência provável da exportação desses nutrientes devido às colheitas das hortaliças. Em relação ao teor de alumínio não ocorreu mudança significativa após um ano de cultivo, não apresentando toxidez por esse elemento. Ocorreu um aumento do pH, principalmente nas áreas de produção, possivelmente, esse aumento está relacionado à adição de materiais orgânicos.

A produção de hortaliças orgânicas no módulo experimental na “Fazendinha Agroecológica Km 47” demonstrou ser viável economicamente em ambas as formas de simulação de vendas. Vale destacar que, a renda pode ser maior quando os produtos são comercializados diretamente aos consumidores, demonstrando a importância da organização política e social dos agricultores familiares visando à cooperação e ao fortalecimento de vias de comercialização, como o Circuito Carioca de Feiras Orgânicas, exemplificado neste estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUD, A. C.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. Doze anos de Fazendinha Agroecológica do km 47: uma parceria entre UFRRJ, Embrapa Agrobiologia e PESAGRO-Rio: Concurso Nacional de Sistematização de Experiências sobre Agroecologia e Agriculturas Alternativas. 2005. 31 p. (Embrapa Agrobiologia, Documentos).
- ABBOUD, A. C.; JESUS, E. L.; CEDDIA, M. B.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. Relatório do Levantamento de Sustentabilidade de Propriedades Agrícolas Orgânicas do Município de Paty do Alferes-RJ. Projeto de Extensão e Pesquisa, financiado pelo CNPQ: Diversificação da Produção Orgânica e Manejo da Fertilidade. UFRRJ. 2005. 21 p.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002, 592 p.
- ALTIERI, M. A. A dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004, 110 p.
- ASSAD, M. L.L., HAMADA, E., CAVALIERI, A. Sistemas de informações geográficas na avaliação de terras para agricultura. In: Eduardo Delgado Assad; Edson Eyji Sano. Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura. 2 ed: Brasília: Embrapa SPT/Embrapa-CPAC, 1998. p. 191- 232.
- ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A R. O processo de conversão de sistemas de produção de hortaliças convencionais para orgânicos. RAP . 41(5), 2007, 863-85.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-26.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PILLON, C. N. & SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical No-Till cropping systems. Soil Sci. Soc. Am. J., 65:1473-1478, 2001.
- BRAGA, L.; DRUCK, S. Analysis of soil properties by geostatistical methods. Geostatistical for nest century. In: An International Forum in Honor of Michel David's Contribution to Geostatistics. 1993, Montreal, Quebec, Canada. Proceedings... (S. I.: s. n.), 1993.
- BOBER, M.L., WOOD, D., MCBRIDE, R.A. Use of digital image analysis and GIS to asses regional soil compaction risks. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 62, 1996,1397-1404.
- BOLCA, M.; TURKYILMAZ, B.; KURUCU, Y.; ALTINBAS, U.; ESETLILI M. T.; GULGUN, B. Determination of impact of urbanization on agricultural land and wetland land use in Balçovas' Delta by remote sensing and GIS technique. Environ Monit Assess. 131, 2007, 409-419.
- BONHAM-CARTER, G.F. Geographic Information Systems for geoscientists: Modelling with GIS. Computer methods in the geosciences, England, Pergamon. vol. 13. 1996. 398p.
- BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. (Monographs on Soil and Resources Survey). Oxford University Press. Oxford-Great Britain. 1990. 194p.

- BURGES, T.M.; WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping. I. The semivariogram and punctual kriging. *J. of Soil Science*, v.31:315-332, 1980a.
- BURGES, T.M.; WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping. II. Block kriging. *Journal of Soil Science*, v.31:333-342, 1980b.
- BURGES, T.M.; WEBSTER, R.; McBRATNEY, A.B. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. IV. Sampling strategy. *J. of Soil Science*, v.32, p.643-659, 1981.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S.de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: *Sistemas de Informações Geográficas (Aplicações na agricultura)*. 2ª ed revista e ampliada. Serviço de Produção de Informação. EMBRAPA-CPAC. Brasília-DF. 1998. 434p.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:777-788, 2005.
- DECHEN, A. R. & NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 91-133.
- DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. Manual de adubação para o Rio de Janeiro. Itaguaí: Ed. Universidade Rural, 1988. 179 p.
- DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. de. (Ed.) *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 368 p.
- DEPONTI, C. M.; ALMEIDA, J. Indicadores para a avaliação da sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local. In: *CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE SOCIOLOGIA RURAL*. VI, novembro de 2002, Porto Alegre. Anais: ALASRU: 2002.
- DEUTSCH, C. V. & JOURNEL, A. G. *GSLIB. Geostatistical Software Library and User's Guide*. 2nd ed. Oxford University Press, 1998. 369p.
- DIAS, J. E. Monitoramento do uso da terra e dos níveis de nutrientes do solo no Sistema Integrado de Produção Agroecológica utilizando geoprocessamento. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro 111p. Seropédica, RJ, 2007.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B. A. (eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).
- ERDOGAN, E. H.; ERPUL, G.; BAYRAMIN, I. Use of USLE/GIS Methodology for Predicting Soil Loss in a Semiarid Agricultural Watershed. *Environ Monit Assess*, 131, 2007, 153-161.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro. 1997. 247p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento semidetalhado dos solos da área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) – km 47- Seropédica, RJ. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos 1999. CD-ROM (Embrapa Solos Boletim de Pesquisa, n 5).

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de hortaliças. II Plano Diretor da Embrapa Hortaliças. Brasília, 2000, 44p.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. Uso de leguminosas herbáceas para a adubação verde. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.) Agroecologia: princípios e técnicas para a agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 517p.
- FONSECA, M. F. de A. C. Agricultura orgânica: regulamentos técnicos para acesso aos mercados dos produtos orgânicos no Brasil. Niterói: PESAGRO-RIO, 2009. 119p.
- FONSECA, M. F. de A. C.; RIBEIRO, C. B.; SIQUEIRA, A. P. P.; MACHADO, A. P.; SILVA, G. R. R.; ASSIS, R. L. Circuito Carioca de Feiras Orgânicas: a expansão da venda direta de alimentos orgânicos, o controle social, a regulamentação da agricultura orgânica e os princípios do comércio justo e solidário. Trabalho apresentado no III Colóquio de Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural. Porto Alegre, 17 e 18 de novembro de 2011. 13p.
- FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. & MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 34: 2267-2276, 1999.
- FRANCHINI, J. C.; HOFFMAN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Organic composition of green manure during growth and its effects on cation mobilization in an acid Oxisol. *Comm. Soil Sci. Plant.*, 34: 2045-2058, 2003.
- FREIXO, A.A. Caracterização da matéria orgânica de latossolo sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectroscopia de infravermelho. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 86p. (Tese de Mestrado)
- GLIESSMAN, R. S. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001, 653p.
- GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. de. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 991-1017.
- GOLCHIN, A; BALDOCK, J. A. & OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R., ed. Soil process and the carbon cycle. Boca Raton, CRC, 1997. p. 245-266 (Advances in Soil Science)
- GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 74:367–385.
- HOFFMANN, R. Administração da empresa agrícola. 5ª edição. Ed. Pioneira, São Paulo. 1987. 325 p.
- IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008\\_2009\\_aquisicao/default.pdf\\_001.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/default.pdf_001.shtm). Acesso em: 26/04/2012.
- ISAAKS, E.H.; SIVASTAVA, R.M. Applied Geostatistics. Oxford University Press, Oxford. 1989. 560 pp.
- LESSCHEN, J. P.; KOK, K.; VERBURG P. H. ; CAMMERAAT, L.H. Identification of vulnerable areas for gully erosion under different scenarios of land abandonment in Southeast Spain. *Catena* .71, 2007, 110–121.

- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. Soil Sci.*, v.1:277-294, 1985.
- LOWRANCE, R. H.; PAUL, F. & ODUM, E.P. A hierarquical approach to sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*. V.1., n.4. 1986.
- KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B. A. (eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35)
- KHATOUNIAN, C. A. A reconstrução ecológica da agricultura. Botucatu: Livraria e Editora Agroecológica, 2001, 348p.
- KIEHL, J. E. Manual de edafologia. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979, 264p.
- KOZIOSHI, G. V.; CIOCCA, M. L. S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. *Ciência Rural*. 30, (4), 2000, 737-745.
- KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J. K. & STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem*, 32: 1485-1498, 2000.
- McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of Soil Science*, 37:617-639, 1986.
- MARTINS, R. B. Variabilidade de *Cercospora coffeicola* em Minas Gerais com base em compatibilidade vegetativa e produção de cercosporina. 2007. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 86p. Viçosa, MG, 2007.
- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 66-86.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O [Ed.]. *Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 654p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. 2000. (Encarte Técnico Informações Agronômicas, 92).
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. *Agenda 21 brasileira: bases para discussão*. Brasília: MMA : PNUD, 2000
- MOURA, L.A. A. DE. *Qualidade e gestão ambiental*. São Paulo. Juarez de Oliveira, 2004.
- NEVES, M.C.P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R ; RIBEIRO, R. L D; ALMEIDA, D.L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha km 47. In: AQUINO, A M.; ASSIS, R. L. (Orgs.) *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável*. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2005, p.149-172.
- NEVES, M. C. P.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. *Agricultura orgânica – uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis*. Seropédica: Editora Universidade Rural do Rio de Janeiro, 2004. 113p

- NEVES, M.C.P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R ; RIBEIRO, R. L D; ALMEIDA, D.L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha km 47. In: AQUINO, A M.; ASSIS, R. L. (Orgs.) Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável .Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2005, p.149-172.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 133-204.
- NOBRE JUNIOR, A. A. Sustentabilidade de sistemas de produção sob manejo orgânico em unidades familiares, na Região Serrana Fluminense. 2009. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro 197p. Seropédica, RJ, 2009.
- OLIVEIRA. F.L., RIBAS, R.G.T., JUNQUEIRA, R.M., GUERRA, J.G. M. ALMEIDA, D. L., RIBEIRO, R. L. D. Avaliação Agronômica do consórcio entre repolho e rabanete sob manejo orgânico. Comunicado Técnico, 48, 2001, 7p.
- OLIVEIRA. F.H., VEIGA, B. Cultura orgânica. Editora Desiderata, Rio de Janeiro. 2010, 119p.
- OLIVEIRA, A. A. Análise dos impactos das políticas de desenvolvimento regional na bacia do alto Paraguai. Ensaios e Ciências, Campo Grande, 6 (3) , 2002, 39-66.
- OTTONI FILHO, T.B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. Revista Brasileira de Ciência de Solo, 27:211-222, 2003.
- PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; ZONTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v. 28, n. 1, p. 207-213, 2004.
- PETERSEN, G. W., Bell, J. C., McSweeney, K., Nielsen, G. A., Robert P.C. Geographic Information Systems in agronomy. Advances in Agronomy. Academic Press. 1995. Vol. 55. 67-111p.
- PLANT, R.E. Site specific management: the application of information technology to crop production. Computers and electronics in agriculture. Elseviers Science B.V., Volume 30, 9-29 pp. 2001.
- POCKNEE, S. & SUMMER, M. E. Cation and nitrogen contents of organic matter determine its soil liming potential. Soil Sci. Soc. Am. J., 61: 86-92, 1997.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do Solo. In: Quirijn de Jong van Lie. Física do Solo. 1 ed: Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.29-103.
- REIJNTJES, C.; HAVERKORT, B.; WATERS-BAYER, A. Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos. AS-PTA, Rio de Janeiro. 1994, 324p.
- REINERT, D.J.; REICHERT, D.J.; VEIGA, M. & SUZUKI, L.E.A.S. Qualidade física dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA,16., Aracaju, 2006. Resumos e Palestras. Aracaju, 2006. CD-ROM.
- REIS, R. P. Fundamentos de economia aplicada. UFLA/FAEPE, Lavras. 2002, 95p.
- ROSCOE, R. & BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. Soil Till. Res., 70: 107-119, 2003.

- ROSCOE, R. & BUURMAN, P.; van LANGEN, B. & VELTHORST, E. Transformations in occluded light fraction organic matter in a clayey Oxisol: Evidence from <sup>13</sup>C-CPMAS-NMR and <sup>13</sup>C signature. R. Bras. Ci. Solo, 28: 811-818, 2004.
- SANO, E. E., ASSAD, E. D., MOREIRA, L., MACEDO, J. Estruturação de dados geoambientais no contexto de fazenda experimental. In: Eduardo Delgado Assad; Edson Eyji Sano. Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura. 2 ed: Brasília: Embrapa SPT/Embrapa-CPAC, 1998. p. 95-118.
- SEBRAE. Estudo de inteligência de mercado: perfil de mercado orgânico 2010. Disponível em: <http://www.sebrae.gov.br/>. Acesso em: 01/04/2012.
- SCHRIEVER, C. A.; LIESS, M. Mapping ecological risk of agricultural pesticide runoff. Science of the Total Environment 384, 2007, 264–279.
- SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1775-1781, 1994.
- SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo, em qualidade física do solo: métodos de estudo – sistemas de preparo e manejo do solo. Editora Funep, Piracicaba. 2001. p. 1-20
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 275-374.
- SILVA, C.R.S. Estudo das características físico-químicas do solo em plantio de ervamate (*Ilex paraguayensis* St. Hil) através da geoestatística e do geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 113p.
- SOUZA, J.R. Transição agroecológica de horticultores familiares orgânicos e em conversão na região serrana fluminense. Rev. Bras. de Agroecologia. 2, 2007, 312-315.
- SOUZA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, 2007. p. 206-232.
- SPARKS, D. L. Environmental soil chemistry. Boca Raton: CRC Press, 1988. 308p.
- SUDO, A., Guerra, J.G.M., Almeida, D.L., Ribeiro, R.L. D. Avaliação de consórcio cenoura com alface em Sistema Orgânico de Produção. Comunicado Técnico, 17, 1997, 6p.
- TAYLOR, H.M. Effects of soil strength on seedling emergence, root growth, and crop yield. In: Compaction of agricultural soils, an ASAE Monograph, Publ. American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 49085. 1971. pp. 292-305.
- TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARD, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, v.22:573-581, 1998.
- VALERIANO, M.M.; PRADO, H. Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. R. Bras. Ci, Solo, 25:997-1005, 2001.
- VÁSQUEZ, S. F.; BARROS, J. D. S.; SILVA, M, F. P. Agricultura orgânica: caracterização do seu consumidor em Cajazeiras-PB. Revista Verde, 3: 152-158, 2008.
- VAZ, C.M. P.; MARTIN NETO, L.; CRESTANA, S. Avanços da instrumentação em ciências do solo. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. (eds.) Instrumentação

avançada em Ciência do Solo. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 2007, p.01-14.

VEIGA, J. E. da. A agricultura no mundo moderno: diagnóstico e perspectivas. In TRIGUEIRO, A (Org.). *Meio ambiente no século 21: especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento*. Rio de Janeiro: Sextante, 2003. p. 199-213.

VIEIRA, S.R.; NIELSEN, D.R.; BEGGAR, J.W. Spatial variability of field measured infiltration rate. *Soil Science Society of America Journal*, v.45:1040-1048, 1981.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. M. Geostatistical theory and application to variability of some a agronomical properties. *Hilgardia, Berkeley*, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial de solos. In: NOVAES, R.F., ALVAREZ V.H., SCHAEFER, C.E.G.R. *Tópicos Avançados em Ciência do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1-53 pp. 2000.

WEBSTER, R.; BURGESS, T.M. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. III. Changing drift and universal kriging. *Journal of Soil Science*, v.31:505-524, 1980.

YAN, F.; SCHUBERT, S. & MENDEL, K. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biol. Biochem.*, 28:617-624, 1996.

YOST, R.S.; UEHARA, G.; FOX, R.L. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas. I. Semi-variograms. *Soil Science Society of America Journal*, v.46:1028-1032, 1982.