

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO  
ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa*) EM ÁREAS  
SISTEMATIZADAS E NÃO SISTEMATIZADAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Dirceu Segabinazzi Nöller**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2012**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO ARROZ  
IRRIGADO (*Oryza sativa*) EM ÁREAS SISTEMATIZADAS E  
NÃO SISTEMATIZADAS**

**Dirceu Segabinazzi Nöller**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

**Orientador: Professor Dr. Reges Durigon**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2012**

Nöller, Dirceu Segabinazzi  
Agricultura de Precisão na cultura de arroz irrigado (*Oryza sativa*)  
em áreas sistematizadas e não sistematizadas / por Dirceu Segabinazzi  
Nöller. – 2012.  
97 p. ; 30 cm

Orientador: Reges Durigon  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria,  
Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, RS, 2012

1. Agricultura de precisão 2. Arroz irrigado 3. Variabilidade espacial 4.  
Análise multivariada. I. Durigon, Reges II. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da  
Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

---

© 2012

Todos os direitos autorais reservados a *Dirceu Segabinazzi Nöller*. A reprodução de  
partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do  
autor.

Endereço: Rua Jorge Franke, n 1036, Bairro Soares, Cachoeira do Sul, RS. CEP  
96501-440

E-mail: [dirceunoller@yahoo.com.br](mailto:dirceunoller@yahoo.com.br)

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a dissertação de mestrado**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO  
(Oryza sativa) EM ÁREAS SISTEMATIZADAS E NÃO  
SISTEMATIZADAS**

elaborada por  
**Dirceu Segabinazzi Nöller**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Reges Durigon, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Alexandre Russini, Dr. (UNIPAMPA)**  
(membro)

---

**Valmir Werner, Dr. (CESNORS-UFSM)**  
(membro)

Santa Maria, 27 de Julho de 2012

## DEDICATÓRIA

A essas duas pessoas maravilhosas que  
são meus pais, Reni e Dirce Nöller pelo dom da vida,  
por todos os ensinamentos e oportunidades  
que me proporcionaram durante esse tempo.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado paz no coração.

A Universidade Federal de Santa Maria pelo conhecimento adquirido nestes anos de estudos.

Ao meus pais, Reni e Dirce Nöller, meu irmão Renê e família por ter me apoiado nesta nova etapa. Obrigado de coração pelo esforço e incentivo nesses anos de estudo.

Ao professor Dr. Reges Durigon pela orientação, sua amizade, confiança e incentivo.

A família Milbradt, pela disponibilidade de tempo e atenção durante o período de estudos e pela oportunidade do trabalho ser executado.

Ao meu colega de pesquisa Niumar Dutra Aurélio, pelos conselhos, paciência e incentivo na realização deste trabalho.

Aos colegas e ex colegas de NEMA, Éder Dorneles Pinheiro, Marçal Elizandro Dorneles, Leonardo Brondani, Olavo Santi, Gustavo Nietiedt, Pablo Ferrer, Marcelo Farias, Rodrigo Ribas, Fabiano Cassol, Mateus Bellé.

Ao meu amigo, colega de graduação, pós-graduação e de emprego Gustavo José Bonotto.

Ao Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFSM, pela oportunidade e qualidade de ensino prestado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela disponibilidade de recursos durante o primeiro ano de estudos.

A minha noiva, Camila Belo Pereira, pelo amor, carinho e ternura, companheira em todas as situações vividas juntos.

Aos colegas da ASCAR/EMATER-RS pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

A equipe de futebol de campo da UFSM pela oportunidade de aprendizagem de tantas experiências no convívio com o grupo.

Enfim, a todos que contribuíram para esta etapa da minha vida, agradeço.

Eu quero ser gente igual aos avós  
Eu quero ser gente igual aos meus pais  
Eu quero ser homem sem mágoas no peito  
Eu quero respeito e direitos iguais  
Eu quero este pampa semeando bondade  
Eu quero sonhar com homens irmãos  
Eu quero meu filho sem ódio nem guerra  
Eu quero esta terra ao alcance das mãos

**César Passarinho**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **AGRICULTURA DE PRECISÃO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa*) EM ÁREAS SISTEMATIZADAS E NÃO SISTEMATIZADAS**

AUTOR: DIRCEU SEGABINAZZI NÖLLER

ORIENTADOR: REGES DURIGON

Santa Maria, 27 de Julho, de 2012

Agricultura de precisão em arroz irrigado (*Oryza sativa*) tem sido pouco estudada, ao contrário de outras culturas de sequeiro que sua tecnologia está amplamente difundida. O estudo foi desenvolvido no município de Cachoeira do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, coordenadas geográficas Sul de 30°02'45" e longitude de 52°53'39" nos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09. O trabalho teve como objetivo avaliar as ferramentas de AP em áreas sistematizadas e não sistematizadas. Foram avaliadas a produtividade, a dependência espacial dos atributos do solo, as correlações entre os atributos do solo e a produtividade e os componentes principais para os talhões. Para avaliação foram realizadas amostras de solo georeferenciadas, confeccionados mapas de fertilidade utilizando o software CR Campeiro 7<sup>®</sup>, aplicação de fertilizantes em taxa variável e confecção de mapas de produtividade com o uso de um sensor ótico volumétrico. Os resultados mostraram variabilidade na produtividade de arroz irrigado. De acordo com os semivariogramas dos atributos do solo ocorreu dependência espacial dos atributos, com exceção da matéria orgânica no talhão sistematizado. Não obteve-se correlações da produtividade com os atributos do solo. A análise multivariada de componentes principais explicou a variabilidade da produtividade nos talhões. Os resultados encontrados demonstraram a viabilidade técnica do emprego de ferramentas de agricultura de precisão em arroz irrigado e em cultivos sistematizados e não sistematizados.

Palavras chave: Manejo localizado, variabilidade espacial, geoestatística.



## **ABSTRACT**

Master of Science Dissertation  
Graduate Program in Agricultural Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **PRECISION AGRICULTURE IN THE CULTIVATION OF IRRIGATED RICE (*Oryza sativa*) IN SYSTEMATIZED AND NON-SYSTEMATIZED AREAS**

AUTHOR: DIRCEU SEGABINAZZI NÖLLER

ADVISER: REGES DURIGON

Santa Maria, July 27, 2012

The farming precision in irrigated rice (*Oryza sativa*) has not been quite studied, unlike other rainfed crops, which have been highly diffused. This research aims to assess the AP tools in systematized and non-systematized areas; it was fulfilled in Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul state, Brazil, 30°02'45" South and 52°53'39" North, throughout the years of 2007/2008 and 2008/2009. It has been evaluated the productivity, the spatial dependence of soil properties, the interconnection between the soil properties and the productivity and the main components for the plots. In order to make the evaluation possible, some samples of georeferenced soil were made; in addition, some soil fertility maps were built through the use of the CR campeiro 7 software; the fertilizer application in variable rates as the the maps productivity construction as well were performed by using a volumetric optical sensor. The outcomes show variability in the irrigated rice productivity. According to the semivariograms from the soil properties, there is a dependence on such properties, except on the organic matter from the systematic plot. No relation between correlation productivity and soil properties was shown, since the multivariate analysis of main components explained itself the variability of productivity in the plots. The outcomes show technical viability when it comes to the use of farming precision tools and systematized and non-systematized cultivation.

Keywords: precision farming, spatial variability, geostatistics

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Talhões utilizados no experimento. ....	34
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros comparativos da estimativa de produtividade de arroz irrigado entre as safras 2007/08 e 2008/09 no talhão Coxilhão. ....	48
Tabela 2 – Parâmetros comparativos da estimativa de produtividade de arroz irrigado entre as safras 2007/08 e 2008/09 no talhão Terraplanagem. ....	49
Tabela 3 - Parâmetros geoestatísticos dos principais atributos químicos do solo avaliados no talhão com taipas (Coxilhão). ....	51
Tabela 4- Parâmetros geoestatísticos dos principais atributos químicos do solo avaliados em área sistematizada. ....	52
Tabela 5- Correlações entre atributos químicos do solo e a produtividade de arroz irrigado analisados nas safras 2007/08 e 2008/09 no talhão coxilhão ....	57
Tabela 6- Correlações entre atributos químicos do solo e a produtividade de arroz irrigado analisados nas safras 2007/08 e 2008/09 no talhão terraplanagem. ....	58
Tabela 7- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2007/08 no talhão coxilhão. ....	59
Tabela 8- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2008/09 no talhão coxilhão. ....	60
Tabela 9- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2007/08 no talhão terraplanagem. ....	61
Tabela 10- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2008/09 no talhão terraplanagem. ....	62
Tabela 11- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2007/08 no talhão coxilhão. ....	63
Tabela 12- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2007/08 no talhão coxilhão. ....	64
Tabela 13- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2008/09 no talhão coxilhão. ....	65
Tabela 14- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2008/09 no talhão coxilhão. ....	65
Tabela 15- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2007/08 no talhão terraplanagem. ....	66
Tabela 16- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2007/08 no talhão terraplanagem. ....	67

Tabela 17- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2008/09 no talhão terraplanagem.....	68
Tabela 18- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2008/09 no talhão terraplanagem.....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Informações fornecidas pelo semivariograma.....	27
Figura 2 - Histórico da Produção, consumo e estoque de arroz mundial. ....	28
Figura 3 - Produção, produtividade e área plantada de arroz no Brasil. ....	29
Figura 4 - Produção, produtividade e área semeada de arroz no Rio Grande do Sul. .....	30
Figura 5 - Localização Cachoeira do sul. ....	33
Figura 6 – Distribuidor Centrífugo Hércules 10000. ....	35
Figura 7 – Esquema de funcionamento sensor de produtividade.....	36
Figura 8 – Sensor de produtividade instalado. ....	37
Figura 9 – Áreas utilizadas para o experimento. ....	38
Figura 10 – Malha de amostragem de solo do talhão coxilhão. ....	39
Figura 11 – Malha de amostragem de solo do talhão TRP. ....	39
Figura 12 – Esquema da subamostragem do solo. ....	40
Figura 13 – Amostragem com trado calador (A) e homogeneização da amostra (B). .....	41
Figura 14 – Quadrículas com dimensões de 13m X 13m na área total dos talhões Coxilhão (A) e TRP (B).....	45
Figura 15 - Mapas de produtividade arroz irrigado no talhão coxilhão nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009. ....	47
Figura 16 – Mapas de produtividade de arroz irrigado do talhão terraplanagem nos anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009. ....	47
Figura 17- Diferença de produtividade de arroz irrigado entre área experimental e testemunha na área não sistematizada em $\text{kg há}^{-1}$ .....	49
Figura 18- Diferença de produtividade entre área experimental e testemunha na área sistematizada. ....	50
Figura 19 - Semivariograma para o parâmetro saturação de bases no talhão coxilhão. ....	53
Figura 20 - Semivariograma para o elemento enxofre no talhão coxilhão. ....	53
Figura 21 - Semivariograma para o elemento cálcio no talhão terraplanagem. ....	54
Figura 22 - Semivariograma para o parâmetro saturação de bases no talhão terraplanagem. ....	55

Figura 23 - Semivariograma para o parâmetro matéria orgânica no talhão terraplanagem.....	55
Figura 24 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2007/08 no talhão coxilhão.....	69
Figura 25 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2008/09 no talhão coxilhão.....	70
Figura 26 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2007/08 no talhão terraplanagem.....	71
Figura 27 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2008/09 no talhão terraplanagem.....	72

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Semivariogramas do talhão Coxilhão. ....	80
Anexo B - Semivariogramas do talhão terraplanagem. ....	85
Anexo C - Análise de Componentes principais do talhão Coxilhão na safra 2007/08. .....	90
Anexo D- Análise de Componentes principais do talhão Coxilhão na safra 2008/09. .....	92
Anexo E - Análise de Componentes principais do talhão Terraplanagem na safra 2007/08. ....	94
Anexo F- Análise de Componentes principais do talhão Terraplanagem na safra 2008/09. ....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AP</b>	Agricultura de Precisão
<b>AT</b>	Agricultura Tradicional
<b>TRP</b>	Talhão sistematizado denominado Terraplanagem
<b>TRP1</b>	Talhão testemunha sistematizado denominado Terraplanagem 1
<b>P</b>	Fósforo
<b>K</b>	Potássio
<b>MO</b>	Matéria Orgânica
<b>Al</b>	Alumínio
<b>Mg</b>	Magnésio
<b>Ca</b>	Cálcio
<b>S</b>	Enxofre
<b>CTC</b>	Capacidade de troca de cátions
<b>SAT</b>	Saturação
<b>PAP</b>	Projeto de Agricultura de Precisão
<b>MDT</b>	Modelo digital
<b>CP</b>	Componente Principal



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>19</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	19
1.1.2 Objetivos Específicos .....	19
<b>1.2 Hipóteses .....</b>	<b>19</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Agricultura de Precisão .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Variabilidade espacial .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 Análise multivariada.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 A cultura do arroz irrigado .....</b>	<b>28</b>
2.4.1 Histórico de produção.....	28
2.4.2 Sistemas de cultivo .....	31
2.4.3 Arroz vermelho .....	32
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Localização da área experimental .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Máquinas e implementos.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3 Mapeamento da área e georreferenciamento das amostras .....</b>	<b>37</b>
<b>3.4 Amostragem de solo .....</b>	<b>40</b>
<b>3.5 Semeadura .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6 Aplicação de fertilizantes .....</b>	<b>42</b>
<b>3.7 Aplicação de insumos fitossanitários .....</b>	<b>42</b>
<b>3.8 Colheita .....</b>	<b>43</b>
<b>3.9 Tratamento dos dados .....</b>	<b>44</b>
3.9.1 Elaboração dos parâmetros geoestatísticos dos atributos químicos do solo ...	44
3.9.2 Elaboração de mapas de produtividade. ....	44
3.9.3 Elaboração e correlação de modelos digitais .....	45
3.9.4 Análise multivariada .....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1 Produtividade de arroz irrigado .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2 Dependência espacial .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3 Correlações entre atributos químicos do solo e produtividade de arroz irrigado.....</b>	<b>56</b>

<b>4.4 Análise multivariada .....</b>	<b>58</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Os custos de produção no setor agrícola estão em elevação, fazendo com que o produtor busque novas tecnologias para aumentar a eficiência na condução de sua lavoura, trazendo a ele a chance de manter-se no setor produtivo. Isto pode ser conseguido com ferramentas como a agricultura de precisão (AP), a qual consiste em um conjunto de tecnologias que considera a variabilidade espacial nos sistemas produtivos, visando fazer a aplicação de insumos com a máxima eficiência técnica e econômica.

A agricultura de precisão teve o seu início com o desenvolvimento de eletrônica embarcada. Após 1990, com a disponibilização do sinal corrigido do Sistema de Posicionamento Global (GPS), houve um aumento nas pesquisas em agricultura de precisão, sendo que nesta última década deixou de ser uma pesquisa para se tornar uma prática usual entre os agricultores brasileiros.

Na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa L.*), a agricultura de precisão teve um aumento considerável nos últimos cinco anos, sendo que o entrave com maior relevância era equipamentos não adaptados a cultura. Esta cultura abrange, aproximadamente um milhão de hectares no Rio Grande do Sul, sendo sua produção nacional concentrada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Na cultura do arroz irrigado, o método de irrigação utilizado é por inundação, sendo que esta pode ser realizado de duas maneiras. A primeira é realizando o nivelamento do solo (sistematizando) e o segundo formando taipas dentro do talhão, as quais possuem mesmas cotas para a formação da lâmina de água. Esta diferença na condução da água trás para o agricultor algumas peculiaridades como a maior dificuldade de mecanização no sistemas com taipas internas, visto que o nivelamento superficial fica comprometido com a estruturação das taipas.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de ferramentas de agricultura de precisão em lavouras sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- i) Elaborar uma comparação entre sistemas utilizando taxa variável e taxa fixa de fertilizantes em lavouras sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado.
- ii) Elaborar mapas de produtividade da cultura e de atributos químicos do solo, determinando as correlações entre os mesmos;
- iii) Identificar as variáveis que explicam a maior parte da variabilidade na produção de arroz irrigado, bem como a relação existente entre elas;
- iv) Determinar a viabilidade técnica do uso do sistema de agricultura de precisão na cultura do arroz irrigado para o gerenciamento da atividade agrícola.

## **1.2 Hipóteses**

- i) Se aplicações em taxa variável visam aplicar a quantidade recomendada de fertilizantes em cada local da área, então, será possível aumentar a produtividade realocando-os.
- ii) Se existem variabilidades espaciais de atributos do solo, existirão atributos que terão maior correlação com a produtividade.
- iii) Se em áreas sistematizadas existe transferência das camadas superficiais do solo, então, haverá uma maior heterogeneidade em áreas sistematizadas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Agricultura de Precisão

A Agricultura de Precisão (AP) é uma tecnologia que possui uma história recente, porém com avanços significativos, que segundo Coelho (2005) procura maximizar a produção física e econômica das culturas, variando a aplicação de insumos de acordo com os tipos de solos e desempenho das culturas.

A agricultura de precisão como é chamada no Brasil é o sistema de produção adotado por agricultores de países de tecnologia avançada, denominado por eles de *Precision Agriculture*, *Precision Farming*, *Site-Specific Crop Management* (MANZATO et al. 1999).

O conceito da AP, para Silva et. al. (2000), é o manejo localizado ou agricultura em taxas variáveis, à análise refinada do processo produtivo agrícola, fazendo uso efetivo da informação e tecnologia para identificar, analisar e controlar a variabilidade espacial e temporal dos fatores de rentabilidade.

Miranda (1999), dando uma posição mais defensiva quanto à agricultura de precisão, menciona que ela envolve um complexo processo, cujo fundamento é o conhecimento espacial preciso da atividade agrícola, frequentemente, baseado no uso de dados obtidos com auxílio de satélites.

O principal objetivo da agricultura de precisão é organizar uma determinada área cultivada com qualidade, visando sempre bons lucros na produção e destacar relevante atenção da agricultura e o menor impacto possível ao meio ambiente.

Para Focht et al. (2004) a AP consiste em um conjunto de técnicas que envolvem máquinas, equipamentos, *software* e pessoal especializado, com o objetivo de prover ferramentas mais apuradas, no que diz respeito ao gerenciamento agrícola, colocando à disposição tecnologias que proporcionam informações capazes de melhorar a eficiência da atividade agrícola

A meta da agricultura de precisão não é padronizar a produção em uma lavoura como um todo. A agricultura de precisão visa orientar a produção potencial e a qualidade da cultura com o acréscimo econômico na área da lavoura, procurando

tomar medidas para restringir e eliminar ao máximo os riscos à saúde e ao meio ambiente. Em algumas lavouras haverá acréscimo na área econômica visto ser alta sua produção, mas também podendo existir outras áreas de baixa produção, ocasionando na maioria das vezes baixa ou nula rentabilidade. Se a baixa produção for devido a falta de nutrientes no solo, identificados como solos pobres, devemos avaliar a eficiência da adubação, que se sua rentabilidade for justa, será feita aplicações de insumos agrícolas podendo ser diversificada, visando sempre bons lucros e a qualidade da cultura com o acréscimo no que diz respeito ao econômico na área plantada da lavoura. A experiência na atividade da cultura e dos diferentes tipos de solo de uma propriedade rural pode fornecer preciosos indicadores que irão orientar nas escolhas do tipo de cultura que será plantada, mostrando também as terras que não serão aproveitadas. Conhecimento e experiência da qualidade da cultura são determinantes para a eficiência dessa qualidade que pode ter como consequência mais lucros (DAMPNEY e MOORE 1999).

Aurélio (2011) justifica a adoção desta ferramenta de gerenciamento pelo fato de que, apesar da maioria dos produtores agrícolas considerarem o solo uniforme, as áreas de cultivo podem ter consideráveis variações espaciais em seus atributos, tais como, tipo de solo, características físicas, produtividade e necessidade de nutrientes.

Um dos avanços já obtidos é a demonstração de que as formas tradicionais de se trabalhar na agricultura não permitem o entendimento ou a visualização dos reais problemas nas áreas produtivas. Em muitos casos o produtor sabe da existência da variabilidade, mas não consegue definir sua localização e, muito menos, quantificá-las. Um bom ponto de partida pode ser um mapa de produtividade o qual, revela pontos importantes e surpreendentes pela riqueza de informações. Com a informação da existência de variabilidade na produtividade na área é necessário buscar as causas deste comportamento iniciando-se um processo de investigação caso a caso. A caracterização das condições da fertilidade do solo através de amostragens programadas e criteriosas, avaliações das condições físicas e biológicas do solo, histórico de manejo e condições climáticas vigentes podem ser outras opções (VEZZANI 2001).

Para Werner (2007) a diferença do sistema de AP para o sistema de Agricultura Tradicional (AT) é que em AT desconsidera-se a variabilidade existente nas áreas de produção, aplicando-se os recursos de produção da maneira mais

uniforme possível, e seus resultados são expressos através de uma média geral do sistema. Em AP busca-se otimizar a aplicação dos recursos de produção, conforme a variabilidade existente em cada talhão. Além disso, nesse sistema, os resultados também são apresentados de acordo com a variabilidade das lavouras na forma de mapas e não mais somente pelas médias. Segundo o autor o aparato tecnológico disponibilizado para AP, envolve além do maquinário normalmente utilizado na agricultura, uma série de sensores, controladores, sistemas de posicionamento, equipamentos de informática entre outros.

O mapa de produtividade é apenas uma etapa de todo o processo que envolve a AP e representa o efeito combinado de diversas fontes de variabilidade espacial e temporal. Uma parte desta variabilidade pode ser atribuída a fatores que são constantes ou variam lentamente, enquanto outros fatores são transitórios, mudando em sua importância e distribuição espacial e temporal de uma safra para outra (DURIGON, 2007).

A partir da geração de mapas de produtividade, é possível constatar a variabilidade espacial da produção em áreas agrícolas, evidenciando-se que uma área não é homogênea, o que leva a produtividades distintas e, conseqüentemente, à rentabilidade econômica variável (CREMONINI, 2002).

Milani et al. (2006) relatam que o manejo localizado tendeu a apresentar produtividades mais homogêneas e superiores ao manejo uniforme. Para isso, é necessário o acompanhamento e análise de mapas de produtividade, considerando um histórico de várias safras e de diferentes culturas para que se caracterizem as variabilidades temporal e espacial (BLACKMORE et al. 2003). Assim, a identificação das regiões onde ocorrem as diferentes variabilidades na produtividade deve ser feita mediante a investigação de pelo menos três anos de mapeamento (MANTOVANI, 2006; SANTI, 2007).

Todo esse aparato tecnológico gera um enorme banco de informações que necessita ser trabalhado por técnicos, com conhecimento adequado, para benefício do produtor. Além do problema da atual falta desses técnicos no mercado, os pequenos produtores rurais e os grandes empresários questionam a viabilidade técnica e econômica dessa agricultura antes de dar um passo no sentido da adoção do sistema.

Considerando-se a complexidade e o dinamismo dos processos que envolvem os avanços tecnológicos, especialistas têm notado, cada vez mais, que os

diversos setores da agricultura não podem ser tratados de maneira homogênea no que diz respeito à medição de variáveis nas áreas agrícolas (FELIPE, 2011).

O sistema de trabalho de produção integrado tenta equiparar o tipo e a quantidade de insumos que entra na lavoura com as necessidades da cultura em áreas menores de um determinado talhão. Este objetivo não é novidade, novas tecnologias disponíveis já auxiliam no conceito da AP como uma produção prática visível (DAVIS et al., 1998).

Para Acock e Pachepsky (1997) a variabilidade presente no rendimento das culturas em um mesmo talhão pode ser atribuída a um grande número de fatores: a temperatura do solo, temperatura do ar, radiação solar, precipitação, umidade, ventos, nutrientes, profundidade do solo, densidade do solo, presença de plantas daninhas, pragas e doenças, por exemplo. Estes são alguns dos fatores que afetam as culturas e podem causar variabilidade. Os mesmos autores afirmam que a tecnologia disponível hoje para levantar informações de variabilidade nas culturas são muitas e bastante avançadas, que somente poderemos realizar intervenções a contento quando compreendermos o sistema produtivo como um todo.

Para Molin (2001), em um primeiro olhar, a AP era vista como mais uma ferramenta para o trabalho na lavoura. Com algum tempo na pesquisa reuniu diversos elementos ao sistema de ações que o compõe. O autor destaca que essa agricultura além de sistema de gestão ou de gerenciamento de produção agrícola, inclusa do conjunto de tecnologias e tarefas realizadas para fortalecer o sistema produtivo. Seu elemento chave é o gerenciamento da variabilidade espacial da rentabilidade e dos fatores a ela acoplados.

A AP torna-se importante não só na visualização das variabilidades espaciais, mas também, para um melhor manejo da unidade de produção que proporciona ao produtor conduzir, gradualmente, a uma melhoria da qualidade do solo agrícola até alcançar a excelência expressa por, entre outras propriedades, elevado potencial produtivo. Caso contrário, se adotado um manejo inadequado, pode conduzir a um processo de regressão da qualidade do solo até alcançar a degradação, que se expressa por baixas produtividades (VEZZANI, 2001).

Para Coelho (2005) os componentes necessários para a AP precisam associar as medidas e entendimento da variabilidade, adicionando a aplicação de insumos (fertilizantes, sementes, defensivos agrícolas e outros) usando o conceito de trabalho localizado com equipamentos corretos para a aplicação dos diferentes



insumos a serem administrados. Contudo, o relevante neste sistema deve ser a eficiência da prática, com o objetivo de atingir o seu valor máximo para o produtor.

Para Mohamed et al. (1996) o exagero de insumos pode levar a impactos negativos na qualidade das águas subterrâneas e retrair a margem de rentabilidade, logo, sua falta pode suprimir a produtividade e a qualidade da produção. Muito importante destacar que, no Brasil, há a necessidade de se ter cuidado com a manutenção da qualidade da água, pois é um país que detém um grande percentual da água potável do mundo.

Segundo Capelli (1999), a agricultura de precisão apresenta as vantagens de possibilitar um melhor conhecimento do campo de produção, permitindo, desta forma a tomada de decisões melhor embasadas. Com isto tem-se uma maior capacidade e flexibilidade para a distribuição dos insumos naqueles locais e no tempo em que são mais necessários, minimizando os custos de produção; a uniformidade na produtividade é alcançada pela correção dos fatores que contribuem para sua variabilidade obtendo-se, com isto, um aumento global da produtividade; a aplicação localizada dos insumos necessários para sustentar uma alta produtividade contribui com a preservação do meio ambiente, já que estes insumos são aplicados somente nos locais, quantidades e no tempo necessário.

Neste sentido, a variação espacial e temporal deve ser considerada para que se possa ter melhor aplicação e aproveitamento dos insumos, podendo assim melhorar a produtividade, reduzir o custo de produção e o impacto ambiental causado pelo excesso utilizado (FARIAS et al., 2003).

Para Oliveira (2000), com o aumento da concorrência na agricultura e do visível desinteresse e suas práticas por parte dos governos, o custo de produção torna-se um importante fator de planejamento e gerenciamento dos negócios agropecuários, estabelecendo à necessidade de redução dos custos e a aplicação de metas que viabilizam os mesmos.

Uma tecnologia que viabilizou a AP foi a liberação do sistema de GPS pelo exército americano para uso civil. Desenvolvido inicialmente para fins militares, passou a ter fundamental importância no georreferenciamento das lavouras, na coleta georreferenciada de informações, no posicionamento do maquinário a campo, ou seja, nas várias etapas do ciclo dessa agricultura descrito por Werner (2007).

Em teoria, Rodrigues (2002) considerou o nível de precisão ideal tratar planta a planta, o que é impossível econômica e tecnicamente. Por outro lado, a

variabilidade de um campo pode simplesmente levar à sua divisão em duas áreas com características específicas relativamente uniformes, manejadas de modo diferenciado. Existem muitas opções intermediárias para o nível de precisão a adotar. Mas, a lei do máximo retorno ao menor custo significará que os maiores benefícios poderão vir de divisões mais abrangentes, ao invés de precisões muito refinadas.

Para Amado et al. (2007), partindo da resposta obtida dos produtores ao tradicional manejo homogêneo da área específica será diferenciada em função do histórico da área, pelos problemas ocorridos por erosões, compactações, erros na aplicação de insumos (sub ou super-fertilizações) exportação de nutrientes pelas safras de grãos produzidas, entre outros fatores. A utilização de zonas de manejo, que representam regiões geográficas, com menor heterogeneidade de atributos de solo, permite prescrever interferências para corrigir os atributos que comprometem o rendimento, buscando elevar o potencial produtivo.

Caso não seja possível solucionar os fatores limitantes, existe a possibilidade de aumentar a eficiência na utilização de insumos ajustando a quantidade aplicada ao potencial produtivo da zona de manejo.

Lowenberg-DeBoer e Griffin (2006) definem ainda que AP clássica pode ser implantada rapidamente para culturas com alto valor agregado, como nas plantações de citros, e em áreas plantadas com alto valor agregado ao espaço de terra, citando os estados de São Paulo, Paraná e no Rio Grande do Sul.

## **2.2 Variabilidade espacial**

Segundo Bellé (2009), com a expansão da AP no Brasil e a possibilidade de geração de mapas da distribuição espacial dos atributos do solo, tornou-se possível obter um diagnóstico dos problemas específicos de cada talhão. O autor ainda cita que para o estudo destas variáveis há a necessidade de utilização de algum método estatístico, sendo sugerido a geoestatística para qualificar as diferenças existentes através da elaboração de semivariogramas.

De acordo com McGraw (1994), a variabilidade espacial do solo ocorre em diferentes graus e está ligada a variações no material de origem, o clima, relevo,

organismos, os processos de formação do solo e os efeitos das práticas adotadas na área.

Isaaks e Srivastava (1989), intitulam o semivariograma como ferramenta central para a geoestatística, sendo fornecida por este uma descrição imparcial e padrão de variação espacial. De acordo com os autores ele é capaz de detectar a dependência espacial entre os pontos amostrados, baseado na hipótese que amostras retiradas mais próximas tem a possibilidade de ser mais correlatas entre si que amostras com maior distância de localização.

Um semivariograma fornece as informações de efeito pepita (C), patamar (C + C<sub>0</sub>) e alcance (a). O efeito pepita (C) revela a descontinuidade do semivariograma em distâncias menores que as amostradas (VIEIRA, 2000). Trata-se da variabilidade não explicada pelo modelo, devido a erros de medida e/ ou microvariações não detectadas (Figura 1).

Os semivariogramas, normalmente, são limitados, sendo que a curva que ilustra a semivariância, atinge uma assíntota conhecida como patamar (C + C<sub>0</sub>). Neste momento é identificado a amplitude da variação, sendo este ponto onde se percebe até onde temos continuidade nos dados. A diferença entre o nível da semivariância definida pelo patamar e a semivariância inicial, representada pelo efeito pepita, é identificada como a contribuição da variância estrutural (C) (OLIVER 1999).

A distância, que vai da origem do semivariograma até o momento em que ele se estabiliza, é denominada de alcance (a), o qual define o raio máximo para o qual amostras vizinhas são usadas para interpolação por técnicas de krigagem. Assim, baixos valores de alcance podem influir na qualidade das estimativas, uma vez que poucos pontos são usados para realização da interpolação (TRANGMAR et al., 1985).

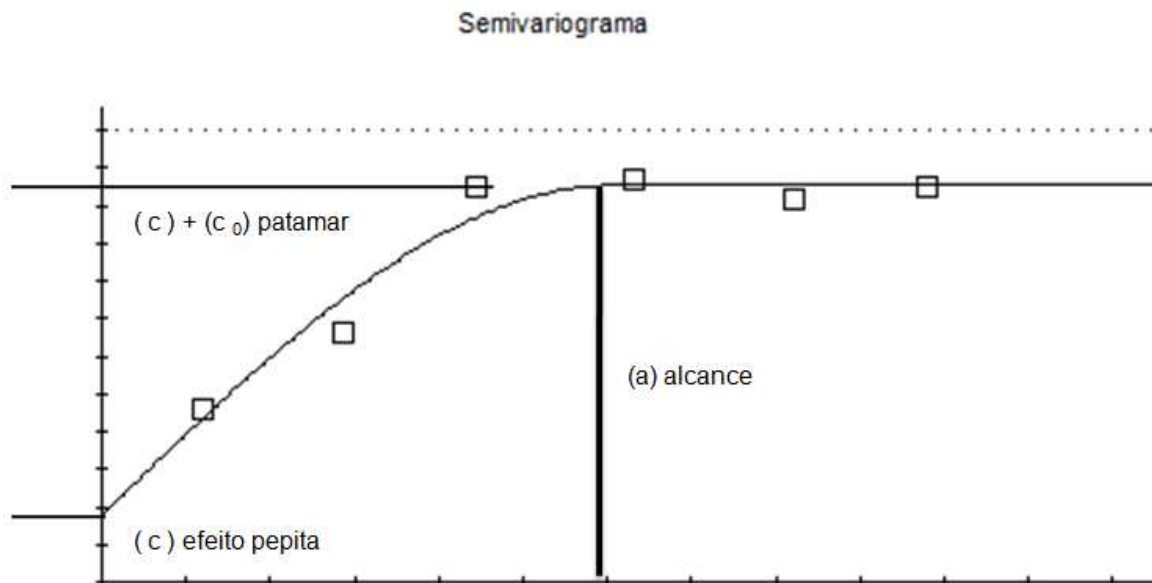


Figura 1 - Informações fornecidas pelo semivariograma.

### 2.3 Análise multivariada

Análise de componentes principais é uma análise multivariada usada para várias finalidades, entre elas o uso para estudos na agricultura. A análise multivariada de componentes principais pode servir para agrupar indivíduos com características semelhantes e estudar suas correlações (VALLADARES et al., 2008).

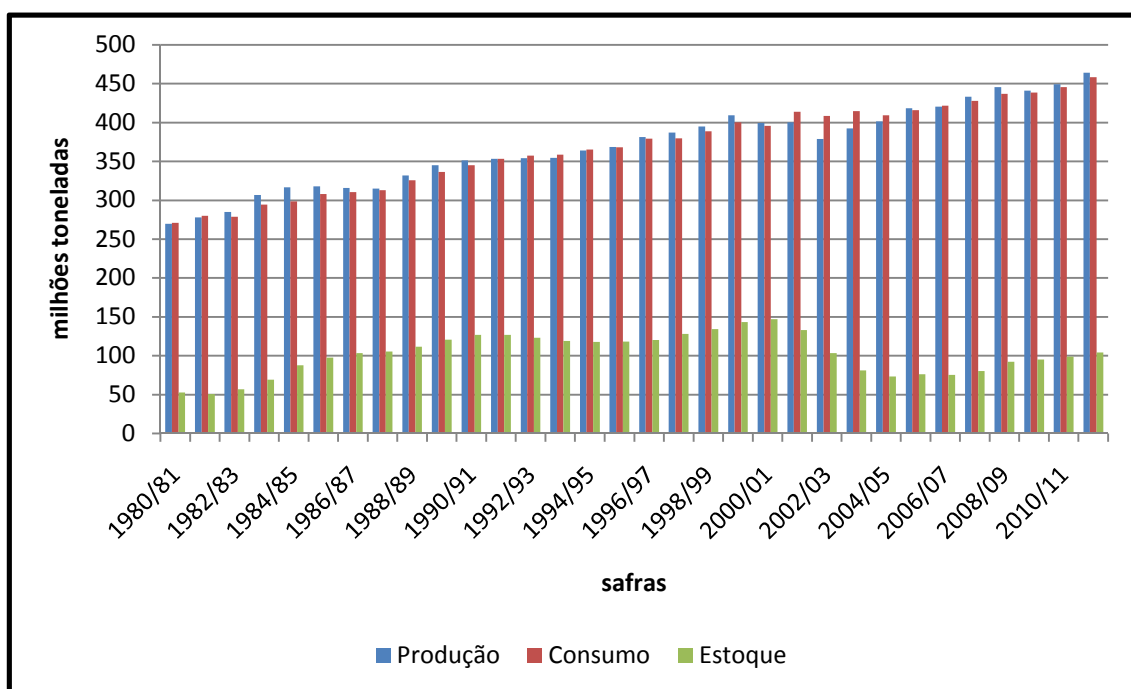
Moita Neto & Moita (1998), consideram a análise de componentes principais como uma ferramenta que pode ser usada para o julgamento da importância das variáveis para a explicação de algum fenômeno, sendo que variáveis originais com maior peso na combinação linear dos primeiros componentes principais são as mais importantes.

Fraisse et al. (2001), apresenta que sempre componente principal 1 explica a maior porcentagem da variação do conjunto de dados. O segundo componente explica a segunda maior porção da variância e assim por diante. Quando o número de componentes é igual ao número de variáveis originais do estudo, 100 % da variância total dos dados são explicadas.

## 2.4 A cultura do arroz irrigado

### 2.4.1 Histórico de produção

De acordo com a Figura 2, podemos visualizar o gradativo aumento no consumo e na produção de arroz na série histórica dos últimos 30 anos, onde o consumo mundial aumentou 187,1 milhões de toneladas e a produção aumentou 194,1 milhões de toneladas. Os estoques mantiveram-se constantes no decorrer dos anos, com uma pequena queda no início dos anos 2000.



Fonte: Adaptado USDA, (2012).

Figura 2 - Histórico da Produção, consumo e estoque de arroz mundial.

A principal causa do aumento de consumo mundial de arroz é o aumento da população, aumento do consumo para alimentação animal e a possibilidade de novos subprodutos do arroz como a farinha de arroz. A principal causa do aumento de produção é o aumento da produtividade, visto que, a área usada na produção de arroz manteve-se constante conforme USDA (2012).

De acordo com a CONAB (2012), a produção de arroz no Brasil vem crescendo, uma vez que no período entre a safra de 1976/77 e 2010/11 a produção passou de 8,99 milhões de toneladas para 11,61 milhões de toneladas mesmo com o decréscimo de 48,5 % da área (Figura 3).

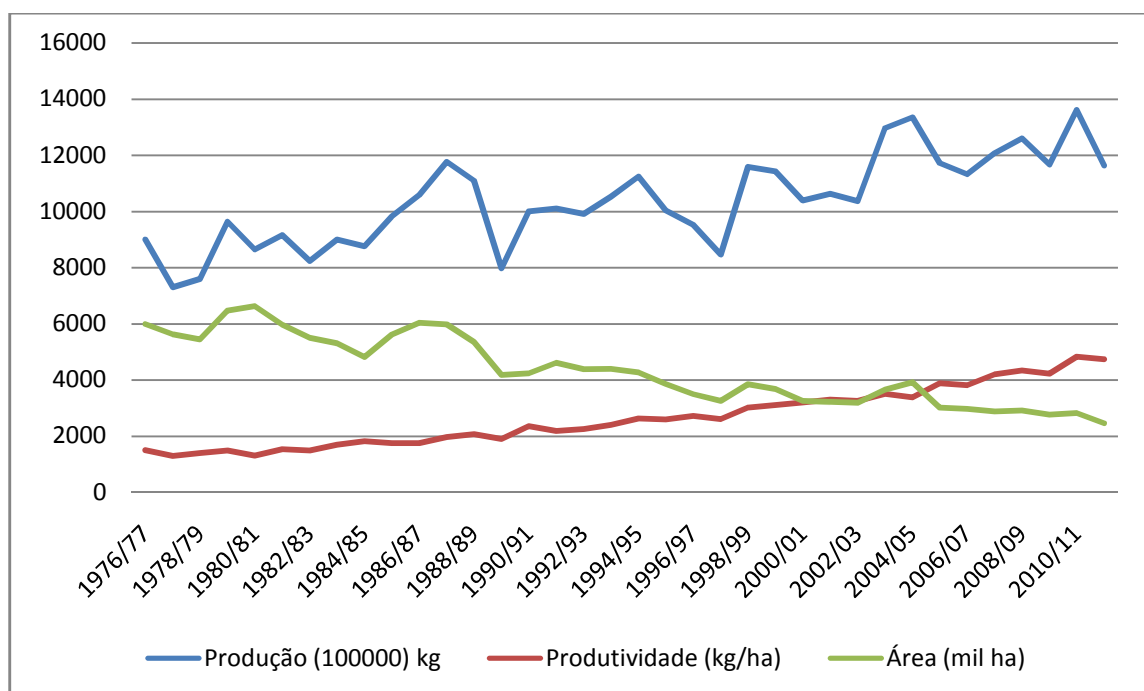


Figura 3 - Produção, produtividade e área plantada de arroz no Brasil.  
Fonte: Adaptado CONAB (2012).

O aumento de produtividade de  $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , na safra do ano agrícola de 1976/1977, para  $4737 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , na safra do ano agrícola de 2011/2012, alcançado nesta série histórica deve-se, principalmente, pelo melhoramento genético, que procurou em suas pesquisas o desenvolvimento de cultivares produtivas e adaptadas a região, além do avanço do manejo cultural e a predominância do sistema de cultivo irrigado por inundação.

O arroz é um dos cereais mais cultivados no mundo. Essa cultura está presente, principalmente, em países em desenvolvimento, onde desempenha importante papel estratégico em nível econômico e social (AZAMBUJA et al., 2004). De acordo com esse autor, o Brasil é o nono produtor mundial de arroz. Essa produção é oriunda de dois sistemas de cultivo: de várzea (irrigado) e de terras altas (sequeiro). O sistema de cultivo de arroz em várzea (irrigado) é praticado

tradicionalmente na Região Sul do Brasil e contribui com 68% da produção nacional, sendo o Rio Grande do Sul (RS) o maior produtor brasileiro.

No Rio Grande do Sul podemos observar um fenômeno inverso ao Brasil no que se diz respeito a área cultivada do cereal. A área aumentou 102% na série histórica de 1976/77 onde a área semeada era de 578 mil hectares passando para 1178 mil hectares. A produtividade teve um incremento de 4100 kg.ha<sup>-1</sup> ao longo destes anos, resultando em um aumento de 115% chegando a marca de 7650 kg.ha<sup>-1</sup> no ano agrícola de 2010/11.

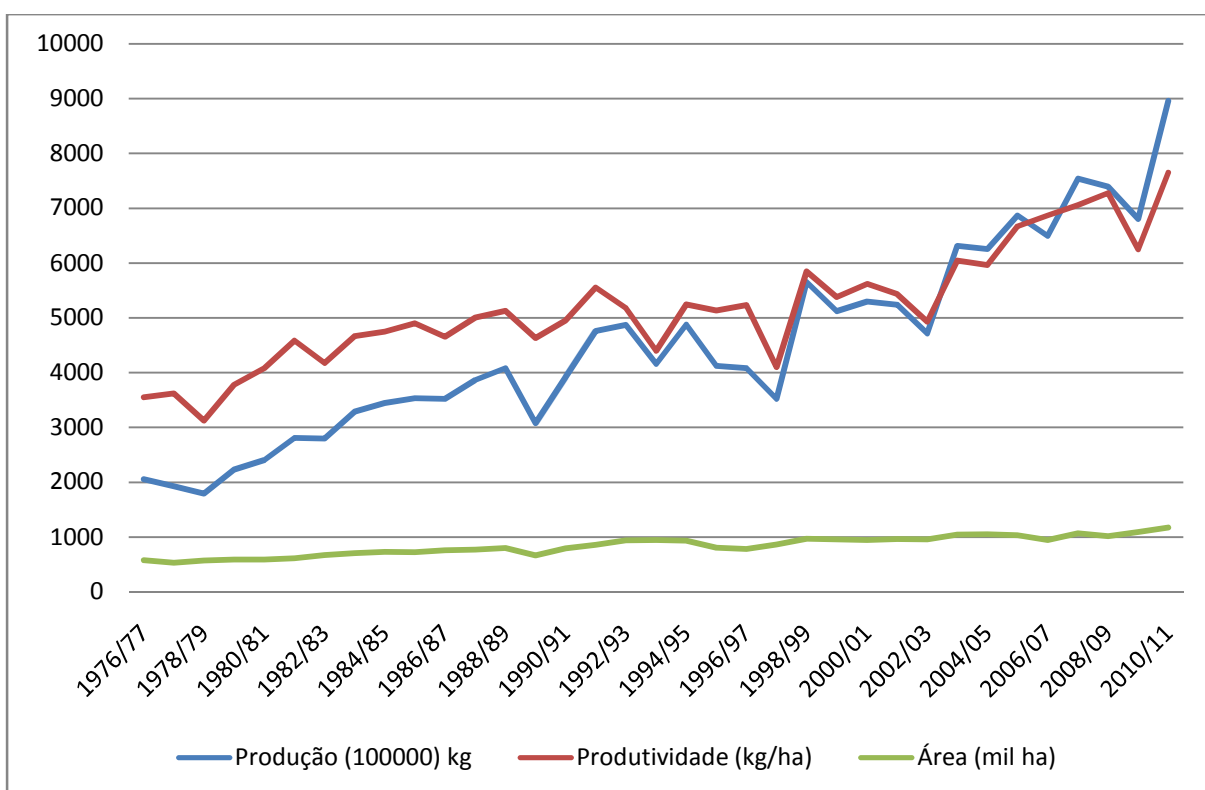


Figura 4 - Produção, produtividade e área semeada de arroz no Rio Grande do Sul. Fonte: adaptado IRGA (2011).

A produtividade no Rio Grande do Sul é maior em relação a média do país, sendo, respectivamente, 7650 kg.ha<sup>-1</sup> e 4827 kg.ha<sup>-1</sup>. Entre os fatores com maior relevância é o sistema de irrigação utilizado, sendo este por inundação, onde a cultura se adapta de uma maneira na qual ela consiga expressar seu melhor potencial.

#### 2.4.2 Sistemas de cultivo

A cultura do arroz tem seu potencial subaproveitado, sendo que na maioria das cultivares adaptadas a solos alagados a produtividade ultrapassa os 10000 kg.ha<sup>-1</sup>. Para atingir estes patamares de produtividade, temos que ter um gerenciamento da produção como um todo, avaliando todas as variáveis presentes em um sistema de produção de arroz irrigado, sendo a utilização de novas tecnologias e o sistema de condução da irrigação um destes fatores.

Segundo Aurélio (2011), a maioria das lavouras do Sul do Brasil são conduzidas sem a sistematização do solo, onde se utilizam taipas na lavoura para formação da lâmina d'água de irrigação. A maioria dos experimentos e testes são realizados em quadros sistematizados, uma vez que as características inerentes a essas áreas podem influenciar significativamente os resultados de ferramentas como AP.

Para Parfitt et al. (2004), para formar a lâmina d'água existem duas maneiras de estruturar a lavoura para que isso aconteça, sendo o primeiro com o uso de taipas e o segundo com a sistematização do solo. Estes dois métodos diferenciam em várias características, entre elas a mecanização das áreas, onde em áreas sistematizadas não há a necessidade de transpor as taipas com os equipamentos. Taipas são obstáculos físicos que se distanciam de acordo com o desnível do terreno a fim de formar uma lâmina d'água que inunde o patamar contido entre as cotas das taipas vizinhas.

A formação de taipas no interior da lavoura possui como vantagens o menor movimento de solo, quando comparado com a superfície da área em nível, menor custo, melhor drenagem e maior facilidade para a rotação de culturas. Quanto às desvantagens, em relação as áreas sistematizadas, apresentam maior consumo de água e a desuniformidade da lâmina de água, causando maiores dificuldades no controle de plantas daninhas e na aplicação de algumas práticas de manejo (SOSBAI 2010).

A lavoura de arroz em quadros, onde ocorreu a sistematização do solo, consiste em cultivar a cultura em áreas com um nivelamento da superfície, sendo que para isto ocorrer utiliza-se o solo das cotas mais elevadas (originando áreas de corte) para aterrar o solo de cotas inferiores (originando áreas de aterro). O terreno



plano formado apresenta vantagens em relação à superfície original, como um melhor manejo da água, menor incidência de pragas e doenças, menor oscilação da temperatura da água e solo, maior eficiência nos tratamentos culturais (AURÉLIO 2011).

Para a sistematização do solo ocorre um revolvimento dos seus horizontes, resultando assim a estratificação dos materiais das áreas de aterro e em muitas vezes expondo o horizonte sub-superficial. As condições do solo são modificadas, reduzindo produtividade e aumentando a variabilidade espacial de atributos químicos, físicos e biológicos do solo (NUNES et al., 2002).

Aurélio (2011), menciona que em áreas com maior declividade nem sempre é vantajoso a sistematização do solo, uma vez que sua movimentação é de grandes proporções tendo, como consequência, a exposição de horizontes sub-superficiais com baixa fertilidade.

Para Sosbai (2010), na operação de nivelamento da superfície do solo, não deve ocorrer cortes muito profundos. Como orientação geral os cortes não deveriam ser mais profundos do que a metade do horizonte A, sob pena de comprometer a produtividade nesses pontos por tempo indefinido. Ainda recomenda-se fazer uma adubação de correção e uniformização em áreas sistematizadas recentemente, sendo sugerido a utilização de práticas de Agricultura de Precisão.

#### 2.4.3 Arroz vermelho

As plantas daninhas concorrem com as plantas de arroz por luz, água e nutrientes, constituindo-se em um dos principais limitantes da produtividade das lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SOSBAI 2010).

Marchesan et al. (2004), endossam que as perdas ocorridas pela incidência da planta daninha no arroz irrigado são de grande importância, sendo que calculam que a competição com o arroz vermelho seja uma das principais causas de perda de produtividade da cultura de arroz irrigado.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área experimental

O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Cachoeira do Sul-RS. O município está localizado na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Localiza-se entre as coordenadas geográficas Latitude Sul de 30°02'45" e Longitude Leste de 52°53'39". A altitude média da cidade é de em torno de 68 metros acima do nível do mar. O município é conhecido como a capital do arroz irrigado do Brasil, devido a sua alta produção nos anos de 1970 e 1980. A vocação orizícola da cidade deve-se a disponibilidade de água para o cultivo, isto ocorre devido ao Rio Jacuí banhar a cidade além de seus afluentes.



Figura 5 - Localização Cachoeira do sul.

Fonte: [http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg\\_estado\\_mapa\\_1.php](http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_estado_mapa_1.php)

Pelo sistema internacional de classificação climática de Köppen, o município se enquadra na classificação Cfa. A temperatura média anual é de 18,8 C° e sua precipitação anual média é de 1438 milímetros.

A área estudada está localizada na margem direita do Rio Jacuí, a uma distância de 5 quilômetros do centro da cidade de Cachoeira do Sul, estando as margens da BR 153. As coordenadas geográficas do local são 30°3'57" de Latitude Sul e 53°20'38" de Longitude Leste. A área total da propriedade é de 750 hectares, sendo quatro talhões utilizados para o experimento. Os talhões utilizados são denominados Coxilhão, Triângulo, Terraplanagem (TRP) e Terraplanagem 1 (TRP 1) (QUADRO 1), sendo que tem como característica diferencial o nivelamento de sua superfície. Quanto a classificação do solo, se apresenta como Planossolo Háplico eutrófico arênico (Unidade Mapeamento Vacacaí) (EMBRAPA 2006). O trabalho teve início com a confecção dos mapas de produtividade na safra de 2007/2008.

Nome do talhão	Sistema de condução	Aplicação de fertilizantes à taxa variável
Coxilhão	Não sistematizado	Sim
Triângulo	Não sistematizado	Não
TRP	sistematizado	Sim
TRP1	sistematizado	Não

Quadro 1 – Talhões utilizados no experimento.

### 3.2 Máquinas e implementos

O distribuidor centrífugo Hércules 10000 (Figura 6), foi utilizado para a aplicação de insumos em taxas variáveis, suas especificações são de capacidade de carga de 10000 kg, equipado com eixo tipo tandem e rebocado pela barra de tração. O mesmo conta com um sistema para aplicação em taxas variáveis, o qual faz o controle de vazão através de um controlador eletrônico guiado por um equipamento de posicionamento por satélite. O mapa de prescrição contido em uma unidade de armazenamento removível (cartão de dados), que relaciona a coordenada do ponto a ser aplicado (informada pelo sistema de posicionamento por satélite) e a dose

prescrita para o ponto. Os demais componentes do sistema são sensores (de velocidade do conjunto mecanizado e do mecanismo de alimentação) e atuadores hidráulicos, que executam as diferentes taxas de aplicação lidas pelo controlador.



Figura 6 – Distribuidor Centrífugo Hércules 10000.

O sensor de produtividade utilizado foi o sensor de fluxo de grãos volumétrico (Figura 7 e 8). Segundo Molin (2000), ele utiliza um emissor de luz infravermelha, cujo fecho é cortado sempre que passarem as pás do elevador vazias ou as pás juntamente com os grãos. As pás vazias, ou seja, o elevador sem grãos, correspondem à tara do sistema. O sistema mede o tempo de corte de luz gerando o dado de volume e com a informação da densidade dos grãos dada pelo usuário, calcula a massa de grãos que está passando e, portanto, a vazão. Esse método é bastante sensível à variação na densidade dos grãos. O equipamento dispõe de um sensor de inclinação que é instalado na parte inferior da colhedora. Esse sensor mede o ângulo de inclinação da máquina e informa ao sistema que utiliza essa informação para corrigir a leitura do tempo de corte da luz infravermelha.

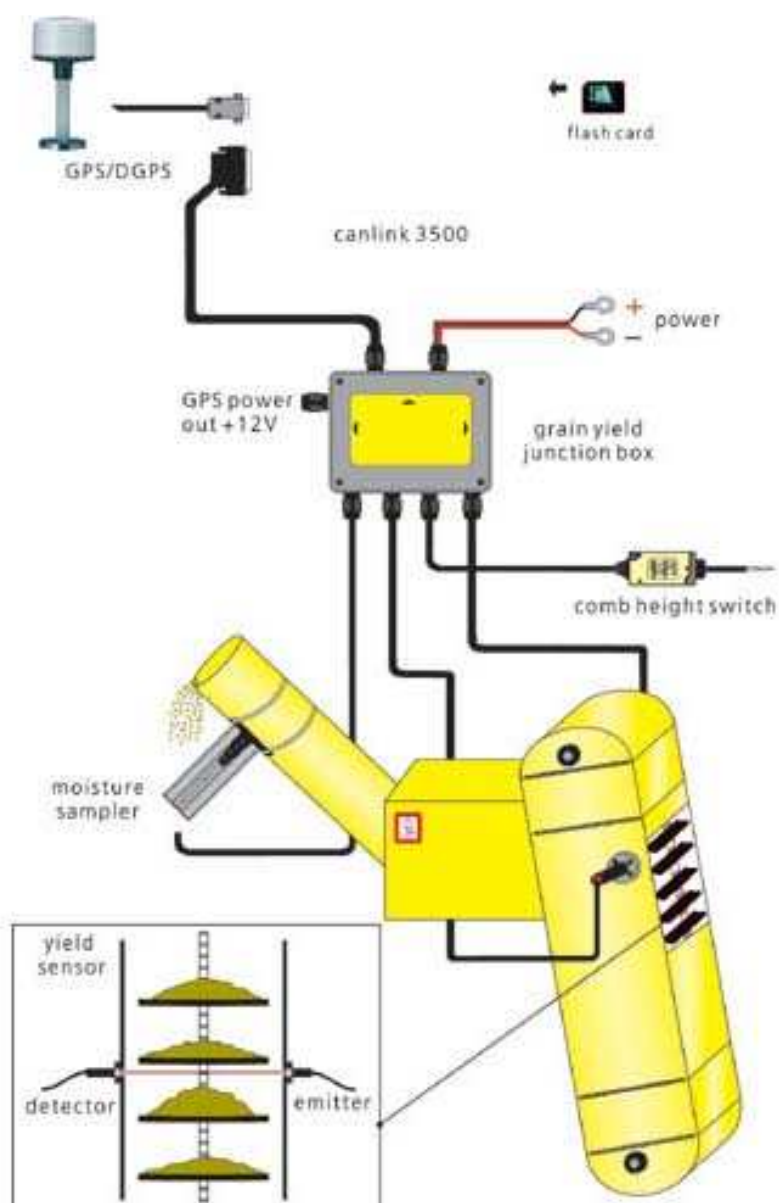


Figura 7 – Esquema de funcionamento sensor de produtividade.  
Fonte: [www.farmscan.net.au/default.aspx?MenuID=13](http://www.farmscan.net.au/default.aspx?MenuID=13)



Figura 8 – Sensor de produtividade instalado.

### 3.3 Mapeamento da área e georreferenciamento das amostras

Foi realizado o mapeamento de todas as áreas experimentais com o uso de um GPS de navegação Garmin®, no qual demarcou os vértices da área (Figura 9), além de seu tamanho. O talhão Coxilhão possui uma área útil de 40,86 hectares, o talhão Terraplanagem (TRP) abrange 20,54 hectares. Os talhões utilizados como testemunha dos experimentos são denominados Triângulo e Terraplanagem 1 (TRP1), tendo como área 20,66 e 11,11 hectares respectivamente.

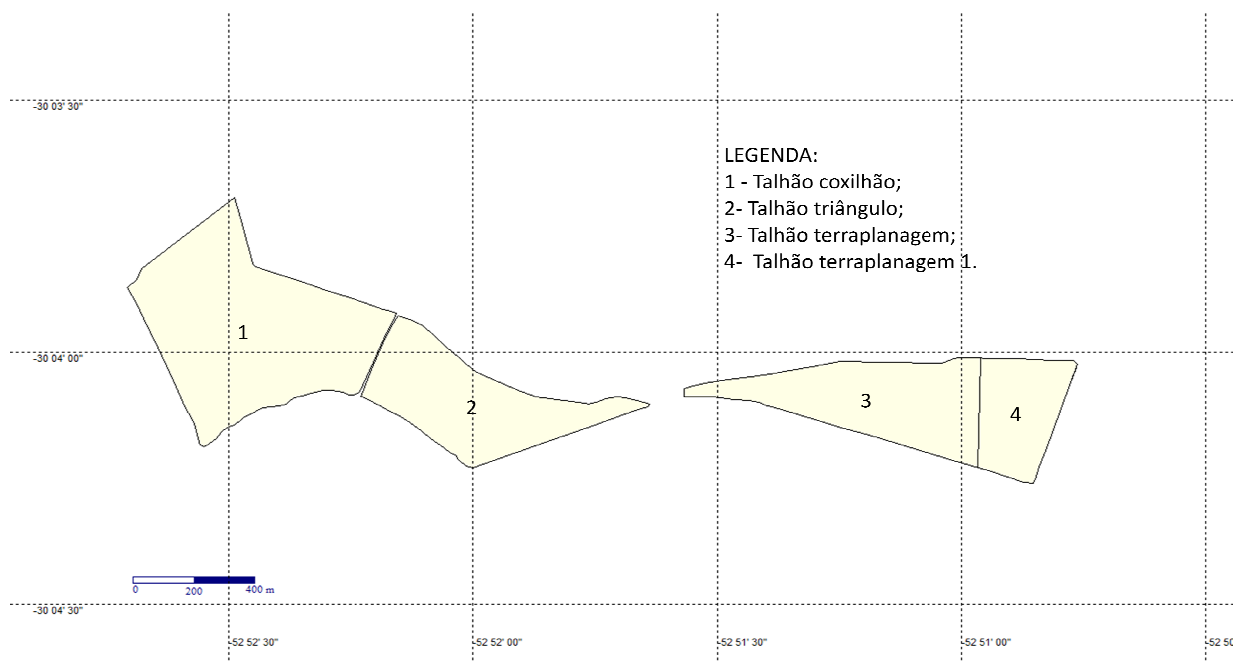


Figura 9 – Áreas utilizadas para o experimento.

Para a aplicação em taxa variável nos talhões onde foram utilizadas as técnicas foram confeccionados malhas de amostragens de solo. Adotou-se uma malha quadrangular, sendo que na área de taipas o *grid* confeccionado foi de um hectare e na área sistematizada foi de 0,5 hectares com pontos pilotos em ambas para serem utilizados na calibração das análises geoestatísticas. Pontos pilotos são pontos ao redor do ponto amostral que basicamente tem sua utilidade na calibração do alcance em distâncias inferiores a malha amostrada. A decisão de diminuir a malha de amostragem, no talhão sistematizado, foi devido ao revolvimento e realocação das camadas superficiais do solo, pois existe a probabilidade de haver maior heterogeneidade da camada de solo avaliada. Foram utilizados 16 pontos piloto por área, formando quatro conjuntos de quatro pontos ao redor de cada ponto escolhido para recebê-los. As malhas de amostragem utilizadas (Figuras 10 e 11), foram determinadas e georreferenciadas através do programa “Sistema Agropecuário CR – Campeiro 7<sup>®</sup>” desenvolvido pelo Setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural da UFSM.

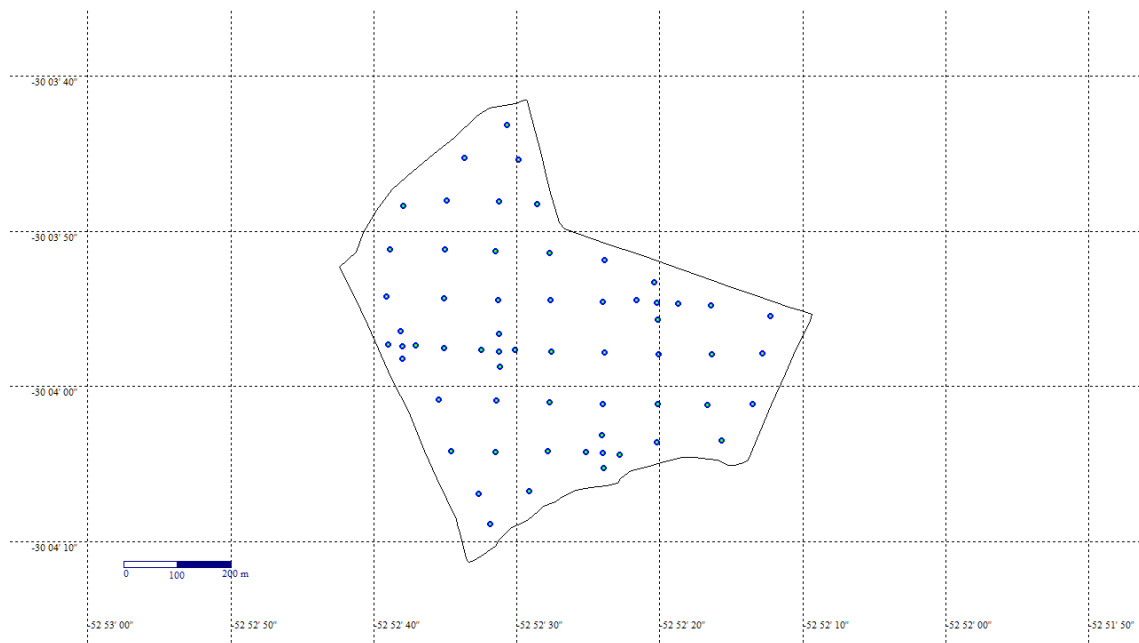


Figura 10 – Malha de amostragem de solo do talhão coxilhão.

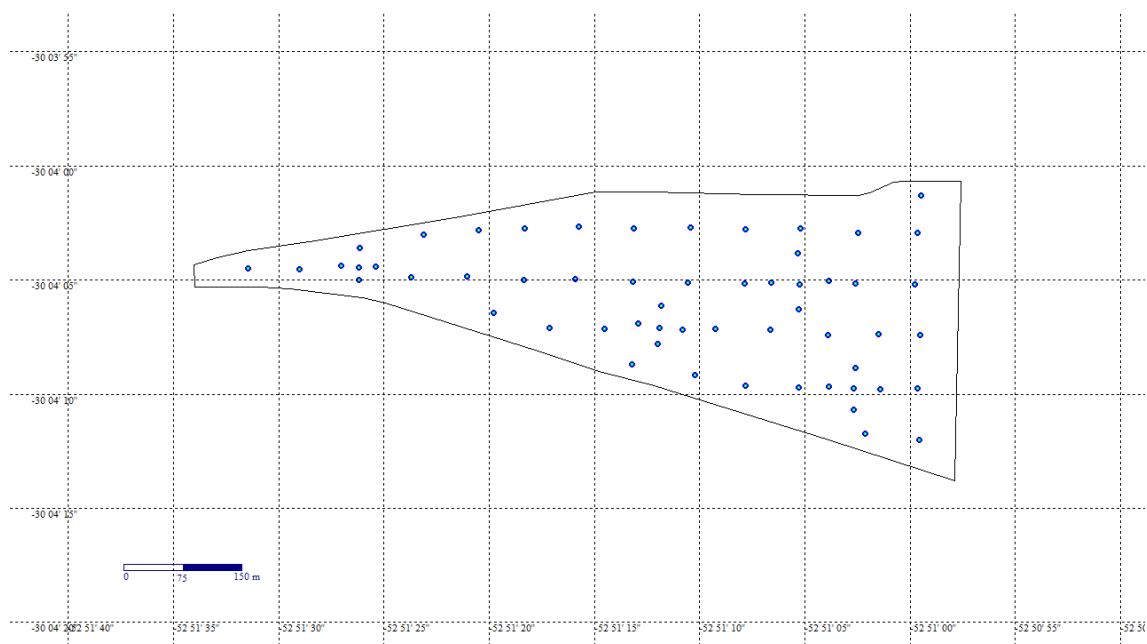


Figura 11 – Malha de amostragem de solo do talhão TRP.



### 3.4 Amostragem de solo

O processo de amostragem do solo foi realizado no mês de Agosto do ano de 2008 que cada amostra de solo era composta de 15 subamostras, retiradas com trado calador em um raio de 10 metros ao redor do ponto amostral (Figura 12) a uma profundidade de 0 a 0,2 metros (Figura 13). Após a coleta o material era homogeneizado e retirado o volume necessário para compor a amostra.

Nos talhões manejados com AT foi feito apenas uma amostra representando a área total. Nos talhões com AP foi feita uma amostra para cada ponto amostral.

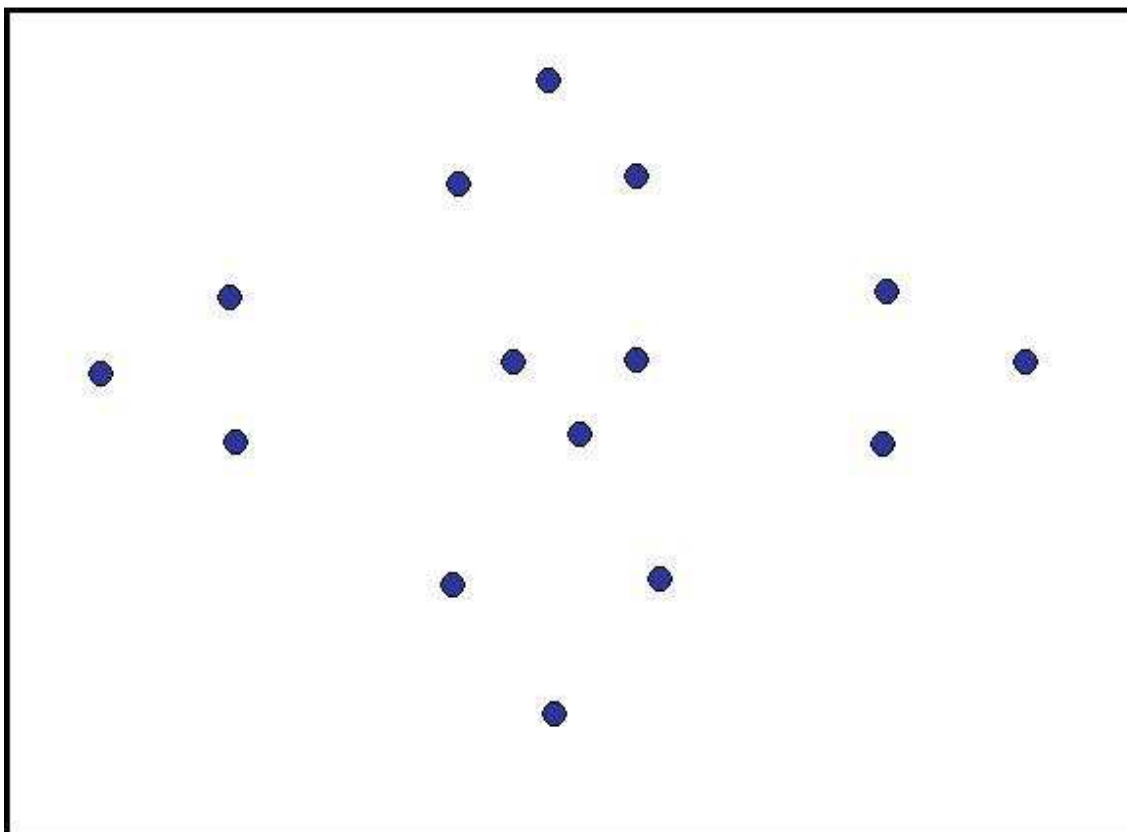


Figura 12 – Esquema da subamostragem do solo.



Figura 13 – Amostragem com trado calador (A) e homogeneização da amostra (B).

Após armazenamento e identificação das amostras, estas foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos/UFSM, integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos (ROLAS) para análise.

A partir do término das análises de solo, foram interpretadas e usadas para elaborar modelos digitais (mapas) de cada atributo químico do solo. Para interpretação seguiu-se as recomendações de adubação e calagem de Sosbai (2007).

### 3.5 Semeadura

Nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, foram cultivados arroz irrigado na totalidade da área, sendo utilizada a cultivar PUITÁ INTA CL. A taxa média de sementes utilizada nos dois sistemas foi de  $85 \text{ kg ha}^{-1}$  de semente. No segundo ano a implantação da cultura na área total da fazenda teve início em outubro, sendo que os talhões Coxilhão, Triângulo, Terraplanagem, e Terraplanagem testemunha foram semeados em condições idênticas, nos dias 20 e 21 de novembro de 2008 e a emergência das plântulas iniciou no dia 1º de dezembro do mesmo ano.

### 3.6 Aplicação de fertilizantes

Após a análise das amostras de solos georreferenciadas, foram gerados os mapas de fertilidade da área pelo software Campeiro 7<sup>®</sup>. A partir da fertilidade e das informações, oriundas dos mapas de produtividade, geraram-se os mapas de aplicação de utilizando o mesmo software citado acima.

Utilizou-se como adubação de base o formulado 06-30-06, na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> junto com a sementeira. A aplicação do restante do adubo foi realizada em taxas variáveis em cobertura. A fonte de fósforo utilizada foi o Superfosfato Triplo. A fonte de Potássio foi Cloreto de Potássio e de Nitrogênio foi Uréia. A aplicação do Cloreto de potássio em cobertura ocorreu no dia 15/12/2008, nas taxas de 130, 140, 150, 160, 170 e 180 kg ha<sup>-1</sup> no talhão coxilhão e no talhão TRP as doses utilizadas foram 110 e 120 kg ha<sup>-1</sup>. O Superfosfato Triplo foi aplicado em cobertura no dia 17/12/ 2008, nas taxas de 30, 40, 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup> em ambas as áreas. A uréia foi aplicada no dia 19/12/2008 nas taxas de 200, 250, 300 e 350 kg ha<sup>-1</sup> no talhão coxilhão e nas doses de 250, 300, 350 400 kg ha<sup>-1</sup> no talhão TRP. As médias aplicadas para o talhão Coxilhão para Uréia, Superfosfato Triplo e Cloreto de potássio foram respectivamente, 275 kg ha<sup>-1</sup>, 44,5 kg ha<sup>-1</sup> e 148 kg ha<sup>-1</sup> e 323 kg ha<sup>-1</sup>, 36,4 kg ha<sup>-1</sup> e 113 kg ha<sup>-1</sup> para o talhão terraplanagem.

Para as testemunhas, foi feita a recomendação do formulado 06-30-06, na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> junto com a sementeira, e a lançar o restante da adubação. O Cloreto de Potássio foi aplicado no dia 15/12/2008 na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, O Superfosfato Triplo foi aplicado no dia 17/12/2008 na dose de 45 kg ha<sup>-1</sup> e a Uréia foi aplicada no dia 19/12/2008 na dose de 280 kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.7 Aplicação de insumos fitossanitários

O manejo fitossanitário para a cultura do arroz irrigado, na safra 2008/09, foi realizado com o tratamento de sementes com o inseticida Fipronil na dose de 1ml para cada quilo de semente e o fungicida Carboxin+Thiram na dose de 0,25 L por 100 kg de sementes e duas aplicações de herbicidas, sendo uma dessecação em

pré-semeadura com 4 L ha<sup>-1</sup> de Glifosato mais 0,8 L ha<sup>-1</sup> de Clomazone e uma aplicação antes da entrada da água em pós emergência do herbicida Imazetapyr+Imazapic na dose de 1 L ha<sup>-1</sup>. No controle de insetos, realizou-se uma aplicação utilizando o inseticida Carbaril Fersol na dose de 1,5 L ha<sup>-1</sup>, Todos os tratamentos foram aplicados igualmente na área sendo que os herbicidas foram pulverizados via terrestre e o inseticida, aplicado no fim de ciclo, foi por pulverização aérea.

### 3.8 Colheita

A colheita da cultura do arroz irrigado, na região de Cachoeira do Sul-RS, tem início, normalmente, no mês de fevereiro. No ano agrícola de 2007/2008 a colheita foi realizada em março. No segundo ano do experimento o início da colheita nos talhões foi na segunda quinzena de Março de 2009.

O ponto de colheita para a cultura é considerado quando a massa dos grãos encontra-se entre 18 e 23 % de umidade.

No processo de colheita de arroz irrigado, a colhedora recolhe a massa de grãos com umidade e impurezas. A colhedora utilizada nos trabalhos estava equipada com sensores de produtividade, umidade e impurezas. Para determinar a produção foram descontados as impurezas e a umidade da massa dos grãos.

Para a aferição dos sensores do sistema, eram utilizados equipamentos que mensuravam o peso, umidade e impurezas no engenho que recebia a produção logo após a saída do graneleiro da área, além de balança móvel no entorno das áreas. Com estes procedimentos foi possível obter mapas de produtividade com confiabilidade, uma vez que os valores eram comparados com os encontrados nos equipamentos.

Após a colheita, foram transferidos para um computador os dados obtidos de produtividade. Processou-se a filtragem dos pontos amostrais no Software Campeiro 7<sup>®</sup> de modo que eliminou-se os pontos discrepantes, com altos ou baixos valores de produtividade.

Com o término das filtrações, foram obtidas as produtividades de cada talhão, sendo estas equivalentes as encontradas nas aferições realizadas pelas balanças.

Para os talhões manejados com AT foi realizado a soma das cargas, descontados umidades e impurezas e dividido pela área trazendo assim o resultado de produtividade deste talhões.

### **3.9 Tratamento dos dados**

#### **3.9.1 Elaboração dos parâmetros geoestatísticos dos atributos químicos do solo**

De posse das análises de solo georeferenciadas procedeu a confecção dos semivariogramas para a elaboração dos parâmetros geoestatísticos. A elaboração destes foi realizada pelo programa geoestatístico GS+. Foram determinados para os atributos Argila(%), pH H<sub>2</sub>O (1:1), P (mg/dm<sup>3</sup>), K P (mg/dm<sup>3</sup>), MO (%), Al (cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>), Mg (cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>), Ca (cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>), S (mg/dm<sup>3</sup>), CTC – Efetiva (cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>), SAT – Al (%) e SAT – Bases (%) os valores de efeito pepita, efeito patamar e alcance. O modelo empregado para a confecção do semivariograma e o grau de dependência espacial foi sugerido por Cambardella, et al. (1994). Neste o grau de dependência espacial das variáveis foi avaliado através da porcentagem do efeito no patamar, segundo os níveis de classificação: forte quando o efeito pepita correspondente a um valor menor ou igual a 25% do patamar, dependência espacial moderada, quando o efeito pepita corresponde a um valor entre 25% e 75%, e fraca quando esta relação tinha um valor 75% ou maior do patamar.

#### **3.9.2 Elaboração de mapas de produtividade.**

Os arquivos dos mapas de produtividade filtrados realizou-se a elaboração dos mapas de produtividade pelo software Campeiro 7<sup>®</sup>, que seguiu metodologia descrita por Lemainski (2007) onde as áreas mapeadas foram divididas pelo espaçamento de 13 metros por 13 metros formando (células) com uma área

aproximada de 169 m<sup>2</sup>, trazendo assim 59 pontos de produtividade por hectare (Figura 14).

Criou-se um projeto de agricultura de precisão (PAP), onde o programa indexou valores médios dos pontos que se encontravam a um raio de 25 metros da localização geográfica do ponto central da quadrícula. Com o término se estruturou os modelos digitais (mapas) anexando ao projeto um arquivo de contorno para o mesmo. Para a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizou-se o método de krigagem para interpolação do modelo e uma grade de 10 metros por 10 metros e um raio de pesquisa de 50 metros.

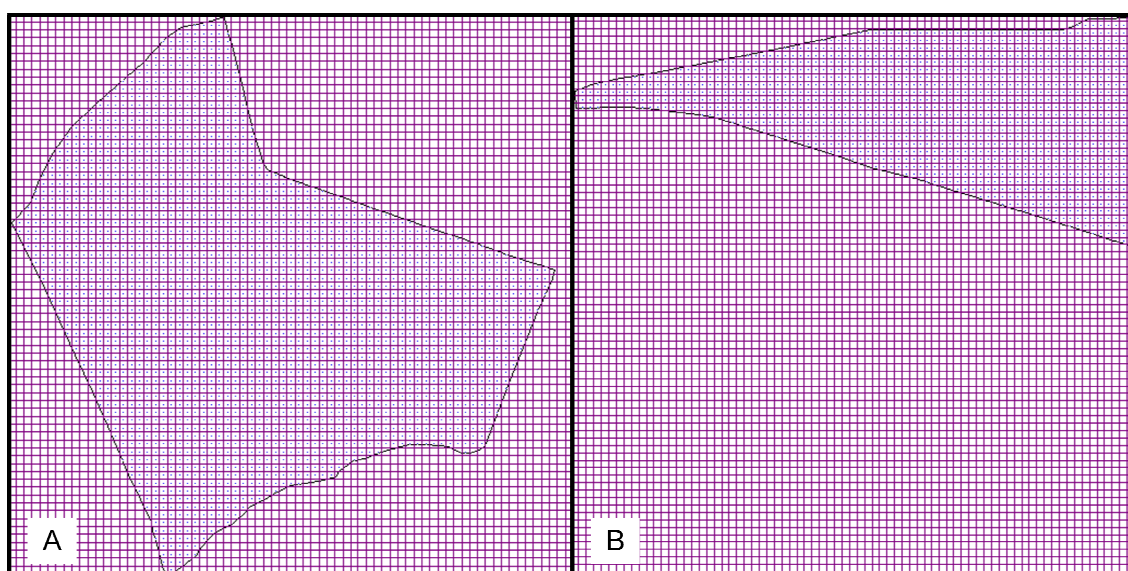


Figura 14 – Quadrículas com dimensões de 13m X 13m na área total dos talhões Coxilhão (A) e TRP (B).

### 3.9.3 Elaboração e correlação de modelos digitais

De posse das análises de solo começou a elaboração dos modelos digitais (mapas) com o auxílio do software Campeiro 7<sup>®</sup>. O método geoestatístico utilizado na interpolação dos dados foi a krigagem, com raio máximo de pesquisa de 200 metros.

Segundo Durigon (2007), este método geoestatístico de interpolação é um processo de estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de

valores adjacentes, sendo bastante importante e utilizado quando a densidade de pontos amostrais é pequeno e para variáveis de custo elevado ou de difícil determinação.

Com os modelos gerados com o mesmo tamanho de grade (10m X 10m), isto é, com mesmo número de linhas e colunas, processou-se as correlações entre os MDT de produtividade e atributos do solo baseadas pelo método de Pearson, ao nível de 5% de probabilidade pelo software Campeiro 7<sup>®</sup>.

Os resultados das correlações resultaram dados para explicar as correlações existentes entre atributos estudados.

#### 3.9.4 Análise multivariada

A análise multivariada utilizada foi de componentes principais, sendo que para a sua confecção foram usados os mesmos modelos digitais utilizados nas correlações e também realizados pelo Campeiro 7<sup>®</sup>.

Segundo Moita Neto e Moita (1998), a análise de componentes principais consiste essencialmente em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais conveniente para a análise dos dados. Em outras palavras, as n-variáveis originais geram, através de suas combinações lineares, n-componentes principais, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que são obtidos em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante.

Segundo Durigon (2007), os autovetores correspondentes às componentes principais são o resultado do carregamento das variáveis originais em cada um deles. De acordo com o autor estes carregamentos podem ser considerados uma forma de medida relativa da importância de cada variável com relação a totalidade dos componentes principais e seus respectivos sinais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produtividade de arroz irrigado

Analisando os dados das safras 2007/08 e 2008/09 dos talhões coxilhão (Figura 15) e terraplanagem (Figura 16) demonstrou que a variabilidade espacial da produtividade em ambos os talhões foi mantida.

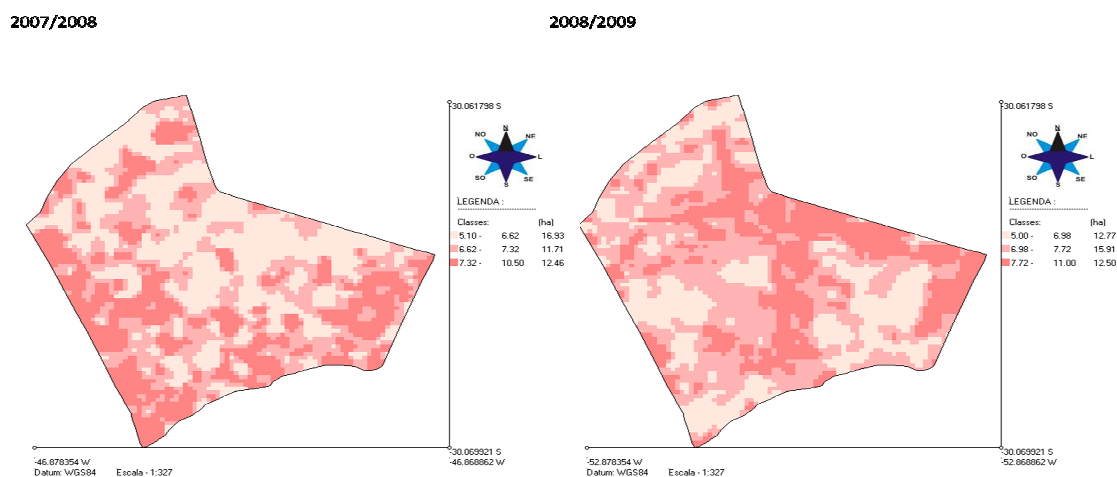


Figura 15- Mapas de produtividade arroz irrigado no talhão coxilhão nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009.

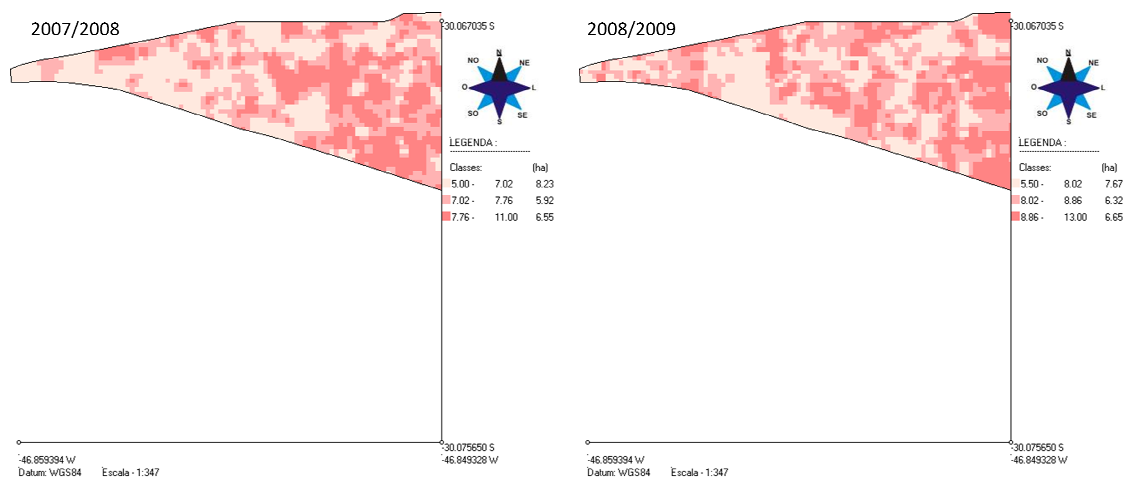


Figura 16 – Mapas de produtividade de arroz irrigado do talhão terraplanagem nos anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009.



No talhão coxilhão, durante a safra 2007/08, a produtividade mínima, média e máxima verificadas foram de 5690 kg ha<sup>-1</sup>, 6840 kg ha<sup>-1</sup> e 8920 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Na safra 2008/09 a produtividade mínima foi de 5100 kg ha<sup>-1</sup>, a média 7370 kg ha<sup>-1</sup> e a máxima de 10330 kg ha<sup>-1</sup>. Como podemos observar na Tabela 1, ocorreu um acréscimo de 7,19% na produtividade média do talhão.

Tabela 1 – Parâmetros comparativos da estimativa de produtividade de arroz irrigado entre as safras 2007/08 e 2008/09 no talhão Coxilhão.

Parâmetros	2007/2008	2008/2009	Variação (%)
Produtividade Mínima (kg ha <sup>-1</sup> )	5690	5100	-11,57
Produtividade Média (kg ha <sup>-1</sup> )	6840	7370	7,19
Produtividade Máxima (kg ha <sup>-1</sup> )	8920	10330	13,65
Coeficiente de Variação (%)	6,58	9,77	-
Desvio Padrão	0,45	0,72	-

As variações de produtividade no talhão coxilhão podem ser explicadas em partes pela alta infestação de arroz vermelho, além da descontinuidade da irrigação. Marchesan et al. (2004) estimou que as perdas diretas decorrentes da competição com arroz-vermelho possam atingir 20% da produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Ainda, de acordo com os mesmos autores, pode-se afirmar que uma panícula por metro quadrado provoca uma perda de 16 a 18 kg ha<sup>-1</sup>, tendo como uma infestação média nas áreas do Rio Grande do Sul uma infestação entre 10 e 200 panículas da planta daninha por metro quadrado.

Na Tabela 2, a qual representa as produtividades do talhão terraplanagem, ocorreu um aumento de 14,85% na produtividade mínima passando de 5620 kg ha<sup>-1</sup> para 6600 kg ha<sup>-1</sup>. A produtividade média teve um acréscimo de 17,26% passando de 7000 kg ha<sup>-1</sup> para 8460 kg ha<sup>-1</sup> e a produtividade máxima aumentou 14,22% passando de 8990 kg ha<sup>-1</sup>, para 10480 kg ha<sup>-1</sup>. Quanto ao coeficiente de variação teve uma queda de 7,86% para 6,97% resultando em uma variação de 12,77%.

Tabela 2 – Parâmetros comparativos da estimativa de produtividade de arroz irrigado entre as safras 2007/08 e 2008/09 no talhão Terraplanagem.

Parâmetros	2007/2008	2008/2009	Variação (%)
Produtividade Mínima (kg ha <sup>-1</sup> )	5620	6600	14.85
Produtividade Média (kg ha <sup>-1</sup> )	7000	8460	17.26
Produtividade Máxima (kg ha <sup>-1</sup> )	8990	10480	14.22
Coeficiente de Variação	7.86	6.97	-
Desvio Padrão	0.55	0.59	-

A produtividade do talhão experimental não sistematizado (coxilhão) e sua testemunha (triângulo) mostraram comportamentos distintos, onde o talhão testemunha diminui a produtividade, passando de 6970 kg ha<sup>-1</sup> para 6000 kg ha<sup>-1</sup> e o talhão experimental passou de 6840. kg ha<sup>-1</sup> para 7370 kg ha<sup>-1</sup>. A diferença entre a produtividade dos talhões da testemunha passou de 130 kg ha<sup>-1</sup> em favor da testemunha, passando para 1370 kg ha<sup>-1</sup> a favor da área manejada com AP (Figura 17).

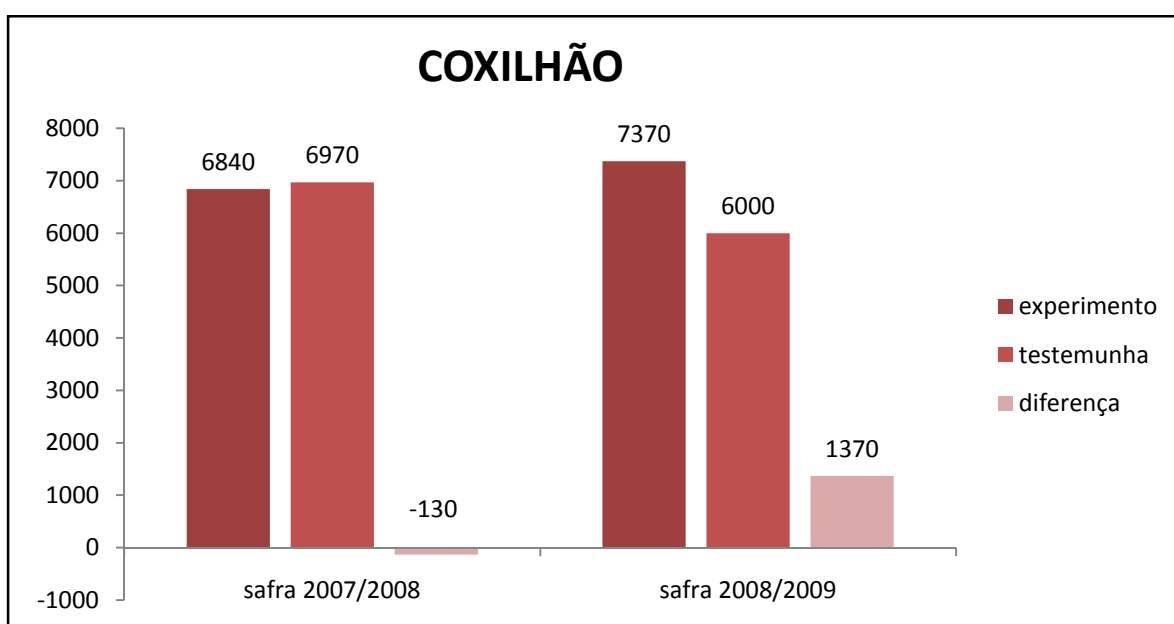


Figura 17- Diferença de produtividade de arroz irrigado entre área experimental e testemunha na área não sistematizada em kg há<sup>-1</sup>..

Para os talhões sistematizados ocorreu um gradativo aumento de produtividade no talhão com AP (TRP) e no talhão sem AP (TRP1), sendo que o aumento no talhão TRP foi de  $1460 \text{ kg ha}^{-1}$ , conforme Figura 18, passando de  $7000 \text{ kg ha}^{-1}$  para  $8460 \text{ kg ha}^{-1}$ , podendo ser observado também a agrícola 2007/08 o talhão TRP1 obteve a maior produtividade superando em  $390 \text{ kg ha}^{-1}$  e na safra 2008/09 o talhão com AP teve uma produção de  $660 \text{ kg ha}^{-1}$  superior a testemunha.

Durigon 2007, analisando a evolução da produtividade de áreas sistematizadas encontrou um acréscimo de produção médio de  $917 \text{ kg ha}^{-1}$ , mostrando que o manejo com AP pode incrementar a produtividade de áreas com o uso de suas ferramentas.

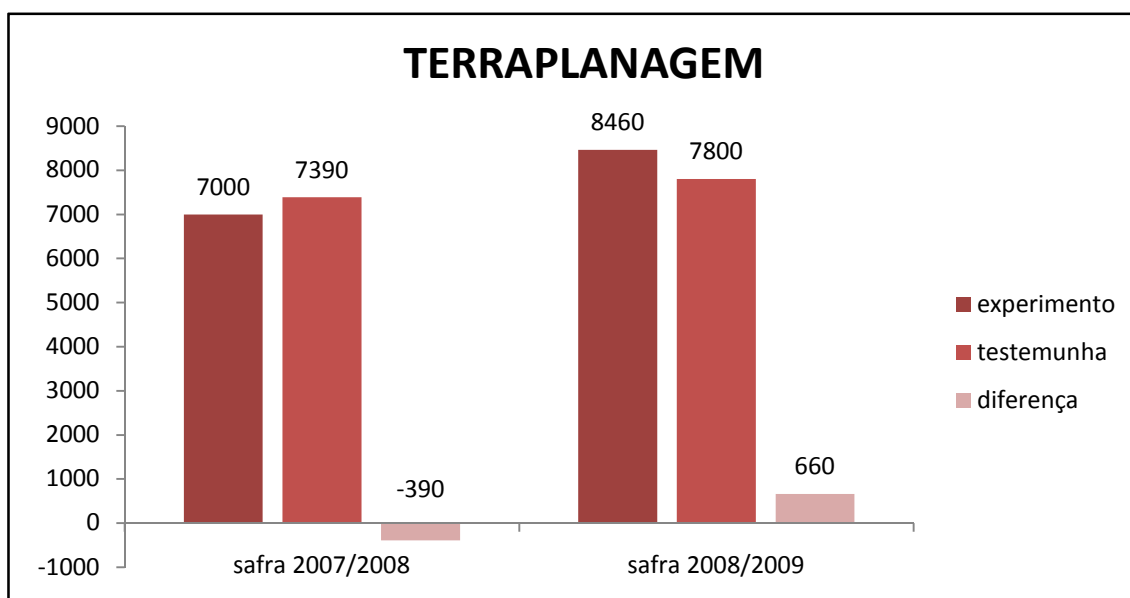


Figura 18- Diferença de produtividade entre área experimental e testemunha na área sistematizada.

## 4.2 Dependência espacial

No talhão coxilhão, conforme Tabela 3, o grau de dependência foi considerado forte para as variáveis argila, fósforo, alumínio, cálcio, capacidade de troca de cátions efetiva e saturação de bases, moderada para pH, potássio, matéria

orgânica, magnésio, enxofre e saturação de alumínio e não ocorreram dependências espaciais consideradas fracas.

Tabela 3 - Parâmetros geoestatísticos dos principais atributos químicos do solo avaliados no talhão com taipas (Coxilhão).

Variável	pepita	patamar	alcance	modelo	IDE	classes
Argila(%)	0.00461	0.03542	254.9	esférico	13.0	forte
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	0.01481	0.04022	563	esférico	36.8	moderada
P (g dm <sup>-3</sup> )	0.0072	0.0505	148	esférico	14.3	forte
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.01074	0.03148	239.8	esférico	34.1	moderada
MO (%)	0.0217	0.055	731	esférico	39.5	moderada
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.0153	0.0657	551	esférico	23.3	forte
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.0201	0.0711	288.5	esférico	28.3	moderada
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.008	0.0475	202.1	esférico	16.8	forte
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	0.0239	0.0643	791	gaussiano	37.2	moderada
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.0025	0.0499	232.3	esférico	5.0	forte
SAT - Al (%)	0.0178	0.0648	215.9	esférico	27.5	moderada
SAT - Bases (%)	0.0001	0.0391	123.7	esférico	0.3	forte

Para o talhão terraplanagem, conforme Tabela 4, para matéria orgânica ocorreu o fenômeno chamado de efeito pepita puro, onde a dependência espacial não possibilitou identificar a estrutura da variância. Assim, pode-se assumir que a distribuição é completamente ao acaso e há independência entre amostras. Vieira (2000) credita este fenômeno a ocorrência da dependência espacial ser inferior a distância amostrada, que para o talhão terraplanagem foi de aproximadamente 71 metros. Para os atributos enxofre e potássio foi moderada e forte para o restante dos atributos avaliados.

Tabela 4- Parâmetros geoestatísticos dos principais atributos químicos do solo avaliados em área sistematizada.

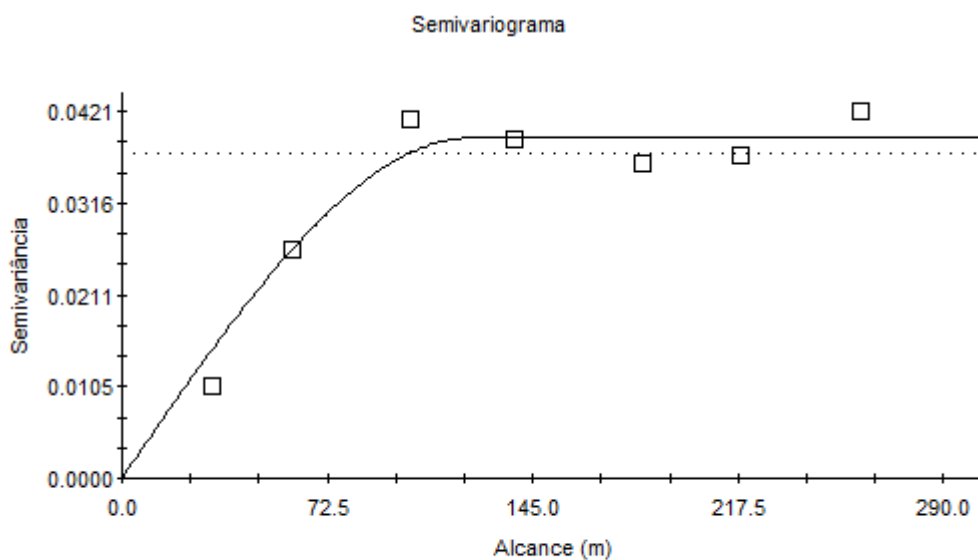
Variável	pepita	patamar	alcance	modelo	IDE	classes
Argila(%)	7.1	85.56	554	esférico	8	forte
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	0.002	0.045	304	esférico	4	forte
P (g dm <sup>-3</sup> )	10.210	31.000	202.3	esférico	33	moderada
K (g dm <sup>-3</sup> )	10	5806	589	linear	0.172	forte
MO (%)	0.0159			efeito pepita puro		
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.028	0.235	320	esférico	12	forte
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.001	1.034	1153	esférico	0.000097	forte
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.001	0.923	150	linear	0.108	forte
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	1.939	3.879	344	esférico	50	moderada
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.79	10.65	723	gaussiano	7	forte
SAT - Al (%)	6.1	43.02	239	esférico	14	forte
SAT - Bases (%)	33	266.9	1573	gaussiano	12	forte

Segundo Cambardella (1994), atributos que apresentam forte dependência espacial são mais influenciados por propriedades intrínsecas do solo, como textura e mineralogia, enquanto que os que apresentaram fraca dependência são mais influenciados por fatores externos, principalmente pelo manejo do solo. Portanto, se explica a independência das amostras de matéria orgânica, uma vez que com o revolvimento dos horizontes superficiais do solo, onde se encontra as maiores concentrações de matéria orgânica, ocorre um realocamento e, conseqüentemente, impossibilitando o uso de geoestatística.

Parfitt et al. (2009), estudando a variabilidade espacial em uma área sistematizada encontrou dependência espacial para a variável matéria orgânica a um alcance de 44,7 metros, mostrando que este atributo necessita uma malha de amostragem menor que 0,5 hectares para áreas sistematizadas. Para o talhão coxilhão, o alcance encontrado foi de 731 metros, revelando assim que o revolvimento do solo para sistematização da área influencia na distribuição espacial da matéria orgânica.

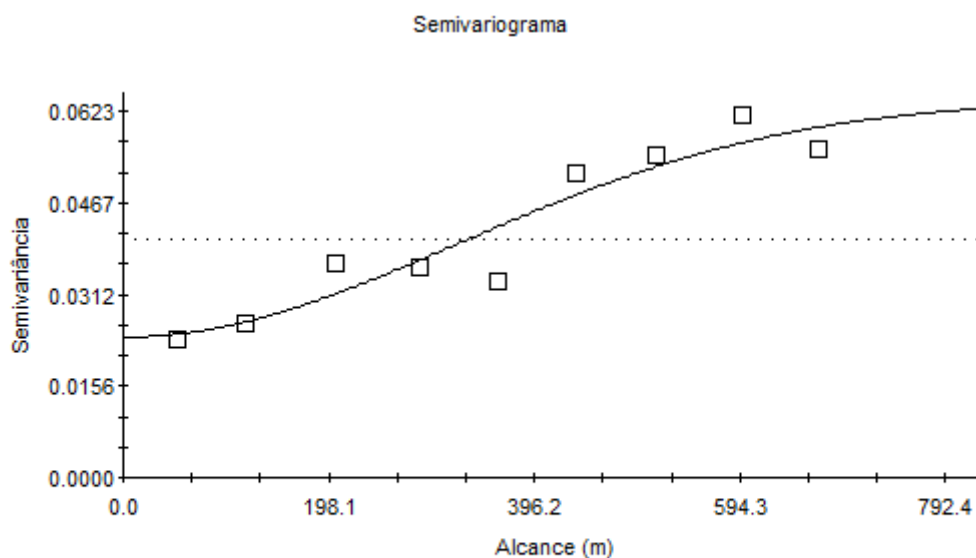
Com o uso dos semivariogramas pode-se identificar que o alcance encontrado no talhão coxilhão variou de 123,7 a 791 metros, para saturação de bases (Figura 19) e enxofre (Figura 20) respectivamente, mostrando que uma

amostragem de solo por hectare foi suficiente para representar a variabilidade do solo.



Spherical model ( $C_0 = 0.00010$ ;  $C_0 + C = 0.03910$ ;  $A_0 = 123.70$ ;  $r^2 = 0.945$ ;  
 RSS = 5.596E-05)

Figura 19 - Semivariograma para o parâmetro saturação de bases no talhão coxilhão.



Gaussian model ( $C_0 = 0.02390$ ;  $C_0 + C = 0.06430$ ;  $A_0 = 791.00$ ;  $r^2 = 0.892$ ;  
 RSS = 1.707E-04)

Figura 20 - Semivariograma para o elemento enxofre no talhão coxilhão.

No talhão terraplanagem, para os atributos que tiveram dependência espacial. O alcance mínimo e máximo respectivamente foram para os atributos cálcio (Figura 21) com 150 metros e saturação de bases (Figura 22) com 1573 metros, mostrando que a amostragem de solo foi eficiente com exceção da matéria orgânica (Figura 23) com uma amostra a cada 0,5 hectares, onde não ocorreu dependência espacial.

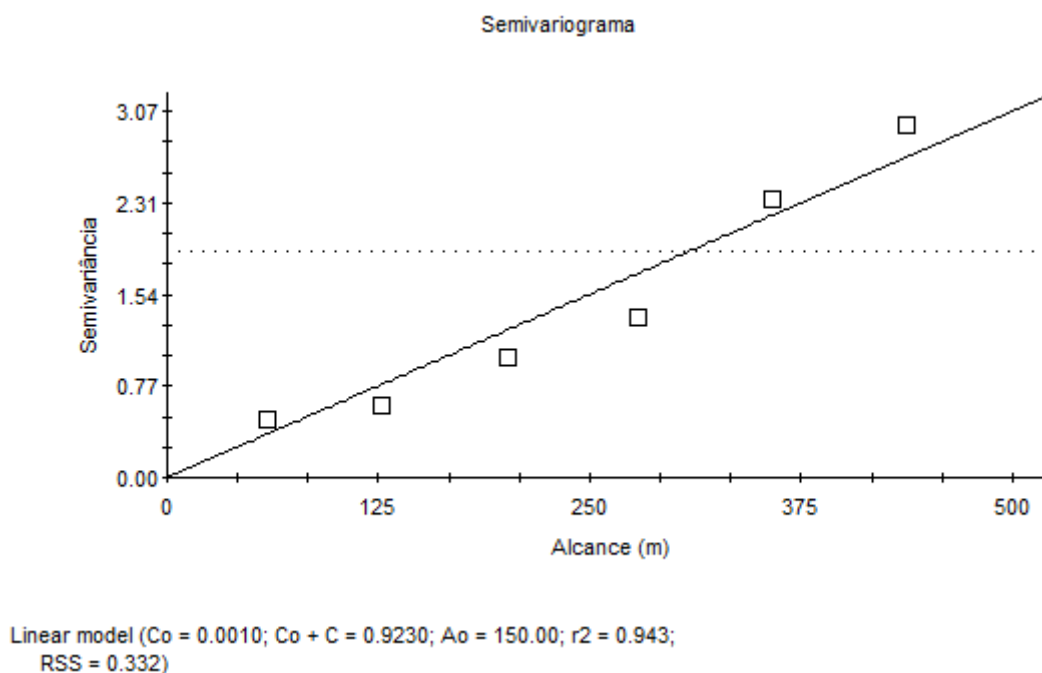


Figura 21 - Semivariograma para o elemento cálcio no talhão terraplanagem.

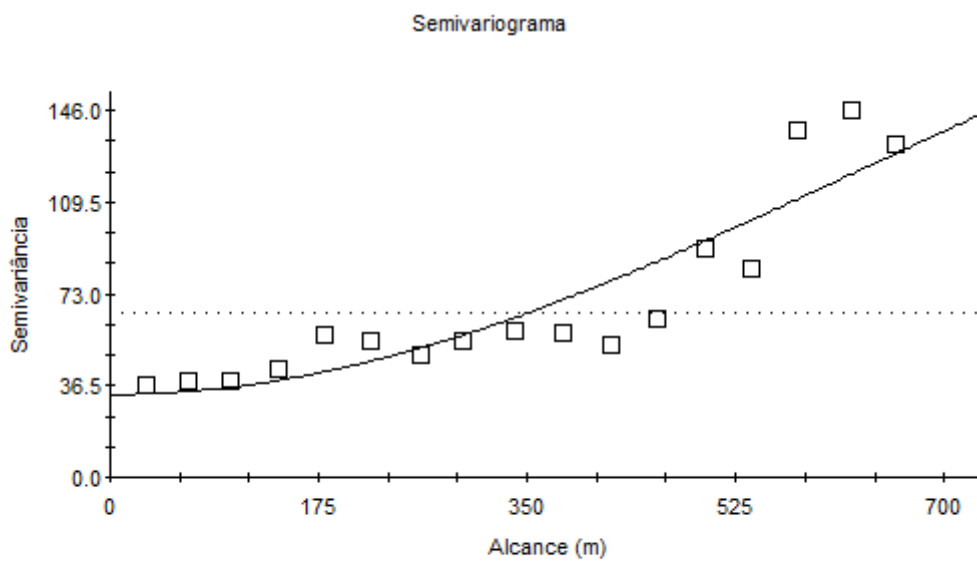


Figura 22 - Semivariograma para o parâmetro saturação de bases no talhão terraplanagem.

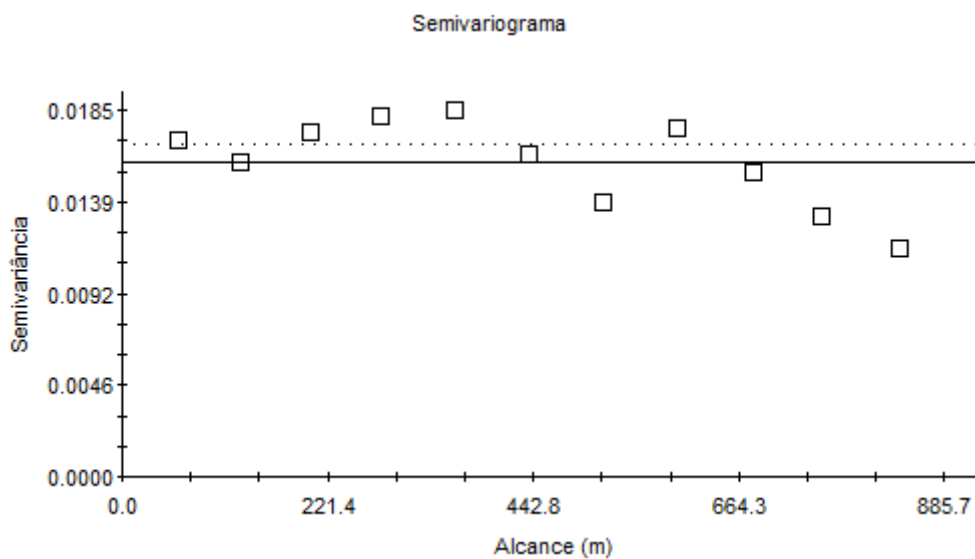


Figura 23 - Semivariograma para o parâmetro matéria orgânica no talhão terraplanagem.



### **4.3 Correlações entre atributos químicos do solo e produtividade de arroz irrigado**

As correlações entre os atributos do solo estudados e a produtividade nos talhões coxilhão e TRP foram variáveis, como podemos observar nas tabelas 5 e 6.

No talhão coxilhão, na safra 2007/08, podemos observar as correlações positivas com matéria orgânica (65.45%), argila (64,04%), ctc efetiva (54,04%), Mg (51.94%), Ca (50,84%) e K (45,71 %) e correlação negativa com pH (-25,69%) (Tabela 5). Na safra de 2008/09 não ocorreram correlações positivas significantes com a produtividade, onde a tendência foram correlações negativas estáveis com a produtividade. As correlações negativas na safra 2008/09 podem ser explicadas por alta infestação de arroz vermelho (SOSBAI 2010)

Durigon (2007), analisando as correlações com a produtividade, encontrou resultados semelhantes ao da safra 2007/08 no talhão Coxilhão, onde as correlações com maior porcentagem foram cálcio e magnésio.

Tabela 5- Correlações entre atributos químicos do solo e a produtividade de arroz irrigado analisados nas safras 2007/08 e 2008/09 no talhão coxilhão

Variável	2007/2008	2008/2009
MO (%)	65,45	-23,81
Argila(%)	64,06	-23,62
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	54,04	-27,29
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	51,94	-22,39
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	50,84	-26,14
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	48,97	-13,64
K (g dm <sup>-3</sup> )	45,71	-23,37
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	36,85	-26,84
P (g dm <sup>-3</sup> )	11,63	0,0697
SAT - Al (%)	9,57	-25,08
SAT - Bases (%)	-12,98	-1,18
pH H2O (1:1)	-25,69	-0,52

Na área com sistematização do solo (Tabela 6), as correlações tiveram uma tendência em manter-se, no qual o atributo fósforo obteve uma correlação positiva em ambas as safras, 43,56% e 25,02% respectivamente, além da saturação de bases que alcançou 39,17 % na safra 2007/08 e 18,22% na safra 2008/09. As principais correlações negativas que se mantiveram foram argila, pH, potássio, Magnésio, Cálcio, ctc efetiva.

Tabela 6- Correlações entre atributos químicos do solo e a produtividade de arroz irrigado analisados nas safras 2007/08 e 2008/09 no talhão terraplanagem.

	2007/2008	2008/2009
P (g dm <sup>-3</sup> )	43,56	25,02
SAT - Bases (%)	39,17	18,22
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	14,04	5,15
SAT - Al (%)	8,02	-11,58
MO (%)	5,23	0,29
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,06	-15,45
K (g dm <sup>-3</sup> )	-30,06	-13,14
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	-35,1	-0,91
Argila(%)	-38,61	-39,27
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	-46,55	-30,61
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	-49,75	-27,35
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	-50,08	-30,12

#### 4.4 Análise multivariada

Nas tabelas 7, 8, 9, 10, são apresentados os componentes principais dos atributos amostrados nas áreas Coxilhão e TRP nas safras 2007/08 e 2008/09. Entre esses resultados, é apresentada a porcentagem da variância total do conjunto dos dados, que pode ser explicada por cada componente principal resultante da análise, além de seu respectivo autovalor.

Conforme Tabela 7, que representa os componentes principais do talhão coxilhão no ano agrícola 2007/08, o autovalor da CP1 foi de 6,6 e explicou 50,81 % da variabilidade do talhão. Juntamente com a CP2 cujo seu autovalor é 1,68 foram responsáveis pela explicação de 63,74 % da variabilidade do talhão.

Tabela 7- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2007/08 no talhão coxilhão.

Componente principal	Autovalor	Percentual (%) explicada	Percentual (%) explicada acumulada
1	6.6	50.81	50.81
2	1.68	12.93	63.74
3	1.46	11.24	74.98
4	1.09	8.39	83.37
5	0.65	5.00	88.37
6	0.54	4.16	92.53
7	0.38	2.93	95.46
8	0.23	1.77	97.23
9	0.14	1.08	98.31
10	0.13	1.00	99.31
11	0.08	0.62	99.92
12	0.01	0.08	100.00
13	0	0.00	100.00

Para a safra 2008/09 no talhão coxilhão, as CP1 e CP2 juntas explicaram 61,31 % da variabilidade, tendo seus autovalores 6,28 e 1,69 respectivamente (Tabela 8). Durigon (2007) encontrou resultados semelhantes, onde suas duas primeiras componentes principais do ano de 2004/05 explicaram 65,15 % da variação existente no talhão.

Tabela 8- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2008/09 no talhão coxilhão.

Componente principal	Autovalor	Percentual (%) explicada	Percentual (%) explicada acumulada
1	6.28	48.31	48.31
2	1.69	13.00	61.31
3	1.38	10.62	71.92
4	1.09	8.38	80.31
5	1.02	7.85	88.15
6	0.54	4.15	92.31
7	0.38	2.92	95.23
8	0.23	1.77	97.00
9	0.16	1.23	98.23
10	0.14	1.08	99.31
11	0.08	0.62	99.92
12	0.01	0.08	100.00
13	0	0.00	100.00

De acordo com a tabela 9, no talhão terraplanagem na safra de 2008/09, suas duas primeiras componentes principais representaram 47,62 % e 22,92 % respectivamente, totalizando 70,54 % da variabilidade explicada, seus autovalores foram para CP1 6,19 e para CP2 2,98.

Os autovalores na safra 2008/09 para componente principal 1 foi de 6,07 e para componente principal 2 2,88. Essas componentes explicaram 68,80 % da variabilidade do talhão, com um percentual de 46,66 e 22,14 para CP1 e CP2 respectivamente.

Lemainski (2007), estudando componentes principais em áreas de coxilha com irrigação de pivô central, encontrou percentuais explicados com as suas duas primeiras componentes principais para as suas áreas de 50,03 e 60,55, o que reforça que as componentes principais explicaram satisfatoriamente a variação na área.

Tabela 9- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2007/08 no talhão terraplanagem.

Componente principal	Autovalor	Percentual (%) explicada	Percentual (%) explicada acumulada
1	6.19	47.62	47.62
2	2.98	22.92	70.54
3	1.26	9.69	80.23
4	0.7	5.38	85.62
5	0.6	4.62	90.23
6	0.48	3.69	93.92
7	0.32	2.46	96.38
8	0.27	2.08	98.46
9	0.12	0.92	99.38
10	0.05	0.38	99.77
11	0.03	0.23	100.00
12	0	0.00	100.00
13	0	0.00	100.00

Tabela 10- Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2008/09 no talhão terraplanagem.

Componente principal	Autovalor	Percentual (%) explicada	Percentual (%) explicada acumulada
1	6.07	46.66	46.66
2	2.88	22.14	68.80
3	1.19	9.15	77.95
4	1.01	7.76	85.71
5	0.57	4.38	90.10
6	0.49	3.77	93.87
7	0.33	2.54	96.41
8	0.26	2.00	98.41
9	0.13	1.00	99.41
10	0.05	0.38	99.79
11	0.03	0.23	100.00
12	0	0.00	100.00
13	0	0.00	100.00

Para a escolha das componentes principais apresentadas em seus respectivos autovetores e correlações, observou-se o número de componentes mínimas para alcançar 90% da variação explicada. Para isso, adotou-se seis componentes principais, devido ao percentual explicado na componente seis em todas as análises foram superiores a este valor (Tabelas 7, 8, 9 e 10). As interpretações realizadas foram realizadas para componentes que explicassem ao mínimo de 10 % da variabilidade encontrada no talhão.

De acordo com os autovetores da Tabela 11, a qual representa o talhão coxilhão na safra 2007/08, esses são uma medida da relativa importância de cada variável em relação a mesma. Pode-se identificar seus autovetores com maior relevância os de argila, cálcio, magnésio, etc efetiva e matéria orgânica.

Para a interpretação da correlação de cada componente principal, exige-se, um conhecimento agronômico, na qual tem-se que inferir sobre suas correlações (Lemainski 2007). De acordo com a Tabela 12, pode-se identificar fortes correlações

na componente principal 1 com os atributos ctc efetiva, magnésio, argila, cálcio e matéria orgânica que explicam essa componente.

A componente principal 2 obteve as maiores correlações com Alumínio e, por consequência, a saturação de alumínio também, tendo como correlações de 49,8 e 80 %. Este parâmetro podemos aferir que está ligado a acidez do solo, onde a variável saturação de alumínio é um fator de recomendação ou não de calagem (ROLAS 2004).

A correlação que alcançou maior porcentagem com a componente principal 3 foi a concentração de fósforo, com uma correlação de 62,65 %, indicando que essa componente tem uma relação próxima com a fertilidade do solo, uma vez que também possui correlação com a saturação de bases de 43,65 %.

Tabela 11- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2007/08 no talhão coxilhão.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	0.2593	0.0129	0.2958	-0.1255	0.1534	0.7986
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.2886	0.384	-0.2877	0.1146	-0.1503	0.0615
Argila(%)	0.3555	-0.0506	0.1009	0.1049	-0.0007	0.0151
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3416	-0.2371	0.0781	0.2087	-0.262	-0.1153
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.3695	-0.0877	0.0166	0.1918	-0.1508	-0.1444
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.282	0.0599	-0.0187	-0.4868	-0.3221	-0.1679
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3565	-0.2643	-0.0637	0.0026	-0.0882	-0.1249
MO (%)	0.3392	-0.0111	0.2541	-0.1702	-0.0062	-0.0642
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.0591	0.2704	0.6265	-0.4024	-0.0432	-0.1657
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	-0.157	-0.4917	-0.2056	-0.2591	-0.4325	0.4111
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	0.2993	-0.0317	-0.0644	0.1334	0.566	0.0998
SAT - Al (%)	0.1043	0.6168	-0.3387	-0.0543	-0.2483	0.2171
SAT - Bases (%)	-0.1402	0.1265	0.4365	0.6033	-0.4242	0.1488



Tabela 12- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2007/08 no talhão coxilhão.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	0.666	0.017	0.357	-0.131	0.124	0.587
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.741	0.498	-0.348	0.12	-0.121	0.045
Argila(%)	0.913	-0.066	0.122	0.11	-0.001	0.011
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.877	-0.307	0.094	0.218	-0.211	-0.086
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.949	-0.114	0.02	0.2	-0.122	-0.106
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.724	0.078	-0.023	-0.508	-0.26	-0.123
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.916	-0.343	-0.077	0.003	-0.071	-0.092
MO (%)	0.872	-0.014	0.307	-0.178	-0.005	-0.047
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.152	0.35	0.757	-0.42	-0.035	-0.122
pH H2O (1:1)	-0.403	-0.637	-0.248	-0.271	-0.349	0.302
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	0.769	-0.041	-0.078	0.139	0.456	0.073
SAT - Al (%)	0.268	0.8	-0.409	-0.057	-0.2	0.16
SAT - Bases (%)	-0.36	0.164	0.527	0.63	-0.342	0.109

Para a safra 2008/09, no talhão coxilhão, de acordo com a tabela 13, foi possível observar que os autovetores que apresentaram maior significância para CP1 foram argila, cálcio, ctc efetiva, magnésio e matéria orgânica. Para a CP2 as variáveis com maior afinidade foram alumínio e saturação de alumínio, mantendo os parâmetros ocorridos no ano anterior.

A interpretação, para a safra 2008/09, para o talhão coxilhão, seguiu a tendência das correlações ocorridas do ano anterior, onde os atributos que tiveram as maiores correlações com a componente principal 1 foram ctc efetiva, magnésio, argila, cálcio e matéria orgânica (Tabela 14).

As correlações da componente principal 2 comportaram-se de maneira que mantiveram as correlações positivas com alumínio e saturação de alumínio tendo, como correlações, 50,5 % e 82,2 %. Para a CP3 também manteve-se as variáveis fósforo e saturação de bases com maiores correlações.

Tabela 13- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2008/09 no talhão coxilhão.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	-0.1262	-0.125	0.1309	-0.323	0.7046	-0.4470
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3025	0.3888	-0.2365	0.0957	0.098	-0.1907
Argila(%)	0.3607	-0.0598	0.135	0.0742	0.048	-0.0347
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.352	-0.2372	0.1232	0.205	-0.0471	-0.2191
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.3813	-0.0906	0.0742	0.1637	0.0301	-0.1428
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.2894	0.058	-0.0195	-0.4496	-0.2616	-0.3185
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3672	-0.2658	-0.0332	-0.0097	-0.0075	-0.0884
MO (%)	0.3419	-0.025	0.2766	-0.1853	-0.1075	0.0756
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.0726	0.2446	0.6257	-0.4161	-0.2477	0.0835
pH H2O (1:1)	-0.1577	-0.4611	-0.3122	-0.0878	-0.3932	-0.2507
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	0.3048	-0.0439	-0.025	0.0491	0.283	0.6058
SAT - Al (%)	0.1152	0.6322	-0.3257	-0.0121	-0.0552	-0.1888
SAT - Bases (%)	-0.1464	0.1283	0.4629	0.6262	-0.0764	-0.3267

Tabela 14- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2008/09 no talhão coxilhão.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	-0.316	-0.162	0.154	-0.337	0.782	-0.329
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.758	0.505	-0.278	0.1	0.099	-0.14
Argila(%)	0.904	-0.078	0.159	0.078	0.049	-0.026
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.882	-0.308	0.145	0.214	-0.048	-0.161
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.956	-0.118	0.087	0.171	0.03	-0.105
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.725	0.075	-0.023	-0.469	-0.264	-0.234
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.92	-0.346	-0.039	-0.01	-0.008	-0.065
MO (%)	0.857	-0.033	0.325	-0.193	-0.109	0.056
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.182	0.318	0.735	-0.434	-0.25	0.061
pH H2O (1:1)	-0.395	-0.599	-0.367	-0.092	-0.397	-0.184
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	0.764	-0.057	-0.029	0.051	0.286	0.445
SAT - Al (%)	0.289	0.822	-0.383	-0.013	-0.056	-0.139
SAT - Bases (%)	-0.367	0.167	0.544	0.654	-0.077	-0.24

No talhão terraplanagem, como podemos observar nas Tabelas 15 e 17, os autovetores na safra 2007/08 que tiveram maior afinidade com a CP1 foram argila (37,01 %), cálcio (37,31 %), ctc efetiva (39,36 %), potássio (33,16 %) e magnésio (37,87 %). Para a safra 2008/09 mantiveram-se as variáveis com maior correlação sendo que seus respectivos valores foram argila (37,8 %), cálcio (37,23 %), ctc efetiva (39,64 %), potássio (33,51 %) e magnésio (37,77 %).

Tabela 15- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2007/08 no talhão terraplanagem.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	-0.2052	0.2038	0.3124	-0.5752	0.5958	-0.2550
Argila(%)	0.3701	-0.0009	0.1527	0.1222	0.2032	-0.1104
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3731	-0.1748	0.0476	0.005	0.1701	-0.0894
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.3936	-0.0535	0.0437	0.0157	0.1675	-0.0298
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.3316	-0.0104	0.1991	-0.2408	-0.0389	0.1575
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3787	-0.165	0.0596	-0.0646	0.1374	0.0477
MO (%)	-0.1604	-0.2949	0.2879	0.6337	0.4968	0.1914
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.3205	-0.001	0.0671	-0.1575	0.1581	0.6792
pH H2O (1:1)	-0.0048	-0.5095	-0.3138	-0.1378	-0.0203	-0.0985
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	-0.0388	-0.1026	0.795	0.0138	-0.4845	-0.0675
SAT - Bases (%)	-0.3235	0.0252	0.0153	0.2323	0.0663	-0.6054
SAT - Al (%)	0.1124	0.5354	-0.0026	0.2093	-0.0551	0.0878
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.1618	0.5033	-0.0845	0.2202	0.1092	0.0181

Tabela 16- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2007/08 no talhão terraplanagem.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	-0.511	0.352	0.351	-0.481	0.462	-0.177
Argila(%)	0.921	-0.002	0.171	0.102	0.157	-0.077
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.928	-0.302	0.053	0.004	0.132	-0.062
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.979	-0.092	0.049	0.013	0.13	-0.021
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.825	0.018	0.224	-0.201	-0.03	0.109
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.942	-0.285	0.067	-0.054	0.106	0.033
MO (%)	-0.399	-0.509	0.323	0.53	0.385	0.133
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.797	-0.002	0.075	-0.132	0.122	0.471
pH H2O (1:1)	-0.012	-0.88	-0.363	-0.115	-0.016	-0.068
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	-0.097	-0.177	0.892	0.012	-0.375	-0.047
SAT - Bases (%)	-0.805	0.044	0.017	0.194	0.051	-0.419
SAT - Al (%)	0.28	0.924	-0.003	0.175	-0.043	0.061
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.403	0.869	-0.095	0.184	0.085	0.013

As correlações entre as variáveis avaliadas seguiram o comportamento dos autovetores, onde as correlações com maior percentual na componente principal 1, na safra 2007/08 (Tabela 16), e safra 2008/09 (Tabela 17), foram ctc efetiva com correlação de 97,9 % para a safra 07/08 e 97,7 % para a safra 08/09, magnésio (94,2 % e 93,1 %), cálcio (92,8 % e 91,7 %), argila (92,1 % e 93,1 %) e potássio (82,5 % e 82,6 %). Esse comportamento semelhante das correlações pode ser atribuído à semelhança de comportamento da variabilidade da produtividade entre os anos.

Durigon (2007), explicando os componentes principais, encontrou maiores correlações com cálcio e magnésio o que seguiu a tendência nas áreas sistematizadas como o experimento realizado pelo autor citado.

Tabela 17- Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2008/09 no talhão terraplanagem.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	-0.1409	0.0141	-0.0281	0.8728	0.4008	-0.1539
Argila(%)	0.378	-0.0324	0.1332	-0.1292	0.1273	-0.0587
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3723	-0.2063	0.0017	-0.0117	0.1104	-0.0538
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.3964	-0.0839	0.007	0.0015	0.1334	-0.0068
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.3351	-0.0208	0.1583	0.2461	-0.0454	0.1748
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.3777	-0.1974	0.0094	0.0483	0.0809	0.0776
MO (%)	-0.1672	-0.2934	0.3244	-0.3152	0.7608	0.0691
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.3214	0.0151	0.0696	0.0185	0.0378	0.7565
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	-0.0245	-0.5071	-0.3768	-0.0068	-0.1215	-0.0761
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	-0.0368	-0.1219	0.8343	0.1312	-0.357	-0.1196
SAT - Bases (%)	-0.3239	0.0476	0.0523	-0.1733	0.0872	-0.5791
SAT - Al (%)	0.1291	0.5418	0.0615	-0.0548	0.1003	0.0086
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.1783	0.5056	-0.0402	-0.0917	0.2107	-0.0274

Tabela 18- Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2008/09 no talhão terraplanagem.

Variável	Componente principal					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade	-0.347	0.024	-0.031	0.877	0.303	-0.108
Argila(%)	0.931	-0.055	0.145	-0.13	0.096	-0.041
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.917	-0.35	0.002	-0.012	0.083	-0.038
CTC – Efetiva (c molc dm <sup>-3</sup> )	0.977	-0.142	0.008	0.002	0.101	-0.005
K (g dm <sup>-3</sup> )	0.826	-0.035	0.173	0.247	-0.034	0.122
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.931	-0.335	0.01	0.049	0.061	0.054
MO (%)	-0.412	-0.498	0.354	-0.317	0.574	0.048
P (g dm <sup>-3</sup> )	-0.792	0.026	0.076	0.019	0.029	0.53
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	-0.06	-0.861	-0.411	-0.007	-0.092	-0.053
S ( mg dm <sup>-3</sup> )	-0.091	-0.207	0.91	0.132	-0.27	-0.084
SAT - Bases (%)	-0.798	0.081	0.057	-0.174	0.066	-0.405
SAT - Al (%)	0.318	0.92	0.067	-0.055	0.076	0.006
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0.439	0.858	-0.044	-0.092	0.159	-0.019

A apresentação de gráficos de autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 apresenta ferramentas para a interpretação da sua importância dentro das componentes. Este método de exposição dos resultados mostra a importância de cada variável em sua componente e na combinação de ambas. De acordo com o posicionamento no gráfico podemos identificar qual seu peso dentro de cada componente principal.

Para a safra 2007/08 no talhão coxilhão (Figura 24), os atributos que apresentaram maiores pesos foram ctc efetiva, argila, cálcio, magnésio e matéria orgânica. Para a componente principal 2 os elementos que apresentaram maiores pesos foram saturação de alumínio e alumínio. O comportamento dos autovetores normalizados repetiu-se para a safra 2008/09 no talhão (Figura 25).

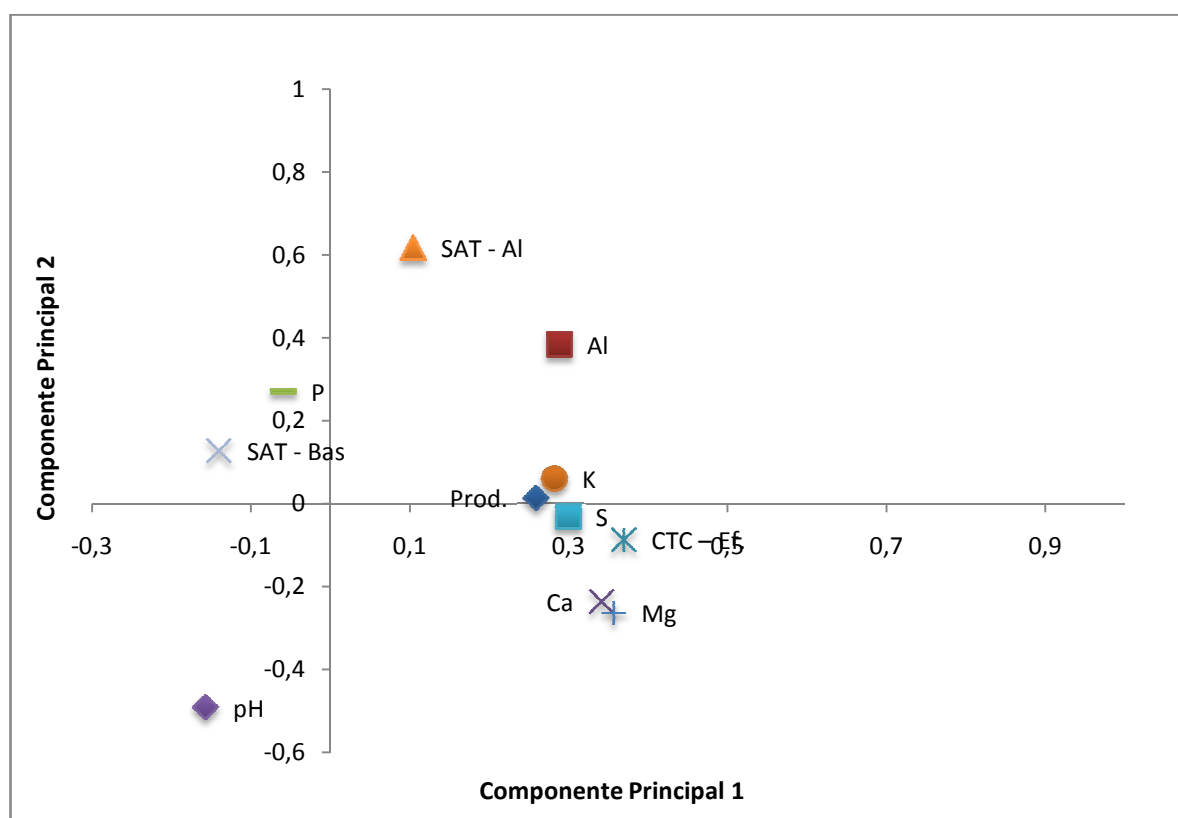


Figura 24 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2007/08 no talhão coxilhão.

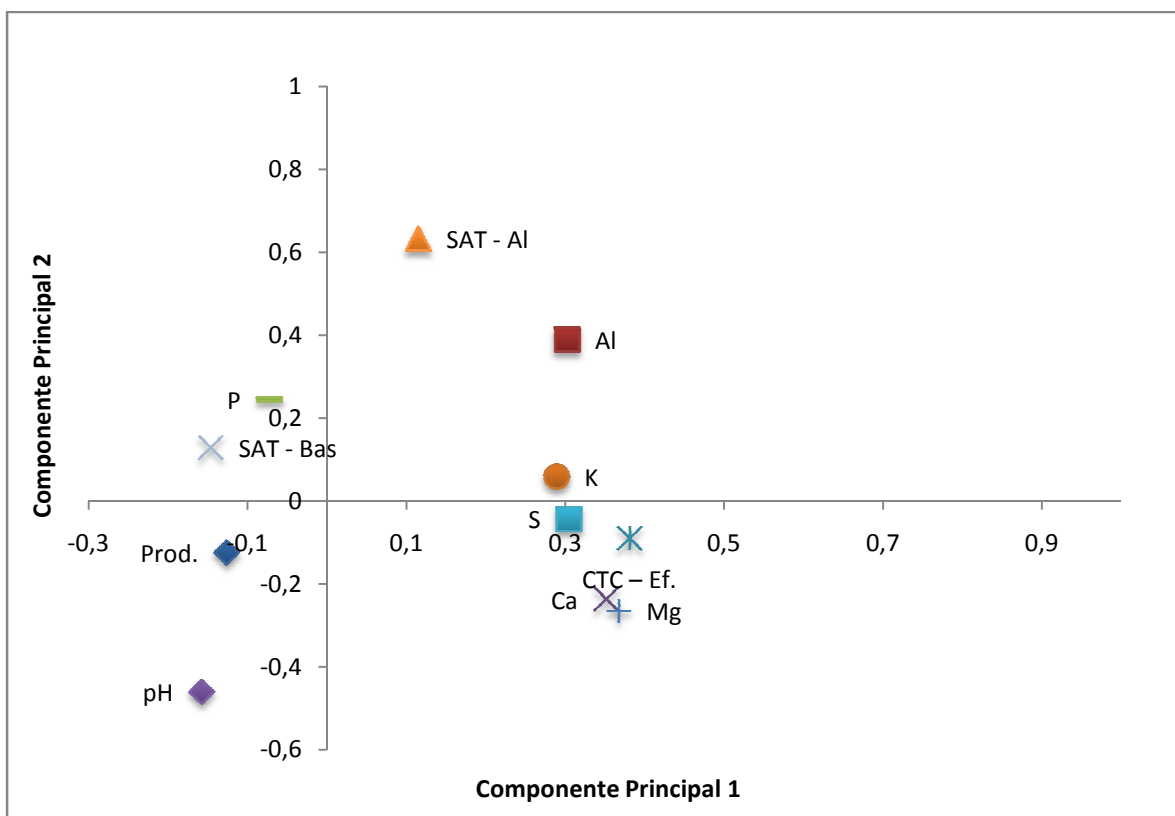


Figura 25 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2008/09 no talhão coxilhão.

Nas safras 2007/08 (Figura 26) e 2008/09 (Figura 27) no talhão terraplanagem, onde os gráficos com autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 também destacaram os atributos Ca e Mg, além da CTC Efetiva, argila e potássio com os maiores pesos na componente principal 1. Para a componente principal 2, os atributos alumínio e saturação por alumínio resultaram maiores pesos para explicação da segunda componente.

Durigon (2007) encontrou comportamento semelhante, onde os atributos da componente principal 1 que tiveram maior peso foram cálcio e magnésio em ambas safras. Para a componente principal 2 a variável alumínio também apresentou comportamento semelhante na safra 2004/05.

Os resultados da análise multivariada pelo método de componentes principais revelou que as áreas sistematizadas e não sistematizadas obtiveram um comportamento semelhante quanto as condições dos atributos do solo.

A análise de componentes principais mostrou-se eficiente para a explicação da produtividade dos talhões avaliados.

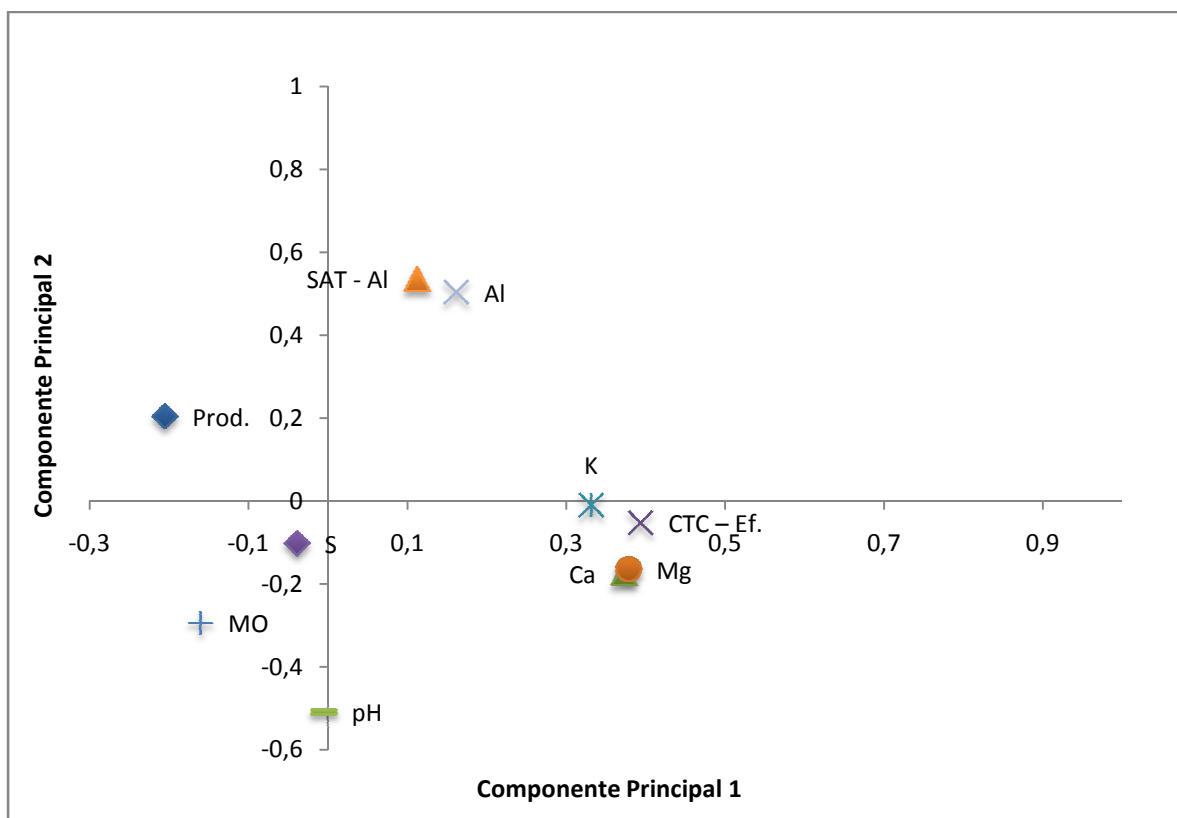


Figura 26 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2007/08 no talhão terraplanagem.



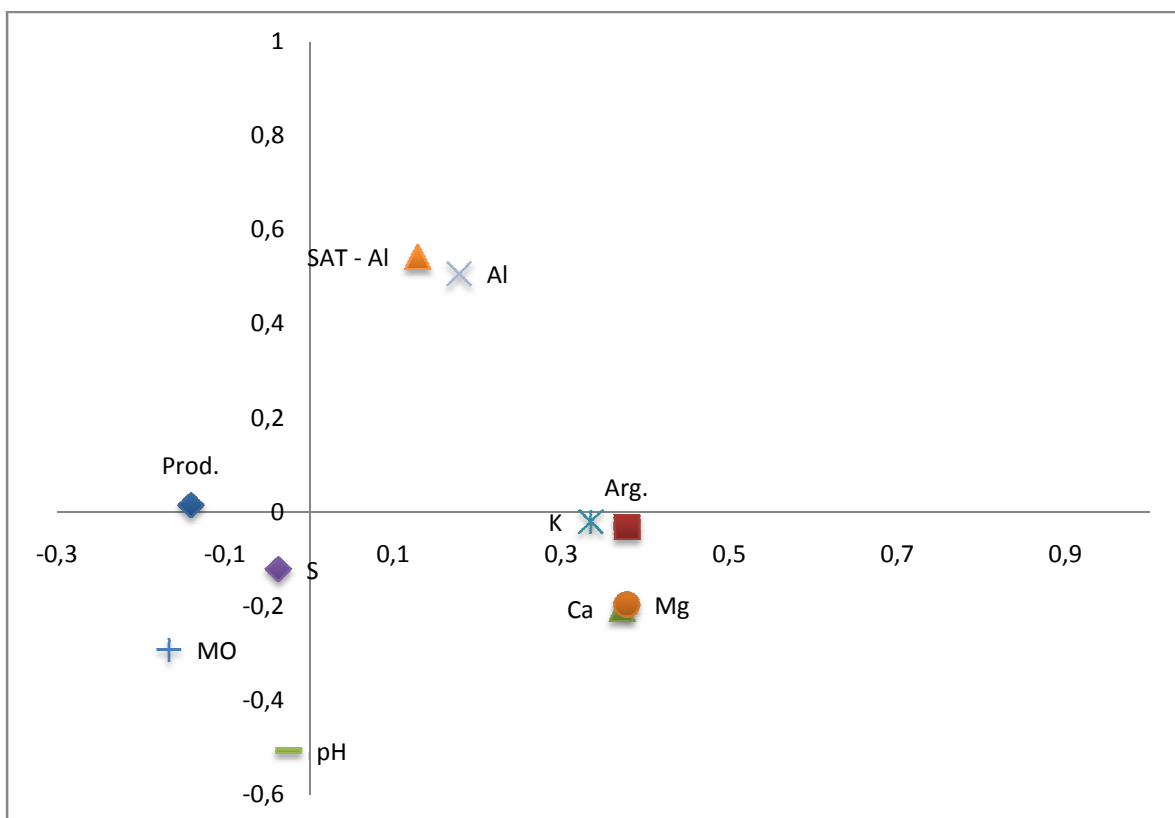


Figura 27 - Autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2008/09 no talhão terraplanagem.

## 5. CONCLUSÕES

A produtividade de arroz irrigado apresentou variabilidade espacial e temporal durante dois anos na área estudada.

Houve um incremento de produtividade nos talhões experimentais estudados, comparado aos talhões testemunhas, onde a área sistematizada apresentou maior produtividade.

Houve dependência espacial para os atributos de solo estudados no talhão coxilhão, mostrando assim ser suficiente a malha de amostragem de um hectare.

A dependência espacial dos atributos do solo encontrada no talhão terraplanagem mostrou ser suficiente a malha de amostragem de 0,5 hectares, exceto para matéria orgânica.

A análise multivariada pelo método de componentes principais mostrou-se uma eficiente técnica no diagnóstico de problemas limitantes a produtividade das culturas, onde cálcio e magnésio tiveram uma maior correlação com as componentes principais 1.

A existência da variabilidade química do solo nas áreas estudadas, mostra que correções utilizando taxas variáveis considerando a heterogeneidade da área são viáveis a fim de alavancar a produtividade.

Os resultados mostraram viabilidade para utilização das técnicas de agricultura de precisão na cultura do arroz irrigado em áreas sistematizadas e não sistematizadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOCK, B., PACHEPSKY, Y. **Holes in precision farming: mechanistic crop models.** In: Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, 1997, p.397-404.

AMADO, T.J.C.; PONTELLI, C.B.; SANTI, A.L.; VIANA, J.H.M. & SULZBACH, L.A.S. **Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto.** Pesq. Agropec. Bras., 42:1101-1110, 2007.

AURÉLIO, N. D. **Resposta de um monitor de produtividade com sensor ótico a variações de produtividade em arroz irrigado.** Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, Santa Maria, 2011.

AZAMBUJA, I. H. V. et al. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. D. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. D. (Org.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44.

BELLE, G. L. **Agricultura de precisão: manejo da fertilidade com aplicação a taxa variada de fertilizantes e sua relação com a produtividade de culturas.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 2009, 140 pg.

BLACKMORE, B. S.; GODWIN, R. J.; FOUNTAS, S. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. **Biosystems Engineering**, v.84, p. 455-466, 2003.

CAMBARDELLA, C. A.; *et al.* E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.58, n.5, p. 1501-1511, 1994.

CAPELLI, N. L. **Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo.** LIE/DMAQAG/FEAGRI/UNICAMP, 1999.

COELHO, A. M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas.** Sete Lagoas/MG : Embrapa Milho e Sorgo, 2005. Disponível em [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2005/documento/Doc\\_46.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2005/documento/Doc_46.pdf). Acesso em: Outubro 2011.

CONAB (Companhia Nacional do Abastecimento). **Série histórica do arroz brasileiro online**. 2012. Disponível em: Acesso em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2> . Junho de 2012.

CREMONINI, L. C. M. **Acurácia de mapas altimétricos obtidos com DGPS na colheita de cereais**. Piracicaba, SP. 2002. 61f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queirozll, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

DAMPNEY, P. M. R., MOORE, M. **Precision agriculture in England: Current practice and research-based advice to farmers**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 1998, St. Paul. Proceedings... Madison: American Society of Agronomy, 1999.

DAVIS, G., CASADY, W.: MASSEY, R Precision agriculture: An introduction. **Water quality**. University of Missouri-System, 1998.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa L.*)**. 2007. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, RJ. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. **Agricultura de Precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 2, ago. 2003. p. 235-241.

FELIPE, P. O. de M. **Avaliação do desempenho do programa CR Campeiro 7 para análise da propriedade química do solo e mapas de produtividade**. 2011. 128f. Dissertação (Mestrado em Geomática) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

FOCHT, D. et al. Benefícios agronômicos, ambientais e monetários do uso da agricultura de precisão em diferentes cenários brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004.

FRAISSE, C.W.; SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R. **Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity**. Transactions of the ASAE, v. 44, n. 1, p. 155-166, 2001.

IRGA (INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ). **Série histórica do arroz irrigado**. 2011. Disponível em [http://www.irga.rs.gov.br/uploads/1318871736PRODARRS\\_\\_\\_serie\\_historica.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/uploads/1318871736PRODARRS___serie_historica.pdf). Acesso em Abril de 2012.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied Geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989.

LEMAINSKI, C.L. **Agricultura de precisão em áreas irrigadas com pivô central no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 117p. (Tese de Mestrado)

LOWENBERG-DeBOER, J.; GRIFFIN, T.W.. **Potential for precision agriculture adoption in Brazil**. Site Specific Management Center Newsletter, Purdue University, 2006.

MANTOVANI, E.C. **Agricultura de precisão na Embrapa**. Brasília: [s.n.], 2006. 8p. Disponível em: [http://www.ripa.com.br/fileadmin/user\\_upload/\\_temp\\_/Projeto\\_Agricultura\\_de\\_Precisao- Junho\\_2006.doc](http://www.ripa.com.br/fileadmin/user_upload/_temp_/Projeto_Agricultura_de_Precisao- Junho_2006.doc). Acesso em: Julho 2009.

MANZATTO, C. V.; BHERING, S. B.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos**. EMBRAPA Solos, 1999.

MARCHESAN, E. et al. Controle do arroz-vermelho. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação, 2004. p. 547-577.

-McGRAW, T. Soil test level variability in Southern Minnesota. Better Crops Plant Foods, 78:24-25, 1994. -**Natural resources conservation service – NRCS**. United States Department of Agriculture (USDA). 2003. Disponível em: [http://soils.usda.gov/technical/classification/tax\\_keys](http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys) Acesso em: Maio de 2010.

MILANI, L.; SOUZA, E.G. de; URIBE-OPAZO, M.A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J.A.; PEREIRA, J.O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, p.591-598, 2006.

MIRANDA, E.E. Informática brasileira em análise. Quem precisa da agricultura de precisão?. **Informática Brasileira em Análise**. EMBRAPA Monitoramento por Satélite. 1999.

MOHAMED, S. B.; EVANS, E. J.; SHIEL, R. S. **Mapping techniques and intensity of soil sampling for precision farming**. Reino Unido : Department of Agriculture, University of Newcastle, 1996. 217 p.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. **Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados** Química Nova 1998, Ed. 21, pg. 467.

MOLIN, J.P. **Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão**. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. *Agricultura de precisão*. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.237-58.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: O autor, 2001. 83 p.

NUNES, M. L. et al. Características de solos sistematizados em duas áreas cultivadas com arroz sob inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 395-406, 2002.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus :avaliação de uma frota**. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.150 p.

OLIVER, M.A. **Exploring soil spatial variation geostatistically**. In. European conference on precision agriculture, 2., 1999, Dinamarca, Silsoe, Sheffield, 1999. p. 3-18.

PARFITT, J.M.B. et al. Spatial variability of the chemical, physical and biological properties in lowland cultivated with irrigated rice. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 819-830, 2009.

PARFITT, J. M. B. et al. **Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado**. In: GOMES, A. D. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. D. (Org.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 237-257.

RODRIGUES, J. B. T. **Variabilidade espacial e correlações entre atributos de solo e produtividade na agricultura de precisão**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho", Faculdade De Ciências Agrônômicas, Campus De Botucatu. SP, Botucatu, 2002.

ROLAS. . **Recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS)– Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e fertilidade do Solo –RS/SC, Porto Alegre. 10ª Ed., 394p.2004.

SANTI, A. L. **Relações entre Indicadores de Qualidade do Solo e a Produtividade das Culturas em Áreas com Agricultura de Precisão**. 2007. 175 f.. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, E. A. Et al. Perspectivas no manejo e controle localizado de doenças das culturas: Uma abordagem no manejo do nematóide de cisto da soja. In: BORÉM, A. et al. (Org.) **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. pg 409-453.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 5., Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 27**. Pelotas: SOSBAI, 2007.

SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: SOSBAI, 2010. 188 p.

USDA (United States Department of Agriculture). **Grain: World Markets and Trade**. 2012. Disponível em <http://www.fas.usda.gov/grain/Current/#Rice>. Acesso em Abril 2012.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties**. Advances in Agronomy., v. 38, p. 45-93, 1985.

VALLADRES G.S. et al. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 285-296, 2008.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola.** Tese de doutorado. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

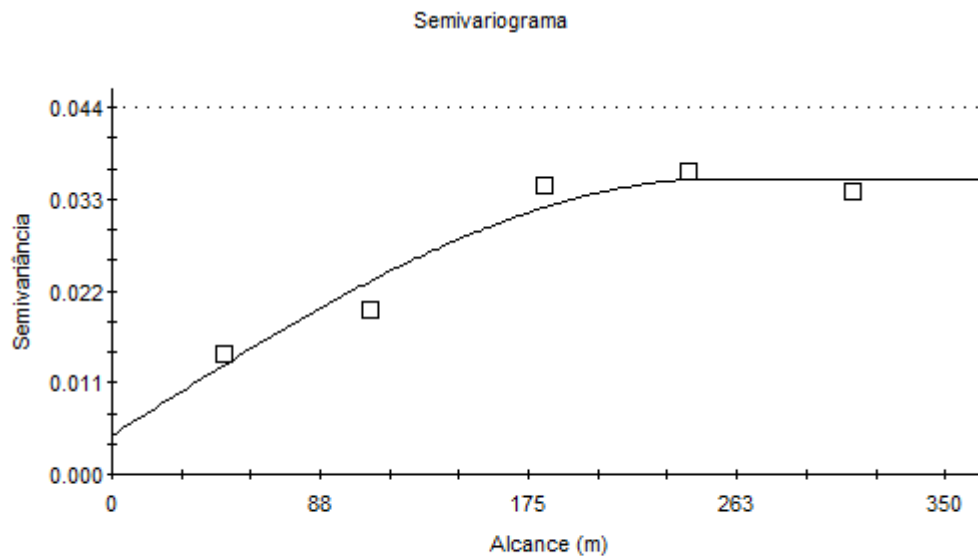
WERNER, V. **Análise econômica e experiência comparativa entre agricultura de precisão e tradicional.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, Santa Maria, 2007.



## 7. ANEXOS

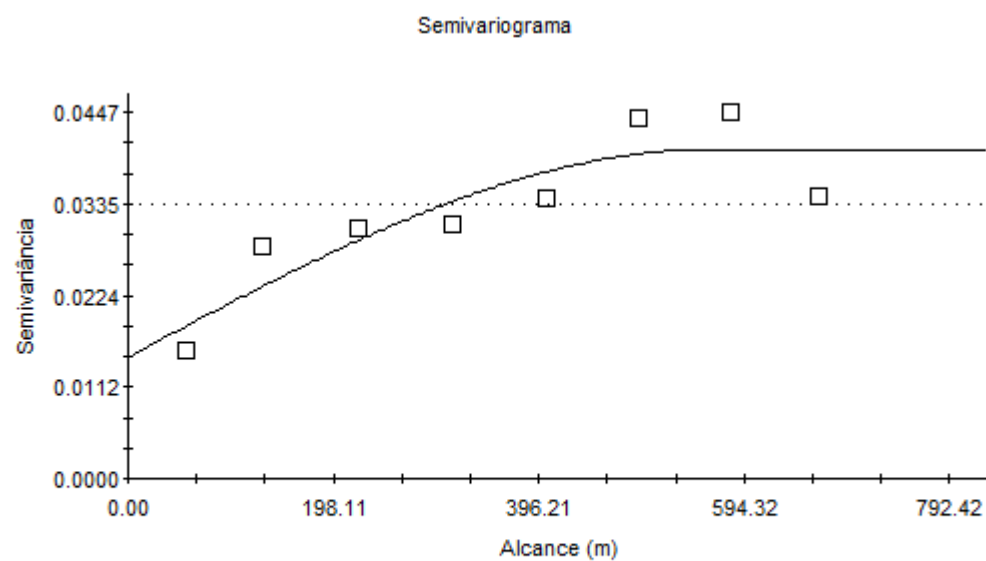
### Anexo A - Semivariogramas do talhão Coxilhão.

#### Argila



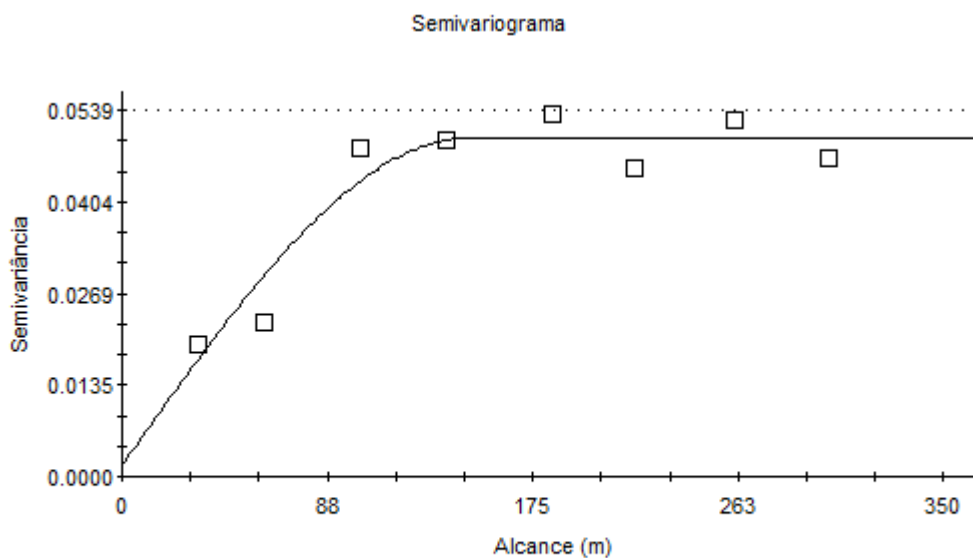
Spherical model ( $C_0 = 0.00461$ ;  $C_0 + C = 0.03542$ ;  $A_0 = 254.90$ ;  $r^2 = 0.941$ ;  
RSS =  $2.409E-05$ )

#### pH



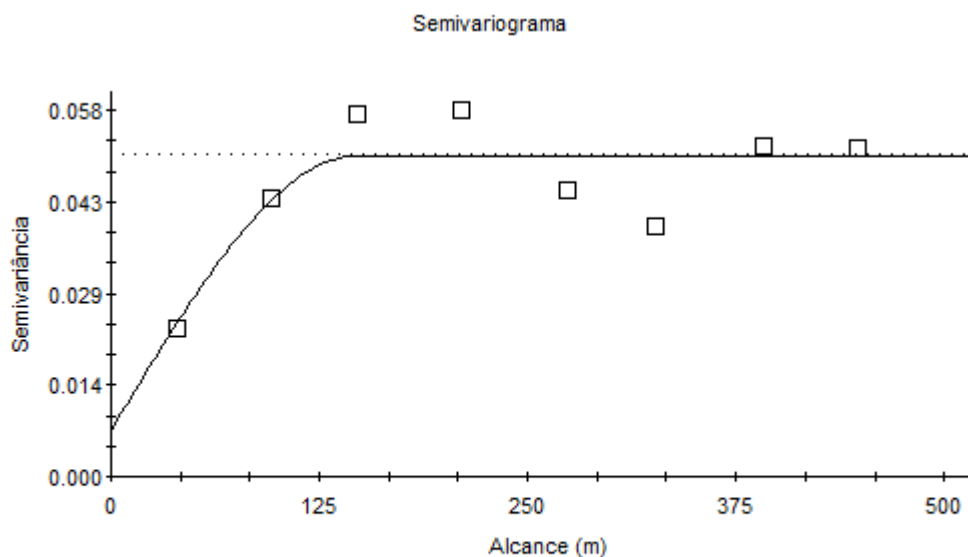
Spherical model ( $C_0 = 0.01481$ ;  $C_0 + C = 0.04022$ ;  $A_0 = 563.00$ ;  $r^2 = 0.791$ ;  
RSS =  $1.243E-04$ )

SMP



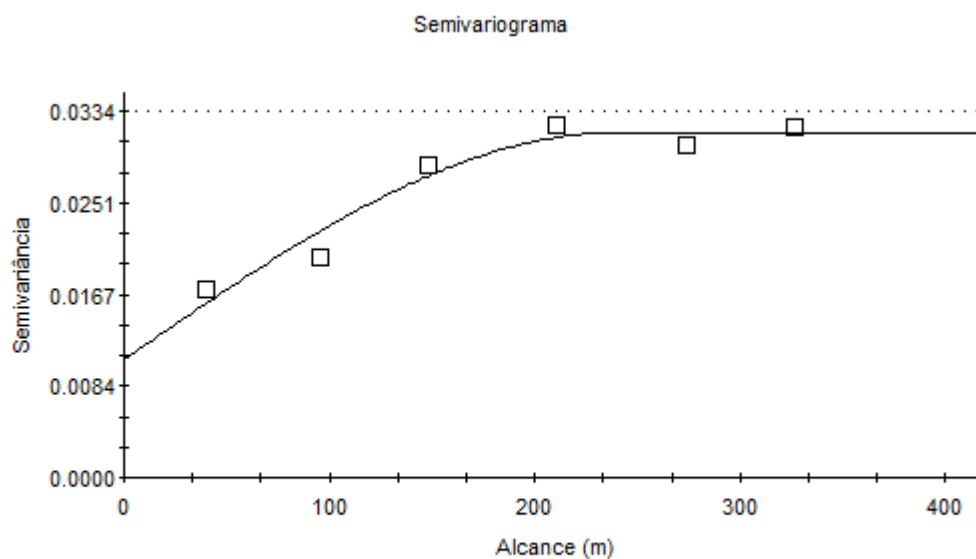
Spherical model ( $C_0 = 0.00170$ ;  $C_0 + C = 0.04980$ ;  $A_0 = 148.00$ ;  $r_2 = 0.901$ ;  
 RSS =  $1.247E-04$ )

P



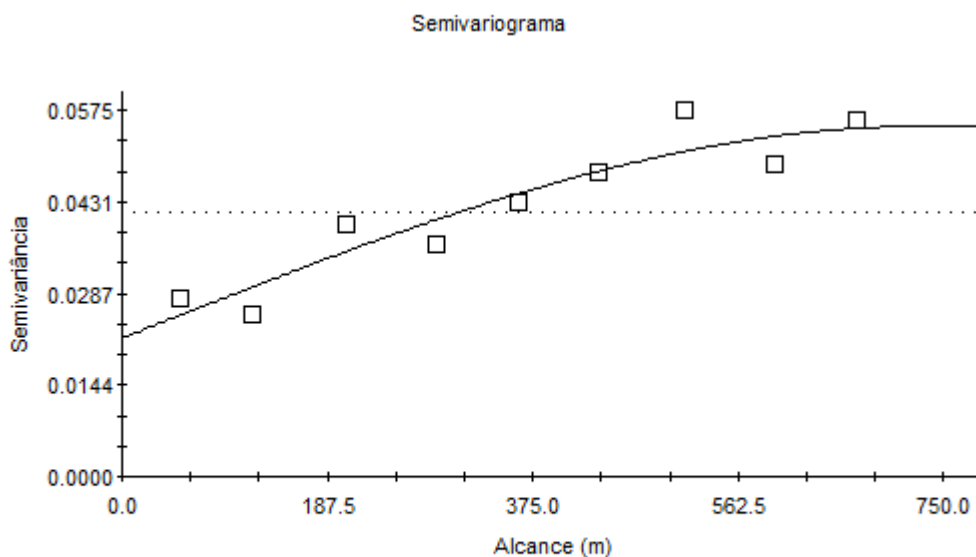
Spherical model ( $C_0 = 0.00720$ ;  $C_0 + C = 0.05050$ ;  $A_0 = 148.00$ ;  $r_2 = 0.715$ ;  
 RSS =  $2.540E-04$ )

K



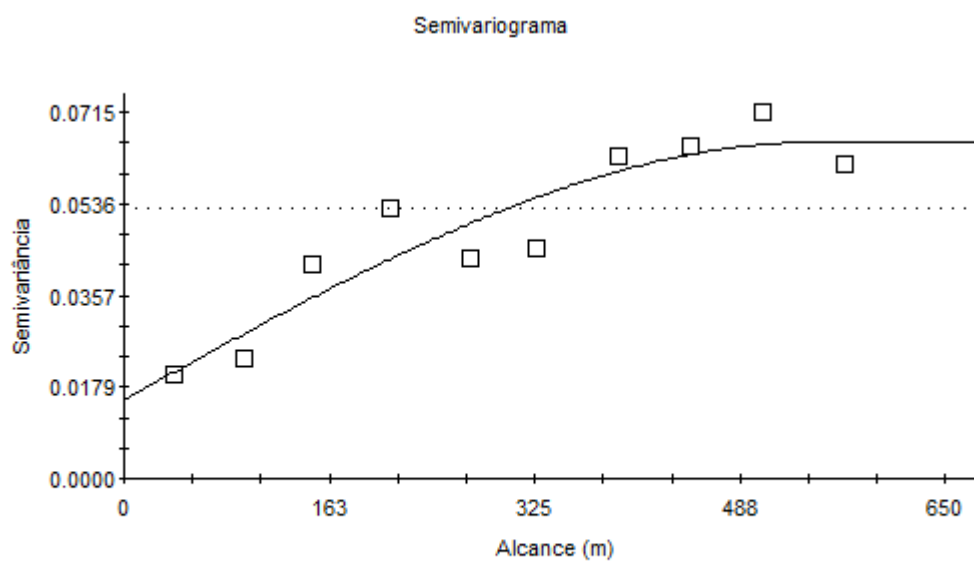
Spherical model ( $C_0 = 0.01074$ ;  $C_0 + C = 0.03148$ ;  $A_0 = 239.80$ ;  $r^2 = 0.945$ ;  
 RSS =  $1.156E-05$ )

M.O.



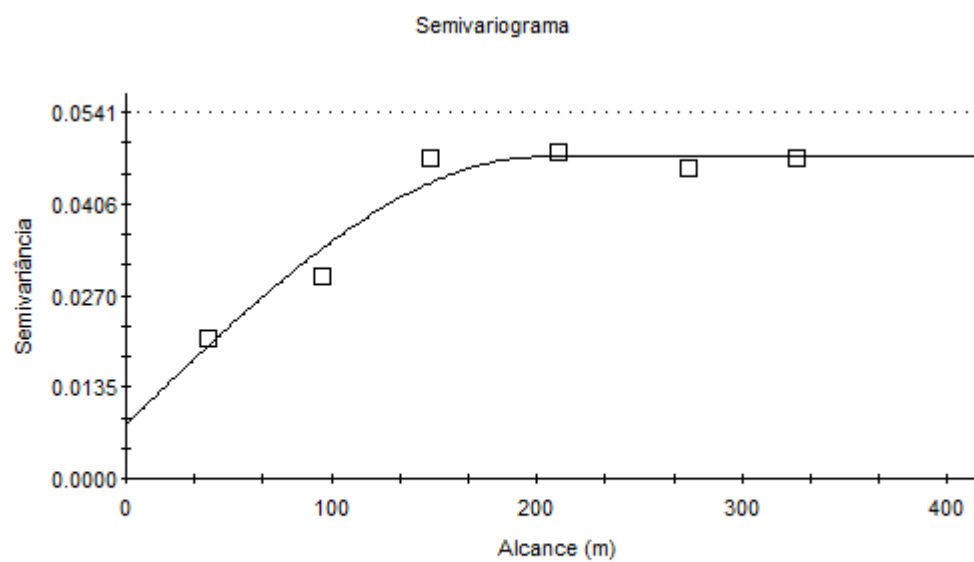
Spherical model ( $C_0 = 0.02170$ ;  $C_0 + C = 0.05500$ ;  $A_0 = 731.00$ ;  $r^2 = 0.881$ ;  
 RSS =  $1.221E-04$ )

Al



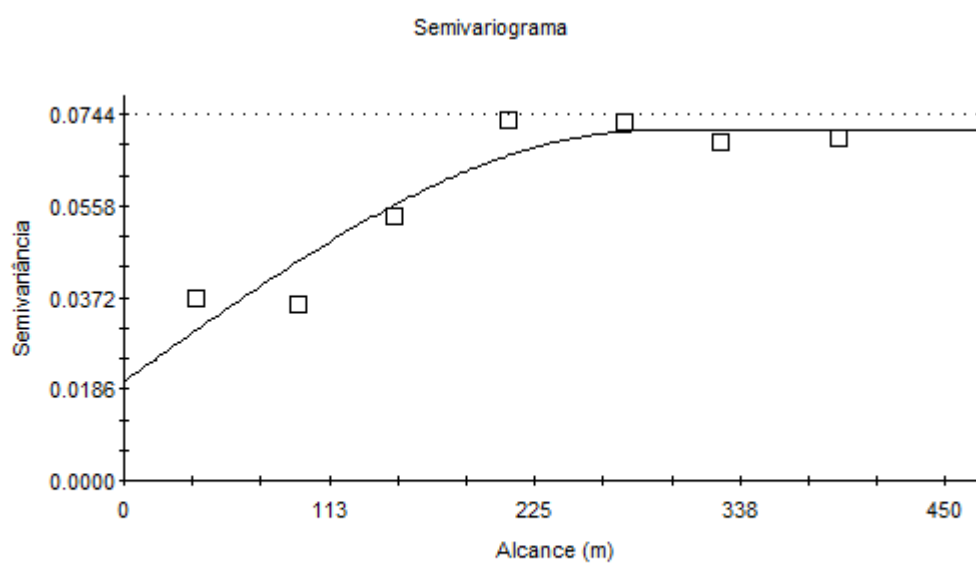
Spherical model ( $C_0 = 0.01530$ ;  $C_0 + C = 0.06570$ ;  $A_0 = 551.00$ ;  $r^2 = 0.859$ ;  
 RSS = 3.830E-04)

Ca



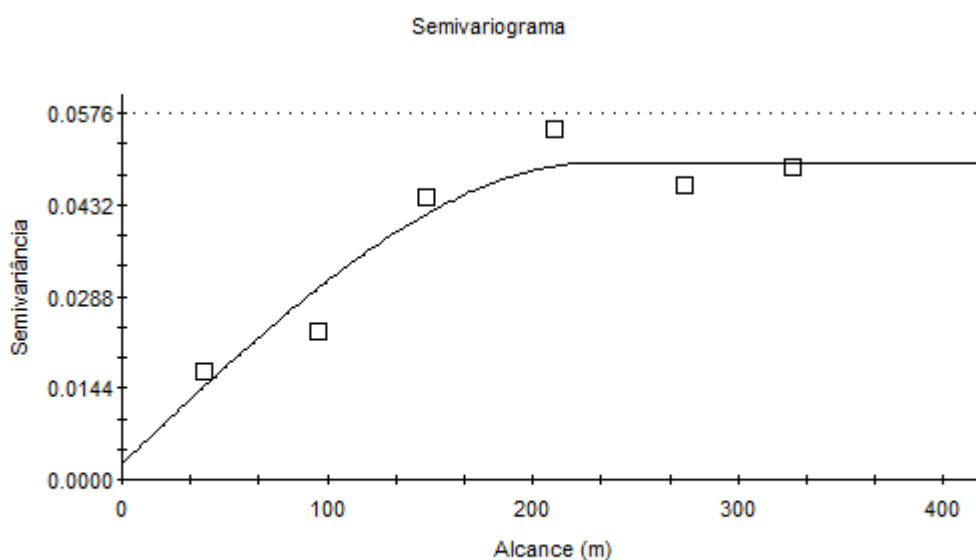
Spherical model ( $C_0 = 0.00800$ ;  $C_0 + C = 0.04750$ ;  $A_0 = 202.10$ ;  $r^2 = 0.947$ ;  
 RSS = 3.641E-05)

Mg



Spherical model ( $C_0 = 0.02010$ ;  $C_0 + C = 0.07110$ ;  $A_0 = 288.50$ ;  $r^2 = 0.891$ ;  
 RSS =  $1.799E-04$ )

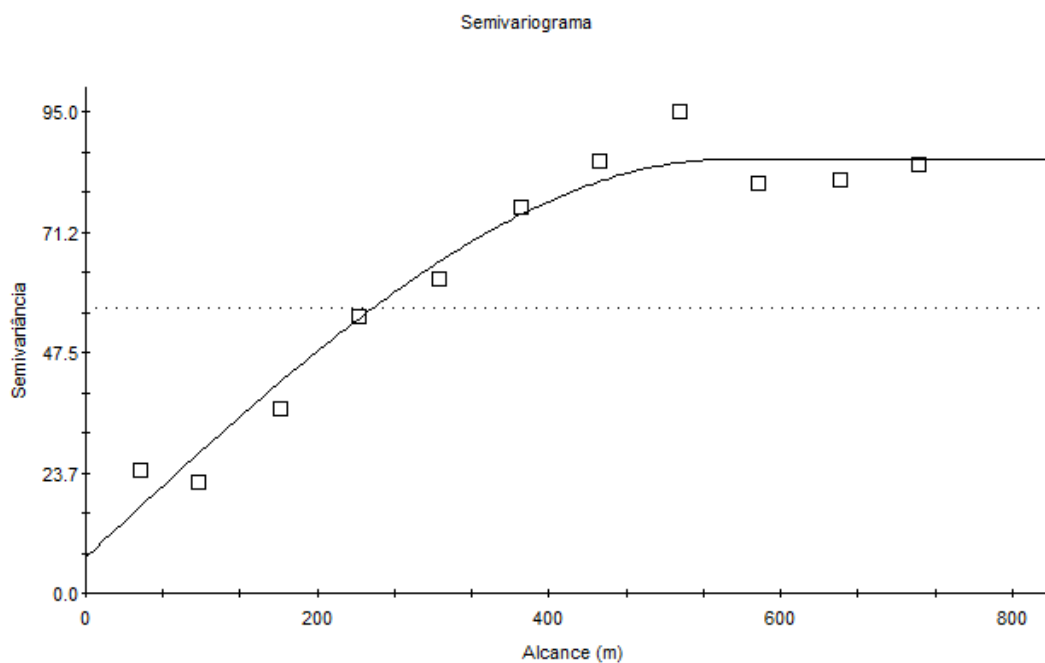
CTC efetiva



Spherical model ( $C_0 = 0.00250$ ;  $C_0 + C = 0.04990$ ;  $A_0 = 232.30$ ;  $r^2 = 0.910$ ;  
 RSS =  $1.062E-04$ )

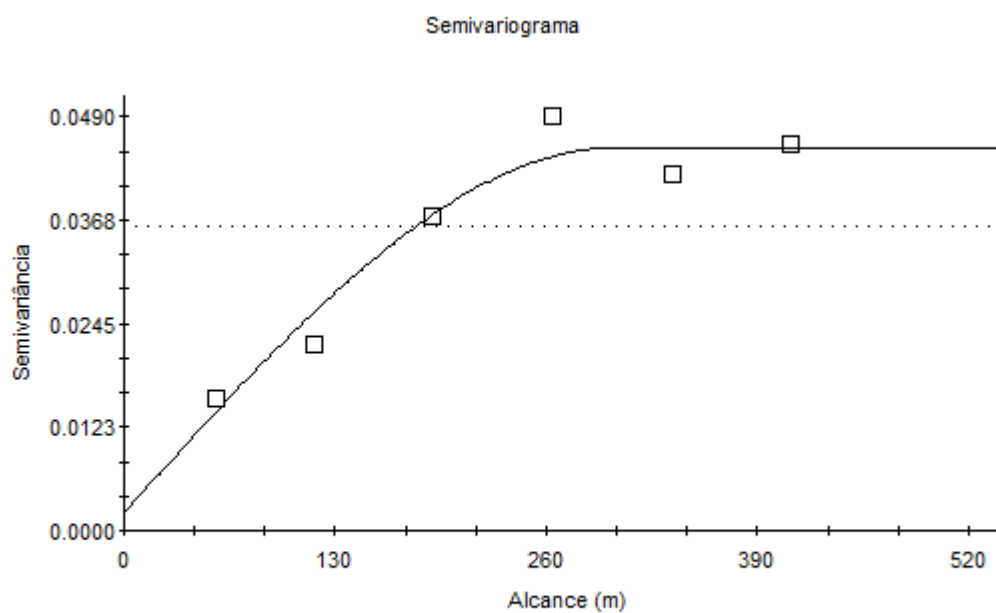
## Anexo B - Semivariogramas do talhão terraplanagem.

## Teor de argila



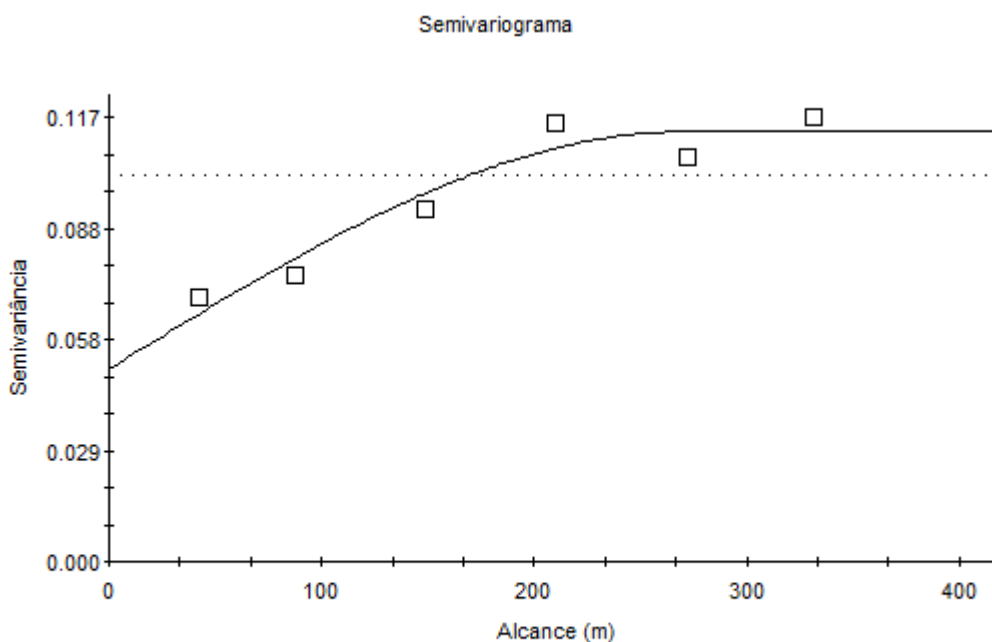
Spherical model ( $C_0 = 7.100$ ;  $C_0 + C = 85.560$ ;  $A_0 = 554.00$ ;  $r^2 = 0.959$ ;  
RSS = 281.)

## Ph



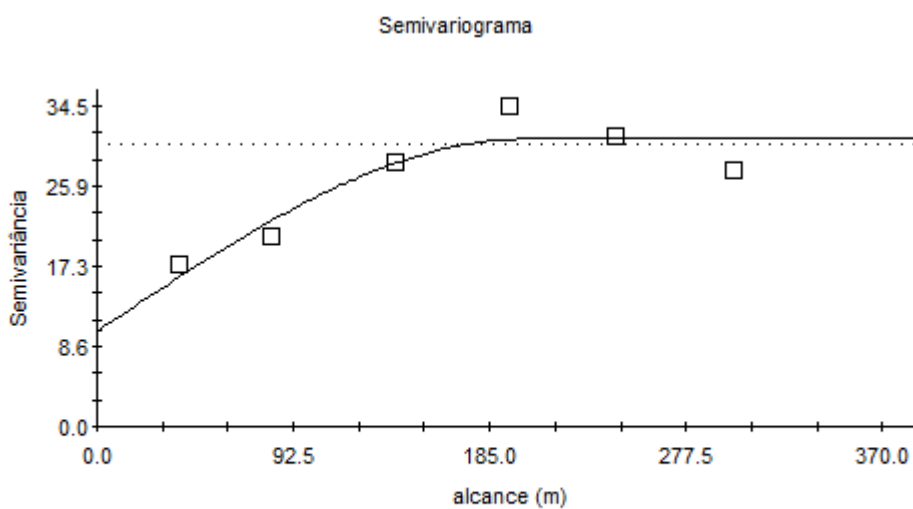
Spherical model ( $C_0 = 0.002$ ;  $C_0 + C = 0.045$ ;  $A_0 = 304.00$ ;  $r^2 = 0.945$ ;  
RSS = 5.060E-05)

SMP



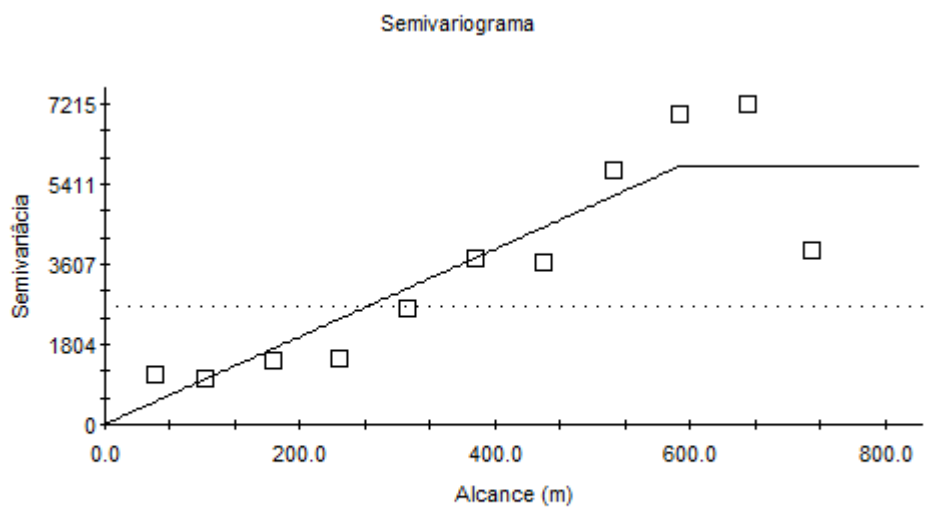
Spherical model ( $C_0 = 0.051$ ;  $C_0 + C = 0.113$ ;  $A_0 = 271.50$ ;  $r^2 = 0.921$ ;  
 RSS =  $1.632E-04$ )

P



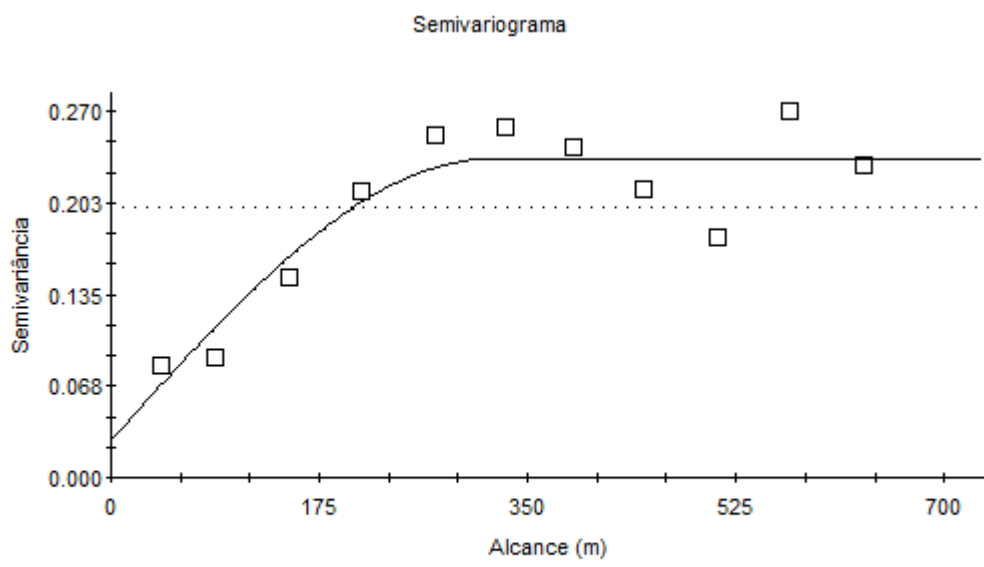
Spherical model ( $C_0 = 10.210$ ;  $C_0 + C = 31.000$ ;  $A_0 = 202.30$ ;  $r^2 = 0.862$ ;  
 RSS = 29.1)

K



Linear to sill model ( $C_0 = 10.00$ ;  $C_0 + C = 5806.00$ ;  $A_0 = 589.00$ ;  $r^2 = 0.822$ ;  
 RSS =  $9.334E+06$ )

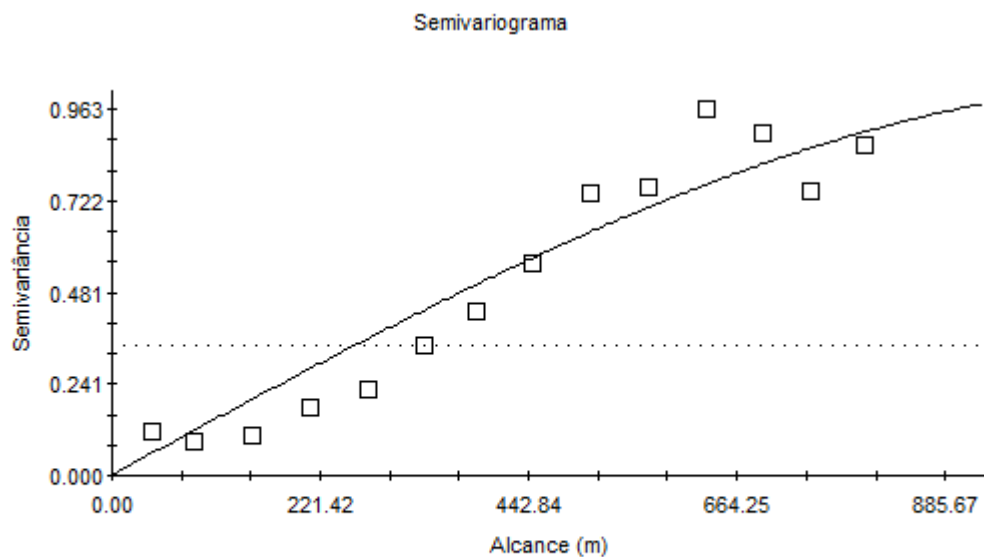
AL



Spherical model ( $C_0 = 0.028$ ;  $C_0 + C = 0.235$ ;  $A_0 = 320.00$ ;  $r^2 = 0.832$ ;  
 RSS =  $7.359E-03$ )

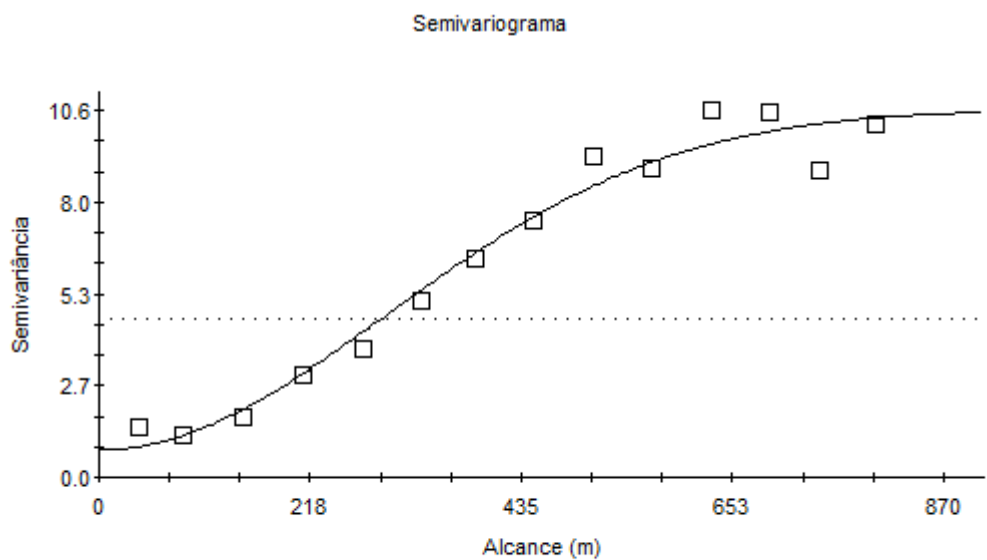


Mg



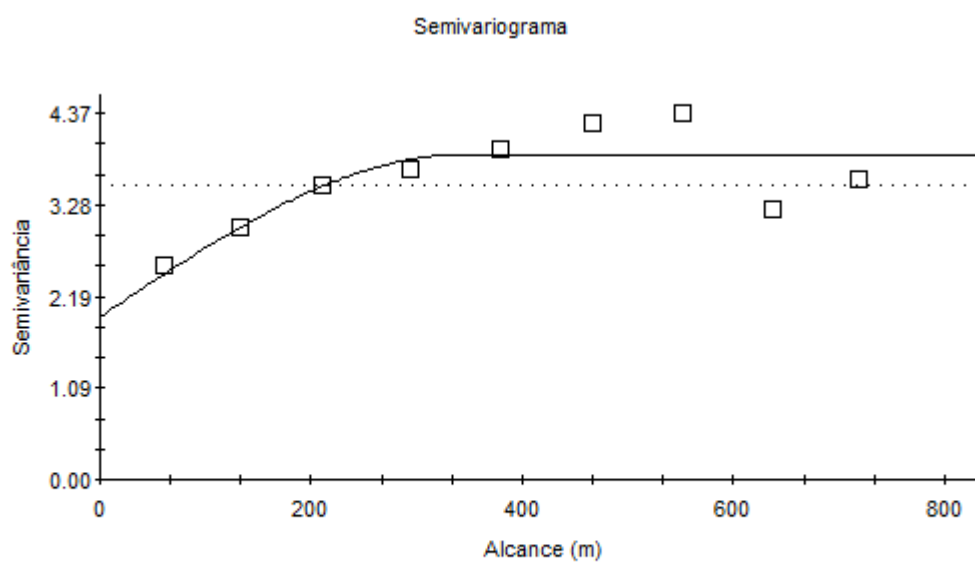
Spherical model ( $C_0 = 0.0010$ ;  $C_0 + C = 1.0340$ ;  $A_0 = 1153.00$ ;  $r^2 = 0.918$ ;  
 RSS = 0.128)

CTC efetiva



Gaussian model ( $C_0 = 0.7900$ ;  $C_0 + C = 10.6500$ ;  $A_0 = 723.00$ ;  $r^2 = 0.972$ ;  
 RSS = 4.66)

S



Spherical model ( $C_0 = 1.9390$ ;  $C_0 + C = 3.8790$ ;  $A_0 = 344.00$ ;  $r^2 = 0.666$ ;  
RSS = 0.917)

## Anexo C - Análise de Componentes principais do talhão Coxilhão na safra 2007/08.



## ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Agricultura de Precisão

\* ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS \*

Matriz de Correlações

Variância Total = 12.99

Autovalores	Componente N	Variância Explicada %
Componente: 1	6.60	50.81
Componente: 2	1.68	12.93
Componente: 3	1.46	11.24
Componente: 4	1.09	8.39
Componente: 5	.65	5.00
Componente: 6	.54	4.16
Componente: 7	.38	2.93
Componente: 8	.23	1.77
Componente: 9	.14	1.08
Componente: 10	.13	1.00
Componente: 11	.08	.62
Componente: 12	.01	.08
Componente: 13	.00	.00

Autovetores Normalizados

Componente 1	.2593	.2886	.3555	.3416	.3695	.2820	.3565	.3392	-.0591
	-.1570	.2993	.1043	-.1402					
Componente 2	.0129	.3840	-.0506	-.2371	-.0877	.0599	-.2643	-.0111	.2704
	-.4917	-.0317	.6168	.1265					
Componente 3	.2958	-.2877	.1009	.0781	.0166	-.0187	-.0637	.2541	.6265
	-.2056	-.0644	-.3387	.4365					
Componente 4	-.1255	.1146	.1049	.2087	.1918	-.4868	.0026	-.1702	-.4024
	-.2591	.1334	-.0543	.6033					
Componente 5	.1534	-.1503	-.0007	-.2620	-.1508	-.3221	-.0882	-.0062	-.0432
	-.4325	.5660	-.2483	-.4242					
Componente 6	.7986	.0615	.0151	-.1173	-.1444	-.1679	-.1249	-.0642	-.1657
	.4111	.0998	.2171	.1488					
Componente 7	-.3072	.0613	-.2254	.1085	.0460	-.2840	.0665	.1729	.3972
	.4404	.5506	.2451	.0852					
Componente 8	-.1573	-.0113	.1294	-.2422	-.1792	.6084	-.2709	.0251	-.2063
	.0956	.4531	-.1594	.3756					
Componente 9	-.1640	-.0643	.8651	-.0621	-.0978	-.1612	-.0900	-.2780	.2062
	.1710	-.0156	.1151	-.1031					
Componente 10	-.1478	-.0162	.1820	-.2012	-.1956	-.2414	-.1210	.8221	-.2649
	.0575	-.2008	.0594	.0079					
Componente 11	-.0021	.7908	.0080	-.1285	-.0279	-.1075	-.1046	-.0120	.1584
	.1430	-.0827	-.5289	-.0506					
Componente 12	.0064	-.1154	-.0049	-.3254	.8248	-.0237	-.4227	.0327	-.0058
	.1090	-.0275	-.0092	-.0855					
Componente 13	-.0128	-.0093	.0237	-.6767	.1090	-.0220	.6968	-.0481	.0391
	.0097	-.0243	.0121	.1969					

Correlação entre componentes e variáveis originais

Variável => CP:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10									
11									
12									
13									
COX0SD :	.6660	.0170	.3570	-.1310	.1240	.5870	-.1890	-.0750	-.0530
-.0010	.0010	.0000							
COXAL :	.7410	.4980	-.3480	.1200	-.1210	.0450	.0380	-.0050	-.0240
.2240	-.0120	.0000							
COXAR :	.9130	-.0660	.1220	.1100	-.0010	.0110	-.1390	.0620	.3240
.0020	.0000	.0000							.0660
COXCA :	.8770	-.3070	.0940	.2180	-.2110	-.0860	.0670	-.1160	-.0230
-.0360	-.0330	.0000						-.0230	-.0730
COXCTC :	.9490	-.1140	.0200	.2000	-.1220	-.1060	.0280	-.0860	-.0370
-.0080	.0820	.0000						-.0370	-.0710
COXK :	.7240	.0780	-.0230	-.5080	-.2600	-.1230	-.1750	.2920	-.0600
-.0300	-.0020	.0000						-.0600	-.0870
COXMG :	.9160	-.3430	-.0770	.0030	-.0710	-.0920	.0410	-.1300	-.0340
-.0300	-.0420	.0000						-.0340	-.0440
COXMO :	.8720	-.0140	.3070	-.1780	-.0050	-.0470	.1070	.0120	-.1040
-.0030	.0030	.0000						-.1040	.2960
COXP :	-.1520	.3500	.7570	-.4200	-.0350	-.1220	.2450	-.0990	.0770
.0450	-.0010	.0000						.0770	-.0960
COXPH :	-.4030	-.6370	-.2480	-.2710	-.3490	.3020	.2720	.0460	.0640
.0400	.0110	.0000						.0640	.0210







## Anexo E - Análise de Componentes principais do talhão Terraplanagem na safra 2007/08.



### ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Agricultura de Precisão

\* ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS \*

Matriz de Correlações

Variância Total = 13.00

Autovalores :	Componente N	Variância Explicada %
Componente:	1 6.19	47.62
Componente:	2 2.98	22.92
Componente:	3 1.26	9.69
Componente:	4 .70	5.38
Componente:	5 .60	4.62
Componente:	6 .48	3.69
Componente:	7 .32	2.46
Componente:	8 .27	2.08
Componente:	9 .12	.92
Componente:	10 .05	.38
Componente:	11 .03	.23
Componente:	12 .00	.00
Componente:	13 .00	.00

Autovetores Normalizados

Componente	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Componente 1	-.2052	.3701	.3731	.3936	.3316	.3787	-.1604	-.3205	-.0048
Componente 2	-.0388	-.3235	.1124	.1618	.0009	-.1748	-.0535	.0104	-.1650
Componente 3	-.1026	.0252	.5354	.5033	.0000	.0000	-.2949	-.0010	-.5095
Componente 4	.7950	.3124	.1527	.0476	.0437	.1991	.0596	.2879	.0671
Componente 5	.0153	-.0026	-.0845	.0050	.0157	-.2408	-.0646	.6337	-.1575
Componente 6	-.4845	.0663	-.0551	.1092	-.0298	.1575	.0477	.1914	.6792
Componente 7	-.0675	-.6054	.0878	.0181	.0460	.6330	.0128	-.0820	.3287
Componente 8	-.1440	.6114	-.0962	-.0582	-.1529	.5526	-.1074	.3308	-.4899
Componente 9	.2092	.0733	.2988	.3713	-.0467	.2005	-.1299	.0540	.1408
Componente 10	-.1371	-.0380	.7284	-.3234	.3092	.1050	-.3233	-.0161	-.1071
Componente 11	-.0850	.0578	.6942	-.6776	-.0544	-.0429	.0036	-.0046	.0414
Componente 12	-.0116	.1040	.0421	-.0147	-.1638	-.0667	.7880	-.0046	-.0256
Componente 13	.0003	.0036	-.0035	-.1595	.8112	-.0490	-.2155	-.0022	.0011

Correlação entre componentes e variáveis originais

Variável => CP:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TRP08D	-.5110	.3520	.3510	-.4810	.4620	-.1770	-.1230	.0490	.0340
TRP060	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
TRPARD	.9210	-.0020	.1710	.1020	.1570	-.0770	.0220	-.2150	.0700
TRPCAD	.9280	-.3020	.0530	.0040	.1320	-.0620	.0180	-.1150	-.0540
TRPCTCD	.9790	-.0920	.0490	.0130	.1300	-.0210	.0260	-.0790	-.0160
TRPKD	.8250	.0180	.2240	-.2010	-.0300	.1090	.3580	.2870	.0690
TRPMGD	.9420	-.2850	.0670	-.0540	.1060	.0330	.0070	-.0560	-.0450
TRPMOD	-.3990	-.5090	.3230	.5300	.3850	.1330	-.0460	.1720	.0190
TRPPD	-.7970	-.0020	.0750	-.1320	.1220	.4710	.1860	-.2550	.0490
TRPPHD	-.0120	-.8800	-.3630	-.1150	-.0160	-.0680	-.0810	.0070	.2610
TRPSD	-.0970	-.1770	.8920	.0120	-.3750	-.0470	-.0910	-.0750	.0720





## Anexo F- Análise de Componentes principais do talhão Terraplanagem na safra 2008/09.



### ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Agricultura de Precisão

\* ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS \*

Matriz de Correlações

Variância Total = 13.01

Autovalores	Componente N	Variância Explicada %
Componente: 1	6.07	46.66
Componente: 2	2.88	22.14
Componente: 3	1.19	9.15
Componente: 4	1.01	7.76
Componente: 5	.57	4.38
Componente: 6	.49	3.77
Componente: 7	.33	2.54
Componente: 8	.26	2.00
Componente: 9	.13	1.00
Componente: 10	.05	.38
Componente: 11	.03	.23
Componente: 12	.00	.00
Componente: 13	.00	.00

Autovetores Normalizados

Componente	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Componente 1	-.1409	.3780	.3723	.3964	.3351	.3777	-.1672	-.3214	-.0245
Componente 2	.0141	-.0324	-.2063	-.0839	-.0208	-.1974	-.2934	.0151	-.5071
Componente 3	-.0281	.1332	.0017	.0070	.1583	.0094	.3244	.0696	-.3768
Componente 4	.8728	-.1292	-.0117	.0015	.2461	.0483	-.3152	.0185	-.0068
Componente 5	.4008	.1273	.1104	.1334	-.0454	.0809	.7608	.0378	-.1215
Componente 6	-.1539	-.0587	-.0538	-.0068	.1748	.0776	.0691	.7565	-.0761
Componente 7	-.0479	.1556	.1066	.0966	.4961	.0554	-.1731	.3727	-.1459
Componente 8	-.1543	-.3887	-.2461	-.1724	.6870	-.1300	.2562	-.3581	.0205
Componente 9	.0471	.1801	-.1293	-.0254	.1813	-.1119	.0461	.1877	.7416
Componente 10	.0543	.7339	-.3306	-.2941	.0963	-.3201	-.0048	-.1139	-.0801
Componente 11	-.0411	-.2269	-.0964	.0795	.0441	.0250	.0046	-.0393	-.0402
Componente 12	-.0002	.0643	-.5756	-.1608	-.0670	.7877	-.0044	-.0259	-.0022
Componente 13	-.0003	-.0048	-.5149	.8121	-.0489	-.2177	-.0020	.0009	.0015

Correlação entre componentes e variáveis originais

Variável => CP:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
TRP09D	-.3470	.0240	-.0310	.8770	.3030	-.1080	-.0280	-.0790	.0170	.0120
TRPARD	.9310	-.0550	.1450	-.1300	.0960	-.0410	.0890	-.1980	.0650	.1640
TRPCAD	.9170	-.3500	.0020	-.0120	.0830	-.0380	.0610	-.1260	-.0470	-.0740
TRPCTCD	.9770	-.1420	.0080	.0020	.1010	-.0050	.0550	-.0880	-.0090	-.0660
TRPKD	.8260	-.0350	.1730	.2470	-.0340	.1220	.2850	.3500	.0650	.0220
TRPMGD	.9310	-.3350	.0100	.0490	.0610	.0540	.0320	-.0660	-.0400	-.0720
TRPMOD	-.4120	-.4980	.3540	-.3170	.5740	.0480	-.0990	.1310	.0170	-.0010
TRPPD	-.7920	.0260	.0760	.0190	.0290	.5300	.2140	-.1830	.0680	-.0250
TRPPHD	-.0600	-.8610	-.4110	-.0070	-.0920	-.0530	-.0840	.0100	.2670	
TRPSD	-.0910	-.2070	.9100	.1320	-.2700	-.0840	-.1060	-.0690	.0830	-.0270

