

ANO  
2013



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

O presente trabalho objetivou estudar indicadores químicos, físicos e biológicos considerando a qualidade agrícola de Neossolos Quartzarênicos cultivados com mandioca no litoral sul de Santa Catarina, considerando o nível tecnológico e investimento empregado no cultivo nos municípios de Araranguá, Santa Rosa do Sul e São João do Sul. Onde se observou que com o aumento da tecnologia empregada aumentaram a densidade do solo e os teores de fósforo e houve redução da porosidade total, dos teores de potássio, do carbono orgânico, da saturação por alumínio e da atividade microbiana. Nas áreas com elevado nível tecnológico, práticas como a calagem e a adubação alteram o teor de nutrientes (principalmente de P, K, Ca e Mg), resultando assim em produtividade mais elevada.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra

Coorientador: Prof. Dr. Fernando José Garbuio

Lages, 2013

DANIEL MIRON BRENTANO | ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE  
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO EM ÁREAS CULTIVADAS  
COM MANDIOCA NO SUL DE SANTA CATARINA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE  
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS EM ÁREAS  
CULTIVADAS COM MANDIOCA NO SUL DE SANTA  
CATARINA.

DANIEL MIRON BRENTANO

Lages, 2013

**DANIEL MIRON BRENTANO**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE  
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS EM ÁREAS CULTIVADAS  
COM MANDIOCA NO SUL DE SANTA CATARINA.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra

**LAGES – SC  
2013**

B839a      Brentano, Daniel Miron  
                  Atributos químicos, físicos e biológicos  
                  de neossolos quartzarênicos em áreas  
                  cultivadas com mandioca no sul de Santa  
                  Catarina./ Daniel Miron Brentano - 2013.  
                  50 p. : il. ; 21 cm

                  Orientador: Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra  
                  Bibliografia: p. 34-37

                  Dissertação (mestrado) - Universidade do  
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Agrárias, Lages, 2013.

                  1. Manejo do solo 2. Mandioca (cultivo).  
I. Mafra, Álvaro Luiz. II. Universidade do  
Estado de Santa Catarina. III. Título.

                  CDD: 631.51 - 20.ed.

DANIEL MIRON BRENTANO

ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE  
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS EM ÁREAS CULTIVADAS  
COM MANDIOCA NO SUL DE SANTA CATARINA.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção  
do título de mestre no curso de Pós-Graduação em Manejo do  
Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:



**Orientador:** Prof. Dr. Alvaro Lutz Mafrá  
UDESC - Lages - SC.



**Membro:** Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque  
UDESC - Lages - SC.



**Membro externo:** Romano Roberto Valichski  
IFC - Rio do Sul - SC.

Lages, Santa Catarina, 31 de outubro de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV - UDESC) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Manejo do Solo, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado

Ao INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA (IFC) – Campus Sombrio pela concessão da infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa e liberação de horário para realização do curso de Mestrado.

Aos professores Álvaro Luiz Mafra e Fernando José Garbuió, pelo apoio e orientação deste trabalho.

À técnica laboratorial do IFC – Campus Sombrio Mirian Rocho da Rosa, pela participação e contribuição na realização deste trabalho.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Manejo do Solo, pelo conhecimento e convivência.

Em especial aos meus pais Jorge e Gina e à minha irmã Paola que sempre acreditaram em mim e me deram força para seguir adiante. E à minha namorada Jaqueline e sua família pelo apoio e a acolhida em Lages.

## RESUMO GERAL

BRENTANO. Daniel M. **Atributos químicos, físicos e biológicos de Neossolos Quartzarênicos cultivados com mandioca no sul de Santa Catarina.** 2013. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Programa de Pós- Graduação em Ciências Agrárias, Lages.

O presente trabalho objetivou estudar indicadores químicos, físicos e biológicos considerando a qualidade agrícola de Neossolos Quartzarênicos cultivados com mandioca no litoral sul de Santa Catarina, considerando o nível tecnológico e investimento empregado no cultivo. Nove unidades de produção foram avaliadas nos municípios de Araranguá, Santa Rosa do Sul e São João do Sul. A amostragem do solo foi realizada durante o período vegetativo da cultura durante os meses de fevereiro e março de 2013. Foram realizadas as seguintes determinações: carbono orgânico total do solo, pH em solução de CaCl<sub>2</sub>, acidez potencial pelo método SMP, alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis e fósforo disponível, granulometria, porosidade total, densidade do solo, carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quocientes metabólicos e quocientes microbianos. A análise estatística foi realizada com auxílio do programa SAS. As propriedades foram separadas em bloco conforme nível tecnológico e realizou-se a análise de variância seguida pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) e análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ) entre os atributos do solo. Os níveis tecnológicos de cultivo empregados exercem influência sobre os atributos do solo. O aumento da tecnologia empregada aumentaram a densidade do solo e os teores de fósforo e houve redução da porosidade total, dos teores de potássio, do carbono orgânico, da saturação por alumínio e da atividade microbiana. Nas áreas com elevado nível tecnológico, práticas como a calagem e a adubação alteram o teor de nutrientes (principalmente de P, K, Ca e Mg), resultando assim em produtividade mais elevada.

Palavras Chave: Qualidade dos Solos, Cultura da Mandioca, Manejo do Solo.

## ABSTRACT

BRENTANO. Daniel M., **Chemical, physical and biological properties at a Typic Quartzipsamment under cassava crop systems in the Southern Santa Catarina, Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages.

The study assessed chemical, physical and biological properties as indicators of quality of sandy soil under cassava crop systems in the southern Santa Catarina, Brazil, in commercial production areas with contrasting technological levels. Nine sites were located at Araranguá, Santa Rosa do Sul and São João do Sul. Soil samples were collected during the vegetative crop cycle of cassava, from February to March 2013, to evaluate total organic carbon,  $\text{CaCl}_2$  pH, potential acidity by SMP method, and contents of exchangeable aluminum, calcium, magnesium, potassium, extracted phosphorus, granulometry, total porosity, soil bulk density, microbial biomass carbon, microbial respiration, metabolic quotient and respiration quotient. Statistical analysis were performed using SAS software, considering a block design to separate technological levels, in the analysis of variance, followed with mean comparison by Tukey's test ( $p < 0.05$ ) and Pearson correlation analysis between soil properties. Thus, the technological levels influenced soil properties: with more intense technology employed increased soil density and P levels and decreased total porosity, K, organic carbon levels, aluminum saturation and microbial activity. In areas under high technological level, practices such as liming and fertilization increased of nutrients (mainly P, K, Ca and Mg), thus resulting in higher crop yields.

Keywords: Soil Quality, Cassava Crop, Soil Management.

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 -	Sistema de manejo das áreas conforme nível tecnológico de produção de mandioca, em Neossolo Quartzarênico no litoral sul catarinense .....	21
Quadro 2 -	Histórico das áreas .....	22
Tabela 1 -	Atributos químicos relacionados à acidez do solo e alumínio trocável, em três regiões de cultivo de mandioca, conforme nível tecnológico, em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca conforme nível tecnológico em três municípios da região do litoral sul de Santa Catarina .....	28
Tabela 2 -	Atributos químicos de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense .....	30
Tabela 3 -	Composição granulométrica de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense .....	31
Tabela 4 -	Densidade do solo (DS), porosidade total (PT), resistência mecânica do solo a penetração (RP) e umidade Gravimétrica (UG) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense .....	32



Tabela 5 -	Respiração basal (RB), quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> ), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano (qMic) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense .....	32
Tabela 6 -	Produção de raízes de em Neossolo Quartzarênico sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense.....	35

## APÊNDICES

Apêndice 1	Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos do solo e produção de raízes de mandioca em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca em três municípios da região do litoral sul catarinense .....	45
Apêndice 2-	Atributos químicos relacionados à acidez do solo e alumínio trocável, em três regiões de cultivo de mandioca, conforme nível tecnológico, em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca conforme nível tecnológico em três municípios da região do litoral sul de Santa Catarina .....	46
Apêndice 3	Atributos químicos de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense .....	47
Apêndice 4	Composição granulométrica de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense .....	48
Apêndice 5	Densidade do solo (DS), porosidade total (PT), resistência mecânica do solo a penetração (RP) e umidade Gravimétrica (UG) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense .....	49

Apêndice 6	Respiração basal (RB), quociente metabólico ( $qCO_2$ ), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano ( $qMic$ ) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense .....	50
------------	---	----

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 - REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 - Cultura da Mandioca .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 - Qualidade do solo .....</b>	<b>15</b>
2.2.1 - Indicadores de qualidade do solo .....	17
<b>2.3 - Aspectos de manejo do solo e influências         sobre a produtividade de mandioca .....</b>	<b>18</b>
<b>3 - MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 - Áreas de estudo .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 – Amostragem .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 - Análises químicas do solo .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4 - Análises físicas do solo .....</b>	<b>24</b>

<b>3.5 - Análises da Microbiota do solo .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6 – Produção de Mandioca .....</b>	<b>25</b>
<b>3.7 – Análise Estatística .....</b>	<b>26</b>
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 - Atributos Químicos Do Solo .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 - Atributos Físicos do Solo .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 - Atributos Microbiológicos do Solo .....</b>	<b>32</b>
<b>4.4 - Produção de Mandioca .....</b>	<b>34</b>
<b>5 – CONCLUSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>6 – BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>37</b>
<b>7 - APÊNDICES .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os Neossolos Quartzarênicos encontrados no litoral sul de Santa Catarina, embora considerados como de baixa aptidão agrícola, são amplamente utilizados na agricultura e pecuária principalmente em cultivos de mandioca, fumo, milho e áreas de pastagens, uma vez que são os solos predominantes na paisagem da região e ocorrem em áreas de relevo plano ou suave ondulado.

Dentre as possibilidades de uso agrícola desses solos, destaca-se a cultura da mandioca, que, no Estado de Santa Catarina tem relevante importância socioeconômica junto às unidades familiares de produção, sendo estas responsáveis por 90% da sua produção, estando presente como fonte geradora de alimento e renda. O litoral sul do Estado é responsável por 29% da produção estadual em uma área de aproximadamente 11 mil ha, com produtividade média das lavouras em torno de  $15 \text{ t ha}^{-1}$  (Epagri/CEPA, 2012).

Considerando a importância do cultivo de mandioca para a agricultura familiar da região e a baixa produtividade média obtida, estudos visando diagnosticar os fatores que afetam a produtividade da cultura e qualidade dos solos são importantes, pois, os resultados obtidos poderão subsidiar futuros estudos relacionados à recomendação de adubação, calagem e adoção de práticas que favoreçam as interações com micro-organismos do solo, tais como fungos micorrízicos para o cultivo da mandioca em solos arenosos.

O presente trabalho objetivou estudar indicadores químicos, físicos e biológicos dos solos cultivados com mandioca sob distintos níveis tecnológicos e de investimentos nos municípios de Araranguá, Santa Rosa do Sul e São João do Sul, a fim de diagnosticar o potencial agrícola destes solos para esta cultura. Considerou-se como hipóteses: o nível tecnológico adotado no cultivo influencia diretamente nas características físicas, químicas e biológicas dos solos; as diferenças na produção de raízes de mandioca entre os níveis tecnológicos adotados são resultantes da variabilidade destas características.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO:

### 2.1 Cultura da Mandioca.

A mandioca (*Manihot Esculenta* Crantz) é uma planta pertencente à família Euphobiaceae, originária da América do Sul. Suas raízes tuberosas ricas em amido se destinam para o consumo *in natura* e para a produção de farinhas, polvilho azedo, polvilho doce, raspas, álcool e alimentação de animais. Sendo uma importante fonte energética principalmente em países subdesenvolvidos. Destacando-se como produto básico na alimentação e fonte de renda para o agricultor. (Pansenhagen, 1999)

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de mandioca com produção anual de 24,4 milhões de toneladas e uma produtividade média de 13,7 t ha<sup>-1</sup>. Os estados do Pará, Paraná e Bahia são os maiores produtores nacionais sendo responsáveis por 48 % da produção nacional de mandioca. Santa Catarina se encontra como 12º produtor nacional, com produção de 507 mil toneladas, e é o quinto estado em rendimento, com produtividade média de 18,8 t ha<sup>-1</sup> em uma área de aproximadamente 27 mil ha. (LSPA/IBGE, 2013).

A mandioca é frequentemente cultivada em solos com horizonte superficial de textura média a arenosa, com baixos teores de nutrientes e de matéria orgânica. Em solos com tais características, o cultivo sucessivo e o revolvimento excessivo os predispõem às altas taxas de erosão, de compactação e de perdas de matéria orgânica, resultando na degradação física, química e biológica dos mesmos (Cardoso et al., 1992).

Os solos mais indicados para o cultivo da mandioca são aqueles de topografia plana, com boa profundidade efetiva, sem camadas de impedimento físico ou químico ao desenvolvimento de raízes, com a textura variando de franco-arenosa a argilo-arenosa e com pH entre 5,0 e 6,0. São desaconselháveis para o cultivo solos sujeitos ao encharcamento, devido à dificuldade de aeração, que ocasiona podridão nas raízes, e também os excessivamente argilosos, pois impedem o desenvolvimento adequado das raízes tuberosas.

Apesar de adaptada a solos de baixa fertilidade e tolerar solos ácidos, a mandioca somente atinge seu potencial máximo de produção com adubação adequada. Sendo o fósforo o macronutriente que permite resposta mais acentuada em termos de produtividade, enquanto a adubação nitrogenada e potássica apresentam respostas com menor intensidade e frequência, devendo os solos serem escolhidos, preparados, corrigidos e adubados conforme a exigência da cultura (Pansenhagen, 1999).

Segundo Fukuda et al. (1999), o uso de solos com características físicas e químicas limitantes tem contribuído para o baixo rendimento dos cultivos de mandioca no Brasil. Fato este observado no litoral sul de Santa Catarina, onde devido a baixa tecnologia empregada no cultivo da mandioca, torna-se necessário direcionar um sistema de exploração que seja mais adequado às condições locais, visando melhorar a qualidade deste cultivo. Nesta região constata-se que a maioria dos empresários e, especialmente, os pequenos produtores rurais, nem sempre dispõem de informações e conhecimentos suficientes sobre o cultivo.

A mandioca é cultivada quase exclusivamente por pequenos agricultores de baixa renda, a mandioca é uma das poucas culturas básicas que pode ser produzida eficientemente em pequena escala. É altamente tolerante a solos ácidos, e sua capacidade de produzir rendimentos razoáveis em solos pobres deu origem à crença de que a mandioca não requer fertilizantes minerais (FAO, 2013). O nível tecnológico tem influência direta sobre os atributos do solo, principalmente no que diz respeito aos atributos químicos que são melhorados a partir das práticas de adubação e calagem permitindo o incremento da produção.

## **2.2 Qualidade do solo.**

O conceito agrícola de qualidade do solo surgiu no final da década de 1970 e durante os 10 anos seguintes esteve muito associado ao conceito de fertilidade (Karlen et al., 1994). Entretanto, a percepção de qualidade do solo vem evoluindo num entendimento mais amplo e já se percebe que não basta apenas o solo apresentar alta fertilidade química, mas, também, deve possuir boas características físicas e abrigar grande diversidade



de organismos. Vários conceitos de qualidade do solo foram propostos. Todos considerando a capacidade do solo funcionar efetivamente no presente e no futuro, sendo o mais aceito e mais amplo o conceito da Sociedade Americana de Ciência do Solo, que define qualidade do solo como sendo "*a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites de ecossistemas naturais ou manejados, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água, promovendo a saúde humana e a habitação*" (Doran e Parkin, 1994).

O processo de avaliação da qualidade requer conhecimento sistêmico desse recurso, para compreender a capacidade de um determinado solo desenvolver múltiplas funções no ambiente, mantendo a sustentabilidade do ecossistema. Para isso, é necessária seleção de indicadores, os quais são atributos e ou propriedades pedogenéticas naturais, que podem ser utilizados para avaliar o comportamento de um solo específico.

Uma moderna concepção de qualidade de solo deve ser coerente com as particularidades inerentes a cada ecossistema, para isso se deve considerar três exigências básicas para o processo de avaliação e monitoramento da sua qualidade: 1) definir a função ou finalidade a que se destina a avaliação; 2) estabelecer dentre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aqueles que são pontos chaves para cada função do solo e a forma de integrá-los; e 3) definir critérios para a interpretação dos dados de forma a permitir estimativas confiáveis da qualidade do solo. (Doran e Parkin, 1994).

A qualidade "ideal" para um solo agrícola não é conhecida. Logo, se faz necessária a determinação de referenciais que possam servir de base para a interpretação e comparação. Para tanto se tem adotado como critério de referência, as condições prevalentes em solos que suportam uma vegetação nativa e que tenham sofrido mínimos distúrbios antropogênicos. "*O uso propriedades físicas, químicas e biológicas de solos que suportam uma vegetação nativa evoluíram para um estado de equilíbrio que assegura uma viabilidade de longo prazo do ecossistema circunvizinho.*" (Doran e Parkin, 1994).

### **2.2.1 Indicadores de qualidade do solo:**

Um indicador é uma ferramenta que mede uma condição, um processo, uma reação ou um comportamento e que permite a aquisição de informações sobre uma dada realidade, em resposta às atividades antrópicas exercidas dentro de um determinado sistema (Marzall e Almeida, 2000).

Segundo Doran e Parkin, (1994), os indicadores de qualidade do solo devem: atender critérios como contemplar propriedades e processos físicos, químicos e biológicos do solo; serem acessíveis em termos de facilidade de medição e apresentar caráter de reprodutibilidade; serem aplicáveis a condições de campo; permitir relacionar medidas obtidas em laboratório com o campo; possuir critérios definidos para quantificar e interpretar seus valores; serem sensíveis às variações de manejo e de clima; permitir avaliações de curto e de longo prazo e quando possível serem componentes de bancos de dados já existentes.

Dependendo da função para a qual uma avaliação está sendo feita, uma lista quase infinita de indicadores pode ser utilizada (Lal, 1999). Um levantamento de Souza (2003) e trabalhos como os de Gomes e Filizola (2006) e Araújo et al. (2012) dentre outros listam várias características, propriedades e processos físicos, químicos e biológicos que podem ser utilizados como indicadores da qualidade dos solos agrícolas.

Os melhores indicadores da qualidade do solo são aqueles que integram os efeitos combinados de diversos atributos ou processos do solo, os quais devem ser precisos, simples para o uso e terem sentido, ou seja, devem estar associados à função para a qual se pretende usar o solo. O estudo das interações entre os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos é capaz de estabelecer indicadores da qualidade desses solos, tornando possível a viabilização da sua utilização para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção, bem como para recuperação de áreas degradadas.

### **2.3 Manejo do solo e sua influência sobre a produtividade de mandioca**

A mandioca é frequentemente cultivada em solos de textura média a arenosa no horizonte superficial, com baixos teores de nutrientes e de matéria orgânica. Em solos com tais características, o cultivo sucessivo e o revolvimento excessivo os predispõem elevadas taxas de compactação e perda de matéria orgânica, resultando na degradação física, química e biológica dos mesmos (Cardoso et al., 1992).

Em estudo realizado em um Podzólico Vermelho-Escuro cultivado com mandioca no noroeste do Paraná, Fidalski (1999), observou que a adubação fosfatada proporcionou aumento da produção de raízes, bem como os teores de P no solo após o cultivo. No entanto a calagem, a adubação nitrogenada e potássica não proporcionaram aumento na produção de raízes. Além disso, observou que a adubação potássica não aumentou o teor de K no solo e que houve redução dos teores de C no solo após o cultivo.

Cadavid et al. (1998), observaram em solos arenosos do Norte da Colômbia que o uso de cobertura morta reduziu significativamente a temperatura do solo na camada de até 20 cm, e contribuiu para o aumento dos teores carbono orgânico, potássio, fósforo cálcio e magnésio. Observaram também a redução do pH do solo bem como da produção de massa seca de raízes ao longo dos anos nas áreas de cultivo convencional, e que o uso de adubação fosfatada ( $21\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e de adubação potássica ( $41\text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), ocasionou aumento na produção de raízes e nos teores de fósforo e potássio nas áreas onde foi utilizada cobertura morta, e nas áreas de cultivo convencional elevou a produção de raízes e os teores de fósforo e manteve os teores de potássio.

Os efeitos dos sistemas de preparo de solo sobre a produção de raízes tuberosas estão associados às condições físicas do solo, tais como a densidade e a porosidade de forma que os sistemas de preparo que propiciam menor densidade, maior porosidade e menor resistência do solo à penetração favorecem o desenvolvimento das raízes tuberosas da mandioca (Pequeno et al. 2007). Porém deve-se considerar que, embora as

maiores produtividades ocorram no plantio convencional, tanto o cultivo mínimo quanto o plantio direto, devem ser considerados como uma opção de manejo de solo por propiciarem maior proteção ao solo, redução do uso de mão de obra e maior rapidez nas operações inerentes à implantação da cultura da mandioca. Assim, independente do sistema de preparo de solo a ser utilizado, quando da implantação da cultura da mandioca a área de cultivo deve obrigatoriamente estar coberta por resíduos vegetais que apresentem elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), de forma a propiciar efetiva cobertura do solo na fase inicial de crescimento das plantas, e com isso reduzir as perdas de solo decorrentes da erosão (Pequeno et al., 2007).

Em experimento conduzido em propriedade agrícola localizada no município de Santa Rosa do Sul (SC), em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca, Da Silva et al. (2012), avaliaram os efeitos do uso de calagem, cama de aviário e adubação potássica de cobertura, nas doses de 0 e 1 t ha<sup>-1</sup>, 1200, 2400 e 3600 kg ha<sup>-1</sup> de cama de aviário e de 0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de KCl sobre os atributos físicos do solo e produtividade de raízes de mandioca. Não houve diferenças nos atributos do solo e produção de raízes em comparação com a testemunha.

Conforme Borges et al. (2006), num Argissolo Vermelho, de textura média no município de Ivinhema (MS), o sistema de cultivo orgânico se assemelhou ao sistema de plantio convencional para valores de respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano, matéria orgânica e carbono da biomassa microbiana do solo. Além disso, o aporte de resíduos orgânicos melhorou atributos físicos e microbiológicos do solo, aproximando-os dos valores encontrados na vegetação nativa, constituindo-se numa estratégia de manejo para melhorar a qualidade do solo. Resultados similares foram observados por Mercante et al. (2008), em áreas cultivadas com mandioca em Argissolo Vermelho, sobre diferentes coberturas vegetais na região de Glória de Dourados (MS).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS.**

#### **3.1 Localização e áreas de estudo**

O estudo foi realizado em propriedades agrícolas localizadas nos municípios de São João do Sul, Santa Rosa do Sul e Araranguá, os quais estão entre os principais produtores de mandioca no litoral sul catarinense.

O clima da região segundo Köppen como é caracterizado com o Cfa (subtropical úmido), apresentando valores médios anuais de temperatura de 15°C a 17°C, precipitação de 1.600mm e umidade relativa de 80%. O relevo é típico das planícies litorâneas e planícies aluvionais, tendo sua geologia composta principalmente por rochas sedimentares, arenitos eólicos da formação Botucatu, depósitos marinhos formação Terezina, siltitos da formação Rio do Rastro e rochas magmáticas da formação Serra Geral (SEPSC, 2013). O tipo de solo predominante encontrado é classificado segundo EMBRAPA (2006), como Neossolo Quartzarênico.

Na seleção das áreas para avaliação, em cada município, procurou-se abranger três níveis tecnológicos adotados no cultivo da mandioca, sendo de baixo, médio e alto investimento (Quadro 1), totalizando nove áreas de coleta. O histórico de uso destas áreas está descrito no Quadro 2.

A variedade de mandioca utilizada nas unidades de produção foi a Sangão com espaçamento de 0,9 m entre linhas, 0,7 m entre plantas e estande de 15.000 plantas por ha.

Quadro 1 – Sistema de manejo das áreas conforme nível tecnológico de produção de mandioca, em Neossolo Quartzarênico no litoral sul catarinense.

Nível tecnológico	Preparo do Solo/ plantio	Adubação e calagem	Tratos culturais
Alto	Aração e duas gradagens. (mecanizada) Julho 2012 Plantio mecânico	Base: 1.000 kg ha <sup>-1</sup> calcário. (bianaual) 2400 kg ha <sup>-1</sup> de cama de aviário.	1 Controle químico de invasoras 2 capinas mecânicas.
		300 kg ha <sup>-1</sup> adubo fórmula NPK 5-20-20.	
Médio	Aração e duas gradagens (mecanizada) Julho 2012 Plantio manual	Base: 2400 kg ha <sup>-1</sup> de cama de aviário. 200 kg ha <sup>-1</sup> adubo fórmula NPK 5-20-20.	1 Controle químico de invasoras 1 capina mecânica
		Base: 2400 kg ha <sup>-1</sup> de cama de aviário.	
Baixo	Aração e duas gradagens (mecanizada) Julho 2012 Plantio manual	Base: 2400 kg ha <sup>-1</sup> de cama de aviário.	2 capinas mecânicas

Fonte: produção do próprio autor.

Quadro 2 – Histórico das áreas

Município	Tempo de cultivo com mandioca	Cultivo predescendente	Cultivos anteriores	Tempo de uso agrícola
Nível Tecnológico Alto				
Araranguá	6 anos	Pousio	Fumo e milho safrinha	20 anos
São João do Sul	5 anos	Pousio	Maracujá Fumo, milho safrinha.	15 anos
Santa Rosa do Sul	7 anos	Pousio	Fumo e milho safrinha	10 anos
Nível tecnológico Médio				
Araranguá	5 anos	Pousio	Fumo e milho safrinha	15 anos
São João do Sul	4 anos	Pousio	Fumo e milho safrinha	20 anos
Santa Rosa do Sul	7 anos	Pousio	Fumo e milho safrinha	20 anos

Continua

## Quadro2 - Continuação

## Nível Tecnológico Baixo

Araranguá	4 anos	Pousio	Maracujá, fumo e milho safrinha.	20 anos
São João do Sul	2 anos	Pastagem Aveia + Azévem	Pastagem nativa	2 anos
Santa Rosa do Sul	4 anos	Pousio	Fumo e milho safrinha	20 anos

Fonte: produção do próprio autor.

### 3.2 Amostragem.

A amostragem do solo foi realizada durante o período vegetativo da cultura durante os meses de fevereiro e março de 2013. Em cada área utilizada neste estudo foram coletadas 9 subamostras de solo, totalizando 81 amostras coletadas, sendo 27 por nível tecnológico.

Para a determinação da densidade do solo coletou-se na camada de 0 a 10 cm do solo amostras indeformadas com anel volumétrico de 100 cm<sup>3</sup>. Após a coleta os anéis foram envolvidos com filme plástico, para evitar perda de solo e umidade, e em seguida levados ao laboratório para realização do toailete, pesagem da amostra úmida, secagem em estufa a 105°C por 24 hs e pesagem da amostra seca. Próximo ao local onde foram coletadas as amostras indeformadas determinou-se também a resistência mecânica do solo à penetração utilizando-se um penetrômetro de impacto modelo Stolf, sendo esta determinada até 10 cm de profundidade. Neste momento, também se coletou na camada de 0 a 10 cm de profundidade do



solo amostras deformadas de solo para determinações de umidade e densidade de partículas.

Para realização análises químicas e biológicas, bem como para determinação da composição granulométrica do solo, coletou-se com trado holandês na camada de 0 a 10 cm do solo amostras compostas com aproximadamente 500g de solo. Logo após a coleta, as amostras destinadas para realização das análises biológicas foram acondicionadas em recipiente com gelo e levadas ao laboratório, onde permaneceram em geladeira, à temperatura de 4°C, até a realização das análises.

### **3.3 Análises químicas do solo**

Para análise dos atributos químicos do solo foram realizadas as seguintes determinações: carbono orgânico total determinado por meio de sua oxidação a CO<sub>2</sub> por íons dicromato, em meio fortemente ácido pelo método Walkley-Black, pH e acidez potencial, determinados em suspensão de solo em solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>. A acidez potencial (H + Al) foi estimada com solução tampão SMP. A extração de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis foi feita com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e o potássio trocável e o fósforo com solução de Mehlich 1. O alumínio, cálcio e magnésio trocáveis foram determinados por titulação. Já o potássio, foi determinado por fotometria de chama e o fósforo, por colorimetria conforme (Tedesco et al., 1995).

### **3.4 Análises físicas do solo**

A análise granulométrica foi determinada pelo método da Pipeta - Day, sendo a fração areia total separada com o uso de peneira malha 0,053 mm e a fração areia fina com peneira malha 0,25mm, obtendo-se a fração areia grossa por diferença. Utilizou-se agitador horizontal a 200 RPM, procedendo da seguinte maneira, agitou-se as amostras por 15 minutos, deixou-se em repouso por uma noite e agitou-se por mais 2 horas. Como dispersante químico foi utilizado NaOH 1N. O silte foi determinado pela diferença entre o teor total e a soma das frações argila e areia total (Gee e Bauder, 1986). A densidade do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico através da

relação entre massa seca e o volume do anel. A porosidade total foi obtida pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997).

A resistência mecânica do solo a penetração foi avaliada com uso de um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf, a partir da relação entre o número de impactos despendidos e comprimento da haste que penetra no solo, sendo os dados transformados em  $\text{kgf/cm}^2$ . Para transformação dos dados do penetrômetro de impacto (impactos/dm) em resistência dinâmica do solo ( $\text{Kgf/cm}^2$ ) utilizou-se a equação holandesa simplificada por Stolf (1991):  $R (\text{kgf/cm}^2) = 5,6 + 6,89 N$ , sendo N (10 multiplicado pelo número de impactos dividido pela profundidade do impacto em cm).

A umidade gravimétrica foi determinada a partir de amostra com estrutura alterada através da fórmula  $\text{UG}\% = ((\text{massa solo úmido} - \text{massa solo seco}) * \text{massa solo seco}^{-1})$ .

### **3.5 Análises da Microbiota do solo**

O carbono da biomassa microbiana foi obtido pelo método da irradiação-extração seguindo o modelo proposto por Brookes et al. (1985), substituindo a fumigação por clorofórmio pela irradiação em forno de micro-ondas por dois minutos com uma energia de  $1,62 \cdot 10^5$  J, por ser mais prático e se mostrar mais adequado para a estimativa do C microbianos, conforme proposto por Ferreira et al. (1999). A respiração basal foi determinada pela incubação das amostras com captura de  $\text{CO}_2$  em NaOH 0,5 N, durante sete dias, pela adaptação do método da fumigação-incubação, proposto por Jenkinson e Powlson (1976). Os quocientes metabólicos foram obtidos a partir da relação respiração basal/carbono da biomassa conforme Anderson e Domsch (1990). Os quocientes microbianos foram determinados pela relação carbono da biomassa/C-orgânico total.

### **3.6 Produção de Mandioca:**

Para a estimativa da produtividade foram colhidas três parcelas com área útil de  $10,8 \text{ m}^2$  (duas linhas com seis metros

de comprimento) em cada unidade experimental. O arranquio e o corte das raízes foram feito manualmente. Após a colheita, as raízes foram lavadas e pesadas e os resultados obtidos, transformados para  $t\ ha^{-1}$ . A massa de raízes foi obtida em balança com precisão de 3 casas decimais.

### **3.7 Análise Estatística:**

A análise estatística foi realizada com auxílio do programa SAS (Statistical Analysis System, 2003). As propriedades foram separadas conforme nível tecnológico e realizou-se a análise de variância seguida pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), Também foi realizada a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ) entre os atributos do solo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES:

### 4.1 Atributos químicos do solo:

Nas áreas de nível tecnológico alto o pH foi significativamente maior e a saturação por alumínio significativamente menor que nas áreas onde se adota nível tecnológico médio ou baixo, as quais não diferiram para estes atributos (Tabela 1). O pH em  $\text{CaCl}_2$  variou de 4,2 a 4,4 a saturação por Alumínio (m%) de 22 e 42% o índice SMP de 6,7 e 7,0 a acidez potencial de 1,6 e 2,0  $\text{cmolc/dm}^3$  e o alumínio trocável (Al) de 0,4 e 1,2  $\text{cmolc/dm}^3$  para com efeito entre tratamentos (Tabela 1).

Apesar de o pH ser considerado baixo e do alumínio trocável e a saturação por alumínio ser considera alta em todas as áreas estudadas, estes atributos apresentam uma importante variação entre as áreas estudadas. Com as áreas de nível tecnológico alto apresentando pH mais alto e alumínio trocável e saturação por alumínio mais baixos que as demais, o que pode ser explicado pelo manejo diferenciado destas áreas especialmente pela aplicação de calcário.

O pH apresentou correlação negativa com teor de alumínio,  $r = -0,5$ , com saturação por alumínio  $r = -0,64$  e com acidez potencial  $r = -0,45$  (Apêndice 1). Nas áreas de nível tecnológico alto o pH foi superior e o alumínio trocável inferior aos encontrados nas áreas de nível tecnológico médio e baixo.

Quanto à fertilidade dos solos nas áreas de estudo os mesmos apresentaram caráter distrófico apresentando baixa CTC e soma de bases (Tabela 2). Apresentando maior CTC em função da calagem nas áreas de nível tecnológico alto em relação às de nível tecnológico baixo e não diferindo em relação à soma de bases entre os diferentes níveis. A CTC variou de 3,1 a 3,5  $\text{cmolc/dm}^3$  para a CTC e entre 1,46 e 1,51  $\text{cmolc/dm}^3$  para a soma de bases conforme dados da Tabela 2. Estes teores podem ser interpretados como baixos conforme a CQFS-RS/SC (2004), e a variação é considerada baixa.

Tabela 1. Atributos químicos relacionados à acidez do solo e alumínio trocável, em três regiões de cultivo de mandioca, conforme nível tecnológico, em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca conforme nível tecnológico em três municípios da região do litoral sul de Santa Catarina.

Nível tecnológico	pH CaCl	pH H <sub>2</sub> O	SMP	H + Al	Al	m
				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		%
Alto	4,4 a	5,1 a	7,0 a	1,60 b	0,44 b	22 b
Médio	4,2 b	4,9 b	6,9 a	1,70 b	1,21 a	42 a
Baixo	4,2 b	4,8 b	6,7 b	2,00 a	1,12 a	41 a
CV	6	6	3	24	2	32

Fonte: produção do próprio autor.

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Entre os nutrientes, nas áreas de estudo o teor médio de potássio (K) decresceu conforme há incremento no nível tecnológico adotado, sendo superiores nas áreas onde se adota nível tecnológico baixo. Para este elemento os valores encontrados variam de 39 mg/dm<sup>3</sup> a 61 mg/dm<sup>3</sup> (Tabela 2). Tais teores são interpretados como médio nas áreas de níveis tecnológicos alto e médio e como alto nas áreas de nível tecnológico baixo (CQFS – RS/SC, 2004).

Os teores médios de potássio nas áreas de estudo apresentaram correlação negativa ( $r = -0,36$ ) quando reacionados com a produção de raízes de mandioca (Apêndice 1). Este fato pode estar relacionado com a extração deste nutriente pela cultura exportada em média 7 kg de potássio por tonelada de mandioca produzida (Lorenzi, 1980). Estes resultados são condizentes com os encontrados por Cadavid et al. (1998) e Fidalski (1999), os quais afirmam que o potássio é o nutriente mais extraído pela cultura da mandioca e os efeitos adubação potássica são percebidos em longo prazo sendo necessária

adubação de reposição para manutenção dos teores de K no solo.

Para o cálcio, não foi observada diferença significativa entre os níveis de manejo avaliados, sendo que o teor médio variou de 0,91 a 1,02 cmolc/dm<sup>3</sup>. Já para o teor de Mg variou entre 0,37 e 0,49 cmolc/dm<sup>3</sup> sendo significativamente superiores nas áreas de nível tecnológico médio em relação às áreas de nível tecnológico alto e baixo que apresentaram teores semelhantes (Tabela 2). Segundo a CQFS – RS/SC (2004), estes teores são interpretados como baixos e apesar da calagem não ser recomendada para correção da acidez na cultura da mandioca recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico para suprir as deficiências de Ca e Mg quando os teores dos mesmos se encontram abaixo de 2 e 0,5 cmolc/dm<sup>3</sup> respectivamente, na dosagem de 1 t ha<sup>-1</sup>.

Para o fósforo (P) o teor aumentou significativamente conforme aumentou o nível tecnológico. Para as áreas de nível tecnológico alto, médio e baixo, foram obtidos teores médios de fósforo de 30, 19 e mg/dm<sup>3</sup> respectivamente os quais podem ser interpretados como alto, médio e baixo. (CQFS – RS/SC, 2004). Verificou-se que os diferentes manejos adotados quanto à adubação fosfatada nos diferentes níveis tecnológicos principalmente em relação à dose deste fósforo aplicada foi fator determinante para a elevação dos teores médios deste nutriente no solo e para o incremento na produção de raízes nas áreas de nível tecnológico mais elevado.

Os teores de fósforo nas áreas de estudo apresentaram correlação positiva com a produção de raízes de mandioca ( $r = 0,48$ ) com a produção de mandioca (Apêndice 1). Confirmando a resposta da cultura da mandioca a adubação fosfatada. Os resultados obtidos concordam com os apresentados por Cadavid et al. (1998) e Fidalski (1999), onde foi constatado que adubação fosfatada aumenta a produtividade de raízes de mandioca e os teores de P no final do cultivo.

As áreas de estudo apresentaram teores de carbono orgânico total classificado como baixo conforme a CQFS – RS/SC (2004), decrescendo significativamente com o aumento do nível tecnológico, variando entre 8 e 18 g/dm<sup>3</sup> com variação entre todos os tratamentos conforme dados da Tabela 2. Esses baixos

valores de carbono orgânico encontrados se devem provavelmente ao prepara convencional do solo adotado nas áreas de cultivo com uma aração e duas gradagens.

Tabela 2 - Atributos químicos de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense

Nível Tecnológico	CTC	SB	Ca	Mg	K	P	COT
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>		g dm <sup>-3</sup>	
Alto	3,1 b	1,5 a	1,02 a	0,37 b	39 b	30 a	8 c
Médio	3,3 ab	1,5 a	0,91 a	0,49 a	43 b	19 b	12 b
Baixo	3,5 a	1,5 a	0,96 a	0,35 b	61 a	10 c	18 a
CV	14,7	19,4	27,91	42,60	46	49	50

Fonte: produção do próprio autor.

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

O COT apresentou correlação negativa com a densidade do solo  $r = - 0,38$  e com o pH em  $\text{CaCl}_2$   $r = 0,24$ , e correlação positiva com a porosidade total  $r = 0,42$  e com o Al trocável  $r = 0,29$ , sendo um bom indicativo do nível de manejo destes solos. Verificou-se que a intensidade de manejo nos diferentes níveis tecnológicos contribuiu para degradação da matéria orgânica do solo, influenciando significativamente os teores de COT nas áreas de diferentes níveis tecnológicos, sendo as áreas com nível tecnológico mais elevado as que apresentam maior intensidade de manejo e menores teores de COT.

## 4.2 Atributos físicos do solo:

Nas áreas de estudo identificou-se variações significativas na composição granulométrica, principalmente em relação aos teores de silte, argila e areia fina (Tabela 3). Conforme triângulo textural (EMBRAPA 1997), o horizonte superficial é classificado como arenoso e segundo a CQFS – RS/SC, 2004 de classe textural 4.

Tabela 3 – Composição granulométrica de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense.

Nível Tecnológico	Silte	Argila	g kg <sup>-1</sup>		
			Areia Total	Areia Fina	Areia Grossa
Alto	46 c	31 c	923 a	476 a	447 ab
Médio	95 a	48 b	857 b	416 b	441 b
Baixo	77 b	78 a	845 b	393 c	452 a
CV	35	47	3	7	3

Fonte: produção do próprio autor.

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Os valores médios para densidade do solo (DS), variaram de 1,45 a 1,51 g/cm<sup>3</sup>. Para este atributo físico se observou um incremento significativo conforme se aumenta o nível tecnológico adotado no cultivo da mandioca. Já para porosidade total (PT) os valores obtidos variaram de 42 a 45%, sendo o valor médio obtido para as áreas de nível tecnológico baixo significativamente superior às demais.

Esta alteração na densidade do solo e da porosidade total possivelmente está associada ao uso intenso de máquinas



agrícolas, que pode ter contribuído para a redução da porosidade do solo e aumento da densidade, nas áreas de nível tecnológico mais elevado e manejo mais intensivo onde se faz uso do cultivo convencional do solo com uma aração e duas gradagens, e do uso de capinadeiras e enxadas rotativas para o controle de plantas daninhas. Porém, os valores de DS encontrados foram menores que  $1,75 \text{ g/cm}^3$  tido como críticos para o crescimento radicular em solos arenosos Medina (1985), Arshad et al. (1996) e Corsini e Ferraudo (1999).

A resistência mecânica do solo a penetração (RP) apresentou valores médios nas áreas de estudo variando entre 0,81 e 0,85 MPa sem efeito pronunciado entre tratamentos (tabela 4). Os valores de RP encontram-se abaixo do valor crítico de 2 MPa sugerido por Arshad et al. (1996).

Tabela 4 – Densidade do solo (DS), porosidade total (PT), resistência mecânica do solo a penetração (RP) e umidade Gravimétrica (UG) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense.

Nível tecnológico	DS ( $\text{g/cm}^3$ )	PT (%)	RP (MPa)	UG (%)
Alto	1,51 a	42 b	0,81 a	11 b
Médio	1,48 b	43 b	0,82 a	6 c
Baixo	1,45 c	45 a	0,85 a	14 a
CV	3	4	7	30

Fonte: produção do próprio autor.

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Como o solo nas áreas de estudo é de textura arenosa (Tabela 3) o aumento na densidade do solo e a redução da

porosidade total observadas nas áreas de manejo mais intenso podem ser benéficas ao desenvolvimento das culturas. Conforme observado por Da Costa (2012) e Fidalski et al. (2013), a disponibilidade de água em solos arenosos é beneficiada pelo aumento da densidade do solo e da fração areia fina. Isto condiz com os dados obtidos neste trabalho uma vez que para a DS e a fração areia fina se obteve correlação positiva com a produção de raízes de mandioca. (Apêndice 1).

### **4.3 Atributos Microbiológicos do solo:**

As áreas de estudo apresentaram pequenas variações nos atributos microbiológicos do solo avaliados, obtendo-se valores médios de respiração basal (RB) entre 50 e 56 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) entre 0,36 e 0,58 mg CO<sub>2</sub> mg<sup>-1</sup> CBM<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, Carbono da biomassa microbiana (CBM) entre 106 e 201 mg/kg e quociente microbiano (qMic) entre 1,2 e 1,4% (Tabela 5). Resultados similares a estes são relatados por Mercante et al. (2008) e por Borges et al. (2009), que observaram o decréscimo da atividade microbiana conforme o aumento da intensidade do manejo e diminuição da matéria orgânica em solos arenosos cultivados com mandioca.

Os diferentes níveis tecnológicos empregados nas áreas de estudo influenciaram as características biológicas do solo tendo efeitos significativos sobre o CBM, o qCO<sub>2</sub> e a RB, demonstrando o decréscimo da biomassa e da atividade microbiana conforme aumenta o nível tecnológico. Comportamento semelhante foi observado por Souza et al. (2006), os quais relatam que em condições ambientais estressantes a biomassa microbiana consome mais carbono para sua manutenção.

O uso do preparo convencional do solo, em todos os níveis tecnológicos, bem como o manejo intensivo no controle de plantas daninhas com o uso de capinadeiras, enxadas rotativas e herbicidas eliminando a cobertura do solo nas áreas onde se emprega média e alta tecnologia contribuíram para diminuição da matéria orgânica e aeração do solo. Contribuindo assim para a redução da atividade microbiana dos mesmos.

Tabela 5 – Respiração basal (RB), quociente metabólico ( $qCO_2$ ), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano ( $qMic$ ) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense.

Nível tecnológico	RB ( $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ dia^{-1}$ )	$qCO_2$ ( $mg\ CO_2\ mg^{-1}\ CBM^{-1}\ dia^{-1}$ )	CBM ( $mg\ kg^{-1}$ )	$qMic$ (%)
Alto	50 b	0,58 a	106 b	1,4 a
Médio	52 ab	0,36 b	186 a	1,2 a
Baixo	56 a	0,43 ab	201 a	1,3 a
CV	16	54	62	28

Fonte: produção do próprio autor.

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

#### 4.4 Produção de raízes de mandioca:

A produção média de raízes de mandioca nas áreas de estudo variou entre 9,6 e 24,1  $t\ ha^{-1}$  de massa seca de raízes por ha, diferindo estatisticamente entre todos os níveis tecnológicos avaliados (Tabela 6).

De forma geral os atributos físicos e biológicos das áreas de estudo são semelhantes, apesar de ocorrerem variações significativas entre alguns atributos, como porosidade total, densidade do solo e a respiração basal, apresentando valores até menos restritivos nas áreas onde se obtiveram menor produção no nível tecnológico médio e baixo, porem essas variações pouco influenciaram na produtividade da cultura. Sendo os atributos químicos alterados através das práticas de adubação e calagem principalmente a adubação fosfatada os fatores determinantes para maior produção de mandioca

conforme o aumento do nível tecnológico empregado nas áreas de estudo.

Tabela 6 - Produção de raízes de em Neossolo Quartzarênico sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense.

Nível Tecnológico	Produção de mandioca t ha <sup>-1</sup>
Alto	24,1 a
Médio	15,5 b
Baixo	9,6 c
CV	3

Fonte: produção do próprio autor.

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

## 5 CONCLUSÕES:

Os níveis tecnológicos de cultivo empregados exercem influência sobre os atributos físicos, principalmente densidade do solo e porosidade total, químicos principalmente ao que diz respeito aos teores de fósforo, carbono orgânico e saturação por alumínio e biológicos, em destaque pra respiração basal que quantifica a atividade microbiana. Onde conforme o aumento da tecnologia empregada se observa o aumento da densidade do solo e redução da porosidade total, o aumento nos teores de fósforo e redução no carbono orgânico e saturação por alumínio e redução da atividade microbiana.

Observou-se também que os atributos físicos e biológicos exercem influência sobre a produtividade porem são os atributos químicos os principais responsáveis pela variação na produtividade da cultura.

Nas áreas com elevado nível tecnológico, práticas como a calagem e a adubação alteram o teor de nutrientes (principalmente de P, K, Ca e Mg), resultando assim em produtividade mais elevada.

## 6 BIBLIOGRAFIA:

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biol. Biochem.** v. 22, n. 2, p. 251-255, 1990.

ARAÚJO et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia.** v.5, n.1, p. 187-206, jan/abr. 2012.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. **Methods for assessing soil quality.** Special publication 49. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141.

BORGES, C.D. et al. Atributos microbiológicos, físicos e químicos do solo em cultivos de mandioca sob manejo orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27., 2006, Bonito, MS. **Anais A busca das raízes** Dourados: EMBRAPA, 2006. 1 CD-ROM.

CADAVID L.F. et al. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. **Field Crops Research.** v. 57, p. 45–56, 1998.

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

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS-RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC.** 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, p.289-298, 1999.

DA COSTA, A. **Retenção e disponibilidade de água em solos de Santa Catarina: avaliação e geração de funções de pedotransferência**. Lages: UDESC, 2012. 423p Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agro-Veterinária, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

DA SILVA, et al. Atributos Físicos Do Solo E Resposta Da Mandioca (*Manihot Esculenta* Crantz) A Calagem, Adubação Orgânica E Potássica. **R. Técnico Científica IFSC**. v. 3, n. 1, 2012.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, vol. 35, 1994.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306p.

EPAGRI/CEPA., **Tabelas de produção**. Santa Catarina - Ranking da produção estadual em relação a nacional - Safras 2011 e 2012. Florianópolis: EPAGRI, 2012 – disponível em [http://cepa.epagri.sc.gov.br/produtos/tabproducao/ranking\\_producao\\_SC.xls](http://cepa.epagri.sc.gov.br/produtos/tabproducao/ranking_producao_SC.xls)

FAO. **Produzir mais com menos: Mandioca Um Guia Para a Intensificação Sustentável da Produção**. São Paulo: FAO, 2013. 23p.

FEREIRA A. S. et al. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **R. Bras. Ci. Solo.** vol. 23, p. 991-996, 1999.

FIDALSKI J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v.34, n.8, p.1353- 1359, 1999.

FIDALSKI J. et al. Influência das Frações de Areia na Retenção e Disponibilidade de Água em Solos das Formações Caiuá E Paranaíba. **R. Bras. Ci. Solo.** v. 37, p. 613-621, 2013.

FUKUDA, W.M.G. et al. **Variabilidade genética e melhoramento da mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*):** manejo, conservação e caracterização. Cruz das Almas: EMBRAPA, 1996.

GEE, G.W.; BALDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., (Editor). **Methods of soil analysis: Part 1. Physical and mineralogical methods.** 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.383-411.

GOMES M. A. F.; FILIZOLA H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola.** Jaguariúna: EMBRAPA, 2006.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil., V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biol. Biochem.** v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

KARLEN, D.L. et al. Long-term tillage effects on soil quality. **Soil Tillage Res.** V.32, p. 313-327, 1994.

LAL, R. **Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos.** Jaguariúna: EMBRAPA, 1999.



LORENZI, J. O.; MALAVOLTA, E.; GALLO, J. R. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Bragantia**. v. 40, p. 145-156, 1981.

LSPA/IBGE . **Levantamento produção agrícola por município**. Brasília: IBGE. 2013. Disponível em <http://www.ibge.br>.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agro ecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciências & Tecnologia**. v. 17, n. 1, p.41-59, 2000.

MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **R. Bras. Ci. Solo**. v.9, p.67-71, 1985.

MERCANTE F. M. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Sci. Agron**. v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

PANSENHAGEN, N.V., **Apostila Cultura da Mandioca**. Santa Rosa do Sul: EAFS-SC, 1999.

PEQUENO et al. Efeito do sistema de preparo do solo sobre características agrônômicas da mandioca. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. v.11, n.5, p.476–481, 2007.

SEPSC - Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina; ROCHA I. de O. (Org.). **Atlas Geográfico de Santa Catarina : Estado e Território - Fascículo 1**. Florianópolis: Ed. UDESC, 2013.

SOUZA, L.S. et al. **Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal:** estudo de caso para citros em solos coesos de tabuleiros costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. 2003. Ribeirão Preto. UNESP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD – ROM.

STOLF, R. Teoria e tese experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **R. Bras. Ci. Solo.** v.15, p229-235, 1991.

TEDESCO, M.J et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.



## APÊNDICES



Apêndice 1 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos do solo e produção de raízes de mandioca em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca em três municípios da região do litoral sul catarinense.

Número de observações: 46

Atributo	Produção	PH	Acidez	Alumina	Boro	Calcio	Magnésio	Enxofre	Fósforo	Carbono	Nitrogênio	Matéria orgânica	Matéria orgânica estabilizada	Matéria orgânica não estabilizada	Matéria orgânica total	Matéria orgânica não estabilizada / Matéria orgânica total	Matéria orgânica estabilizada / Matéria orgânica total	Matéria orgânica não estabilizada / Matéria orgânica estabilizada	Matéria orgânica total / Matéria orgânica estabilizada	
PH	0,32	0,00																		
Acidez	0,11	0,23	0,00																	
Alumina	0,08	0,07	0,21	0,00																
Boro	0,13	0,13	0,19	0,15	0,00															
Calcio	0,05	0,05	0,10	0,08	0,00	0,00														
Magnésio	0,03	0,03	0,06	0,05	0,02	0,00	0,00													
Enxofre	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00												
Fósforo	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00											
Carbono	0,15	0,15	0,20	0,18	0,12	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00										
Nitrogênio	0,10	0,10	0,14	0,12	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00									
Matéria orgânica	0,18	0,18	0,24	0,21	0,14	0,10	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00								
Matéria orgânica estabilizada	0,12	0,12	0,16	0,14	0,09	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00							
Matéria orgânica não estabilizada	0,06	0,06	0,08	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Matéria orgânica não estabilizada / Matéria orgânica total	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Matéria orgânica estabilizada / Matéria orgânica total	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Matéria orgânica não estabilizada / Matéria orgânica estabilizada	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Matéria orgânica total / Matéria orgânica estabilizada	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

Fonte: produção do próprio autor.

Apêndice 2 - Atributos químicos relacionados à acidez do solo e alumínio trocável, em três regiões de cultivo de mandioca, conforme nível tecnológico, em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca conforme nível tecnológico em três municípios da região do litoral sul de Santa Catarina.

Nível tecnológico	pH CaCl	SMP	H + Al	Al	m
			cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>		%
Araranguá					
Alto	4,1	6,8	1,81	0,62	29
Médio	4,1	7,0	1,54	0,69	34
Baixo	4,2	6,9	1,76	0,55	28
São João do Sul					
Alto	5,0	7,2	1,27	0,14	8
Médio	4,4	6,8	1,86	1,11	37
Baixo	4,3	6,7	2,06	1,03	37
Santa Rosa do Sul					
Alto	4,3	6,9	1,63	0,55	27
Médio	4,3	6,8	1,84	1,84	57
Baixo	4,0	6,6	2,31	1,78	59

Fonte: produção do próprio autor.

Apêndice 3 - Atributos químicos de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense

Nível Tecnológico	CTC	SB	Ca	Mg	K	P	COT
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>		g dm <sup>-3</sup>
Araranguá							
Alto	3,32	1,51	1,08	0,31	49	32	11
Médio	2,87	1,33	1,00	0,26	28	8	11
Baixo	3,21	1,46	0,93	0,37	62	26	11
São João do Sul							
Alto	2,80	1,53	0,98	0,49	25	24	7
Médio	3,65	1,79	0,84	0,81	51	9	17
Baixo	3,78	1,72	1,03	0,51	77	5	27
Santa Rosa do Sul							
Alto	3,04	1,41	0,99	0,31	42	34	7
Médio	3,25	1,41	0,89	0,40	49	14	9
Baixo	3,53	1,21	0,93	0,17	45	26	17

Fonte: produção do próprio autor.



Apêndice 4 – Composição granulométrica de Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios do litoral sul catarinense.

Nível Tecnológico	Silte	Argila	Areia Total	Areia Fina	Areia Grossa
$\text{g kg}^{-1}$					
Araranguá					
Alto	37,63	21,74	940,61	489,61	451,00
Médio	37,93	21,86	940,21	499,46	440,75
Baixo	4,38	127,38	868,24	387,33	480,91
São João do Sul					
Alto	46,13	32,18	921,69	472,62	449,07
Médio	153,32	74,03	772,64	337,79	434,86
Baixo	153,53	46,32	800,14	374,02	426,12
Santa Rosa do Sul					
Alto	53,62	37,90	908,48	467,19	441,30
Médio	95,21	48,43	856,36	409,54	446,83
Baixo	71,60	61,23	867,18	418,02	449,16

Fonte: produção do próprio autor.

Apêndice 5 – Densidade do solo (DS), porosidade total (PT), resistência mecânica do solo a penetração (RP) e umidade Gravimétrica (UG) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense.

Nível tecnológico	DS (g/cm <sup>3</sup> )	PT (%)	RP (MPa)	UG (%)
Araranguá				
Alto	1,53	42,82	0,85	18,56
Médio	1,49	43,22	0,87	5,59
Baixo	1,45	45,86	0,92	21,31
São João do Sul				
Alto	1,50	41,54	0,78	10,07
Médio	1,45	44,10	0,78	5,24
Baixo	1,42	46,18	0,82	14,59
Santa Rosa do Sul				
Alto	1,51	40,19	0,81	5,26
Médio	1,49	40,31	0,80	7,73
Baixo	1,48	42,19	0,80	6,99

Fonte: produção do próprio autor.

Apêndice 6 – Respiração basal (RB), quociente metabólico ( $qCO_2$ ), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano ( $qMic$ ) em Neossolo Quartzarênico cultivado com mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em três municípios da região do litoral sul catarinense.

Nível tecnológico	RB ( $mg\ CO_2\ Kg^{-1}\ dia^{-1}$ )	$qCO_2$ ( $mg\ CO_2\ mg^{-1}\ CBM^{-1}\ dia^{-1}$ )	CBM ( $mg\ Kg^{-1}$ )	$qMic$ (%)
Araranguá				
Alto	50,29	0,45	129,37	1,42
Médio	48,25	0,50	111,15	1,12
Baixo	51,68	0,32	203,32	1,41
São João do Sul				
Alto	46,08	0,58	97,34	1,37
Médio	55,40	0,24	252,66	1,39
Baixo	64,44	0,27	314,51	1,08
Santa Rosa do Sul				
Alto	52,14	0,71	91,68	1,31
Médio	50,87	0,35	194,97	1,10
Baixo	50,73	0,69	85,91	1,41

Fonte: produção do próprio autor.