

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Importância de Atributos Agronômicos para Qualificação  
da Semeadura do Milho (*Zea mays* L.) no Sistema Plantio  
Direto na Região dos Campos Gerais – PR**

**Pedro Henrique Weirich Neto**

**orientador: Prof. Dr. Cláudio Bianor Sverzut**

Campinas - São Paulo  
Junho - 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Importância de atributos agronômicos para qualificação da  
semeadura do Milho (*Zea mays*) no Sistema Plantio Direto  
na Região dos Campos Gerais - PR**

**Pedro Henrique Weirich Neto**

**orientador: Prof. Dr. Cláudio Bianor Sverzut**

Tese submetida à banca examinadora para  
obtenção do título de Doutor em Engenharia  
Agrícola na área de concentração Água e Solo.

Campinas - São Paulo  
Junho – 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

W433i Weirich Neto, Pedro Henrique  
Importância de atributos agronômicos para  
qualificação da sementeira do milho (*Zea mays* L.) no  
sistema plantio direto na região dos Campos Gerais-PR /  
Pedro Henrique Weirich Neto.--Campinas, SP: [s.n.],  
2004.

Orientador: Cláudio Bianor Sverzut.  
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Sementeira. 2. Agricultura de precisão. 3. Plantio  
direto. 4. Milho. I. Sverzut, Cláudio Bianor. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Agrícola. III. Título.

**“...A GENTE NÃO QUER SÓ COMIDA, A GENTE QUER COMIDA, DIVERSÃO E ARTE...”**

Arnaldo Antunes, Marcelo Fromer e Sérgio Britto

**“PARA TRÊS GRANDES MULHERES; ROSA, MARION E BRUNA.”**

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Ponta Grossa pela confiança em mim depositada e conseqüente liberação para o Curso de Doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pós-graduação através do Programa de Institucional a Capacitação Docente e Técnica (PICDT).

A Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em especial a Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) pela oportunidade e pela compreensão, permitindo a realização do Curso de Doutorado sem a realização de Curso de Mestrado.

A minha mãe e ao meu pai (*In Memorium*) pela inteligência e simplicidade de vida repassada.

A minha esposa pelo companheirismo, também inteligente, pois sempre soube dosar críticas e elogios.

Ao orientador Cláudio Bianor Sverzut, pela confiança técnica depositada e principalmente pela amizade.

A Ana Paula Montagner pela irmandade, na concepção mais completa da palavra, passando dos conselhos às conversas descontraídas.

Ao meu irmão Iomar pelo companheirismo e pela ajuda no direcionamento de vida.

Aos meus irmãos Bubi e Edinho, pela compreensão de uma escolha de difícil entendimento.

A minha sogra Eni e meu sogro Mário pela compreensão.

Ao amigo e professor Valter Shulz (*In Memorium*) pelo exemplo de vida.

Ao amigo e pesquisador Carlos Hugo Rocha pelas contribuições e acima de tudo pelas lições teóricas e práticas sobre a ciência do otimismo.

Aos pesquisadores Afonso Peche Filho (CMMA/IAC), Sérgio Rodrigues dos Santos (FAPA/AGRÁRIA), Emerson Fey (Agronomia/UNIOSETE), Jaime Alberti

Gomes (AGRONOMIA/CESCAGE), Adriana Schimandeiro (Mestrando/Universidade de Munique) e Marcelo Jose Colet (Mestrando/UNICAMP) pelas contribuições e amizade.

Aos agrônomos Mônica Renata Slob, Ineu Alberto Schoemberger Junior, Paulo William Garbuio, Yurik Andrey Lessi Bergamini, Manoel David Latapiat Herrera pelas contribuições e amizade.

Aos amigos e acadêmicos integrantes do Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama); Maurício da Costa Feldaus, Ana Carolina Peres Zaninetti, Hevandro Colinhese Delalibera, Ângelo Rafael Chiquette Lopes, Joécio Urich pelas contribuições, amizade e principalmente pela paciência.

A amiga e funcionária do Laboratório de Física de Solos da UEPG Eunice Silveira pela compreensão e contribuição técnica

## SUMÁRIO

	pág.
PÁGINA DE ROSTO .....	i
MENSAGEM .....	ii
DEDICATÓRIA .....	iii
AGRADECIMENTOS .....	iv
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1.0 INTRODUÇÃO .....	1
2.0 OBJETIVO .....	3
2.1 OBJETIVO GERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	3
3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 Cultura do milho .....	4
3.2 O processo de semeadura com variável independente do processo produtivo .....	6
3.3 Variáveis independentes do processo produtivo e sua variabilidade.....	13
3.4 Interação entre variáveis independentes e dependentes do processo produtivo .....	20
3.5 Análises da interação entre variáveis independentes e dependentes do processo produtivo .....	23
4.0 MATERIAL E MÉTODOS .....	42
4.1 Aspectos gerais .....	42
4.2 O solo.....	45
4.3 Processo de semeadura.....	46

4.4	Variáveis independentes .....	47
4.4.1	O solo .....	47
4.4.2	Processo de semeadura .....	48
4.4.3	Aspectos fitotécnicos e de fitossanidade .....	50
4.5	Variáveis dependentes .....	52
4.6	Análises realizadas.....	53
5.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
5.1	Verificações de regulagens do processo de semeadura .....	56
5.2	Aspectos climáticos da condução da cultura .....	60
5.3	Resultados diretos do processo de semeadura .....	63
5.4	Estatística descritiva e análise de normalidade das variáveis independentes e dependentes .....	68
5.5	Análises preliminares para as análises de regressão .....	88
5.6	Análises de regressão .....	103
5.7	Discussão Final .....	127
6.0	CONCLUSÕES .....	129
7.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	130

## Importância de Atributos Agronômicos para Qualificação da Semeadura do Milho (*Zea mays* L.) no Sistema Plantio Direto na Região dos Campos Gerais –PR.

WEIRICH NETO, Pedro Henrique<sup>1</sup>; SVERZUT, Cláudio Bianor<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Professor, Engenheiro Agrícola, Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama)/Curso de Agronomia/ Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Paraná, Brasil.

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Engenheiro Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI)/Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil.

**Resumo:** Na atual conjuntura, em tempos de globalização e auto sustentabilidade, a agricultura brasileira é obrigada a rever conceitos. Nesta revisão novas técnicas são agregadas ao processo produtivo agrícola. Exemplos clássicos são as “técnicas” de semeadura sob a palha (Plantio Direto) e o manejo localizado de insumos (Agricultura de Precisão). A região dos Campos Gerais, Paraná, não foge a regra, região altamente tecnificada onde a semeadura sob a palha é uma realidade, começa a transformar conhecimento relativo ao manejo localizado de insumos. Mesmo, temporalmente, em estágios diferentes estas técnicas trazem ainda muitas dúvidas. Com vistas a contribuir nesta discussão realizou-se trabalho cujo objetivo foi qualificar o processo de semeadura junto ao sistema produtivo do milho no sistema de semeadura sob a palha. Escolheu-se o milho por este ocupar aproximadamente 1/3 da área agrícola de verão da região, e ser cultura de suma importância da rotação de culturas, um dos pilares do sistema de semeadura sob a palha. Utilizou-se análise de regressão linear múltipla, pelos métodos passo a passo (“stepwise”) e melhor regressão possível (“bestsubset”). Como variáveis representativas do processo de semeadura, independentes, analisou-se em duas linhas de semeadura, a distribuição de plantas através das variáveis; população de plantas e pressão de população de plantas (variável que considera o espaçamento individualmente) e a profundidade de deposição da semente. Em uma área agrícola, com doze anos de semeadura sob a palha, demarcaram-se 60 pontos equidistantes de 40 m. Em cada ponto mensurou-se como variáveis independentes; pH, Al, H+Al, Ca, Ca+Mg, P, K, CTC, V%, relaçãoCa/Mg, relaçãoCa/K, argila, areia, silte, profundidade do Horizonte A, profundidade do Horizonte A+transição, cota, resíduo, foram atribuídas notas para problemas na planta, problemas na espiga e quantificação de plantas espontâneas. Como variáveis representativas de rendimento do milho, dependentes, mensurou-se a massa de grãos por planta, a altura e o diâmetro de colmo da planta. Das duas linhas de semeadura acompanhadas, a linha dois sempre mostrou os melhores indicadores de ajuste. Este fato talvez pode ser explicado pelo estresse inicial sofrido pelas plantas da linha três, devido ao tempo de emergência de plântulas, ocasionando pela profundidade de deposição da semente. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) variaram de 33,4% para o diâmetro da linha três, a 74,7% para a altura de planta da linha dois. As variáveis; população de plantas e pressão de população sempre se mostraram presentes nos conjuntos regressores que melhor explicaram os fenômenos de rendimento do milho.

Palavras Chave: Processo de Semeadura, Plantio Direto, Milho, *Zea mays*.

# Importance of agronomic attributes for the qualification of corn sowing (*Zea mays* L.) under no-tillage system in Campos Gerais region, Paraná, Brazil

WEIRICH NETO, Pedro Henrique<sup>1</sup>; SVERZUT, Cláudio Bianor<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Professor, Engenheiro Agrícola, Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama)/Curso de Agronomia/ Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Paraná, Brasil.

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Engenheiro Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI)/Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil.

**Abstract:** In the actual time of globalization and self sustainability, Brazilian agriculture needs to review its paradigms. In this review new techniques are incorporated in the agriculture production process; classical examples are the no tillage system and the localized management of fertilizers (Precision Farming). The region of Campos Gerais, in the state of Paraná, is not an exception of this rule; a very high level of technology is employed, the no till system is a reality and knowledge about precision farming is being employed. As a brand new technology at the regional context, precision farming is subject to several uncertainties. Hence, this research was developed in order to make a contribution on this subject; the main goal was to qualify the seeding process of the corn production system in the no tillage system. This culture was chosen because about one third of the region cultivated area in the summer season is planted with it, and its importance in crop rotation, one of the pillars of the no till system. Linear multiple regression was used in order to analyze data using both, stepwise and best subset techniques. To represent the seeding process (independent variable), plant distribution in two seeding rows was analyzed through the variation in plant population, plant population pressure (a variable that considers spacing individually), and depth of seeding. In a cultivated field with 12 years of no tillage, 60 equidistant points (40 m.) were defined. At each point the following variables (independent) were measured: pH, Al, H+Al, Ca, Ca+Mg, P, K, CTC, V%, Ca/Mg index, CA/K index, clay content, sand content, silt content, depth of A horizon, depth of A horizon + transition A/B, relative altitude and amount of harvest residue. A scoring system was defined to include in the analysis problems in the plants, problems in the cobs and amount of weed infestation. The weight of grain by plant, plant height and the stem diameter were chosen as representative of corn production (dependent variable). The comparison of the two observed seeding lines showed that the line two always had a better correlation. This fact can be explained by the initial stress in the other line (line three) induced by the time of emergence of plants related to the depth of seeding. Coefficient of determination ( $R^2$ ) varied from 33,4% related to the stem diameter to the line three, to 74,4% to plant height in the line two. The variables plant population and plant population pressure were always present in the regressions equations with a better explanation of corn yield.

Key words: Seeding Process, No Tillage System, Corn, *Zea mays*.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura, em tempos de globalização e auto sustentabilidade, a agricultura brasileira é obrigada a rever conceitos. O planejamento das atividades e o uso racional dos fatores de produção são aspectos importantes na transformação da "fazenda" em empresa agrícola.

Com alguns processos diferenciados, altamente tecnificada, com rendimentos considerados elevados, onde a semeadura sob a palha (Sistema Plantio Direto) é uma realidade, a região dos Campos Gerais, Paraná, destaca-se na agricultura brasileira.

Nesta região, a cultura do milho (*Zea mays* L.), ocupa aproximadamente um terço da área agrícola de verão, participando com a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e o feijão (*Phaseolus vulgaris*) da rotação de culturas, prática esta, um dos pilares do sistema de semeadura sob a palha.

O milho apresenta-se como cultura economicamente interessante, fazendo parte da venda direta ou ainda permitindo a integração lavoura-pecuária, forma de verticalização e de agregar valor.

Com vistas a altos rendimentos, o processo produtivo do milho é norteado por fatores condicionantes desde a implantação até a colheita. O manejo da cultura de inverno antecedente, o processo de semeadura, cuidados com a fertilidade do solo, a condução fitotécnica e fitossanitária da cultura são exemplos. Sendo estes largamente estudados, porém tratados de maneira individual e quando da aplicação de recomendação considera a unidade produtiva como homogênea.

Paralelo ao processo produtivo, novas tecnologias surgem, tal como a agricultura de precisão, técnica que utiliza o manejo localizado do solo e das culturas como alternativa de otimização da produção agrícola. Adotada primeiramente como o estudo da correlação, pura e simples, entre fertilidade química do solo e rendimento de grãos das culturas, não alcançou resultados satisfatórios. Estudos para a qualificação e quantificação de quais variáveis

influenciam os processos produtivos agrícolas são necessários. Interessante ressaltar que as determinações das variáveis mais importantes nos processos produtivos agrícolas não solucionam o problema como um todo, pois o dimensionamento destas devem ser com metodologias viáveis economicamente.

Pouca ou nenhuma informação existe a respeito da importância do processo de semeadura junto ao rendimento do milho quando da realidade da interação com outras variáveis; física e química do solo, antrópicas, fisiológicas, de fitossanidade, etc.. Sendo assim objetivou-se estudar a importância do processo de semeadura junto ao rendimento da cultura do milho em condições de semeadura sob a palha.

## 2.0 – OBJETIVO

### 2.1 - Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho foi correlacionar variáveis que compõem o processo produtivo e o rendimento da cultura do milho, com especial atenção ao processo de semeadura.

### 2.2 - Objetivos Específicos

Indicar as principais variáveis responsáveis pelo rendimento da cultura do milho em sistema de plantio direto.

Verificar importância da densidade de plantas no rendimento da cultura do milho em sistema de plantio direto.

Verificar importância da profundidade de semeadura no rendimento da cultura do milho em sistema de plantio direto.

### 3.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 - Cultura do Milho

O Brasil ocupa o terceiro lugar em produção de milho no mundo, tendo produzido na safra de 2000/2001 aproximadamente 41 milhões de toneladas, sendo a região Sul responsável por quase 50% da produção brasileira, com destaque para o estado do Paraná conforme citado por Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB)/Departamento de Economia Rural (DERAL) (2003).

SEAB/DERAL (2003) relata que em 2002/2003, o estado do Paraná produziu aproximadamente 8 milhões de toneladas de grãos de milho, alcançando um rendimento médio de  $5,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ , enquanto a região dos Campos Gerais, para este mesmo ano, chegou a um rendimento médio de  $6,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Com vistas a elevar o rendimento do milho, FANCELLI e DOURADO NETO (2000) consideram esta espécie como uma das mais eficientes na conversão de radiação solar, relatam ainda a acentuada sensibilidade da cultura do milho, necessitando um rigoroso planejamento e manejo. Um exemplo seria a correta adequação entre a época de semeadura e a variação climática da região de interesse para a implantação da cultura.

Temperaturas elevadas contribuem para redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração, afetando assim o rendimento da cultura. Por esta razão, FANCELLI e DOURADO NETO (2000) afirmam que temperaturas superiores a  $24^{\circ}\text{C}$  no período noturno promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda no rendimento. Sendo assim, a ocorrência de temperaturas noturnas, entre  $18$  e  $20^{\circ}\text{C}$  e o predomínio de amplitude térmica de  $15$  a  $22^{\circ}\text{C}$  evitam o encurtamento de etapas fenológicas e favorecem a cinética do crescimento, resultando neste caso em altos rendimentos. Os mesmos autores citam  $10^{\circ}\text{C}$  como temperatura basal para a cultura do milho.

FANCELLI e DOURADO NETO (2000) descrevem etapas de desenvolvimento da planta e condições de oferta dos fatores de produção. Geralmente estas etapas são cronologicamente identificadas pelo número de folhas ou ainda pelo número de semanas após emergência e dias após a polinização.

Uma das correlações mais citadas no Brasil seria a sugerida por FANCELLI (1986) onde são descritos dez estádios, cinco correlacionando o número de semanas após germinação e cinco correlacionado dias após polinização. O autor descreve como estágio 0 a germinação e emergência das plântulas; estágio 1 a existência de quatro folhas, ocorrendo esta duas semanas após a germinação; estágio 2 a existência de oito folhas (também denominada de “fase do cartucho”), ocorrendo quatro semanas após a germinação; estágio 3 a existência de doze folhas, ocorrendo seis semanas após a germinação; estágio 4 a emissão do pendão, ocorrendo oito semanas após a germinação; estágio 5 o florescimento, ocorrendo dez semanas após a germinação. A partir do estágio 5 o autor classifica temporalmente os mesmos conforme número de dias após a polinização. Sendo assim o estágio 6 é caracterizado fenologicamente por grãos leitosos, ocorre doze dias após a polinização; o estágio 7 é caracterizado por grãos pastosos, ocorrendo 24 dias após a polinização; o estágio 8 é caracterizado por grãos farináceos, ocorrendo 36 dias após a polinização; o estágio 9 é caracterizado por grãos farináceos duros, ocorrendo 48 dias após a polinização e finalmente o estágio 10 que é caracterizado pela maturação fisiológica do grão, ocorrendo 55 dias após a polinização.

Um dos estádios mais importantes é a polinização, SANGOI e SALVADOR (1996) comentam que dentre as gramíneas (Poaceae) exploradas economicamente o milho é a única que apresenta uma organização floral monóica, produzindo flores unissexuais, localizadas em pontos diferentes da mesma planta. As diferenças observadas em termos de localização, época de diferenciação e desenvolvimento do androceu (pendão) e gineceu (espiga), podem promover uma competição entre as duas inflorescências, especialmente em condições de estresse.

Dentre os fatores de produção a água desempenha papel fundamental, que além da quantidade disponível no solo, depende também, segundo FANCELLI e DOURADO NETO (2000), da capacidade exploratória das raízes e da magnitude do sistema radicular. SAAD (1991) comenta que neste contexto a construção da fertilidade em subsuperfície

assume elevada importância, principalmente em áreas temperadas onde as raízes podem atingir profundidades superiores a 1,0 m, sem dificuldades.

MAGALHÃES et al. (1995) relatam que a planta absorve água do solo para atender suas necessidades fisiológicas, suprindo nutrientes (através de fluxo de massa). Os mesmos autores salientam que a cultura do milho necessita em torno de 600mm de precipitação, devendo esta estar distribuída no seu ciclo. Estes autores citam ainda que o efeito da falta de água associado ao rendimento de grãos é particularmente importante em três estádios de desenvolvimento da planta: a) iniciação floral e desenvolvimento da planta b) período de fertilização e c) enchimento de grãos.

Tendo rendimento proporcional a radiação solar captada, ANTUNES et al. (1997) propuseram metodologia para determinação do índice de área foliar, considerando a altura da planta. A redução da área foliar, segundo FANCELLI e DOURADO NETO (2000) pode ser causada por inúmeros fatores, como estresse hídrico, nebulosidade prolongada, fertilidade do solo, relação nitrogênio/potássio disponível, ataque de pragas, ocorrência de doenças e alta população de plantas. Os mesmos autores comentam que o milho pode inverter a função fonte/dreno, sendo assim, pode haver remobilização dos excedentes fotoassimilados pelo colmo, no caso de enchimento de grãos.

Conforme comentado e a disponibilidade comercial de vários híbridos, é esperado uma melhor adaptação de alguns híbridos conforme características regionais. Em ensaio de campo no ano agrícola de 1997/98, em quatro locais distintos, inclusive Ponta Grossa, SEGANFREDO et al. (1998) comparam 37 híbridos recomendados para a região dos Campos Gerais, em áreas com mais de oito anos de adoção do sistema de plantio direto, e concluíram que, para a região de Ponta Grossa, 21 híbridos testados foram estatisticamente os que alcançaram maior rendimento de grãos, entre estes se encontrava o XL-212, da Braskalb<sup>®</sup>. SILOTO et al. (2002) estudando os danos causados por lagarta-do-cartucho em doze híbridos no estado de São Paulo, conclui que o XL-212 da Braskalb<sup>®</sup> foi um dos mais suscetíveis.

### 3.2 - Processo de semeadura como variável independente do processo produtivo

Utilizando ferramentas de qualidade total, WEIRICH NETO (1999) visualiza o processo de semeadura como sistêmico e o representa através de um diagrama de Ishigawa,

com cinco divisões principais; máquina (trator e semeadora), meio (solo e palha), material (semente e adubo), mão-de-obra (agrônomo e operador) e método (regulagem e velocidade).

Como resposta ao processo de semeadura FANCELLI e DOURADO NETO (2000) salientam que no caso da cultura do milho, a uniformidade da lavoura é o objetivo. Tal fato se faz necessário, conforme os mesmos autores, pois o milho alcançará seu alto potencial produtivo, desde que apresente adequada estrutura de interceptação da radiação solar disponível, a qual tem relação direta com população e distribuição espacial de plantas. MEROTTO JUNIOR et al. (1998) concordam, salientando que o aumento do rendimento do milho se dá através da maximização da exploração, que acontece de forma mais efetiva quando existe uniformidade entre plantas, proporcionando baixa competição intraespecífica.

SILVA e FREITAS (1994) relatam que a dispersão efetiva de pólen não é uniforme em todas as direções, os autores verificaram também que a distância medida em número de plantas é mais importante na avaliação da eficiência da polinização que a distância medida em unidades métricas.

Estudando três populações de plantas de milho, PIONNER (1995) constatou um incremento médio de 12% no rendimento quando do aumento da população de 40 mil para 60 mil plantas  $ha^{-1}$  (incremento de 50%). FLESCH e VIEIRA (1999) avaliaram dois híbridos de milho, submetidos a quatro diferentes populações (30, 50, 70 e 90 mil plantas  $ha^{-1}$ ), onde observaram que o rendimento médio de três anos agrícolas, para ambos os híbridos, foi estatisticamente menor para a população de 30 mil plantas  $ha^{-1}$ , em relação às outras populações citadas, as quais alcançaram rendimentos médios iguais entre si.

Analisando o rendimento do milho em solo com diferentes profundidades e quantidades de resíduos em cobertura, SWAN et al. (1987) avaliaram parcelas que tinham população entre 42000 e 54000 pl  $ha^{-1}$ , as demais eram descartadas, suas médias de rendimento foram omitidas da análise estatística. Segundo os autores este intervalo é o considerado como ideal pelo modelo de rendimento computacional adotado.

DAVANZO (1997) e CARNEIRO e GERAGE (1991) comentam que a manutenção da população para cada híbrido é um fator de correlação direta com o rendimento da cultura do milho.

Observando as culturas de milho e de feijão (*Phaseolus vulgaris*), em consórcio e monocultivo, PEREIRA FILHO et al. (1991) identificaram uma correlação linear positiva

entre rendimento e população de plantas de milho. A mesma tendência foi identificada por KLIMIONTE et al. (2001), quando do estudo de sete processos de produção de milho na região dos Campos Gerais, Paraná. MILANI et al. (1998) testaram o comportamento de cinco cultivares de milho em três densidades de semeadura, com espaçamento entre linhas de 0,90 m, os autores não encontraram resposta estatística significativa para o rendimento de grãos para as diferentes densidades, porém para a densidade maior, 7 plantas m<sup>-1</sup>, houve uma diminuição, estatisticamente significativa, dos danos nas espigas causados pela lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*).

Trabalhando com diferentes formas de distribuição de plantas de milho, variando o número de sementes por cova, porém mantendo a população de plantas SANGOI e ALMEIDA (1993) e RIZZARDI et al. (1994) concluíram que a distribuição longitudinal não influenciou diretamente no rendimento do milho desde que mantida a população de plantas recomendada para cada híbrido.

Inúmeros fatores são apontados como responsáveis pela redução da população de plantas de milho, REIS & CASA (1996) comentam sobre doenças nas sementes, a EMBRAPA (1996) aponta a regulagem da semeadora, PAVEI (1991) cita problemas relativos a dificuldade de transposição da palha da cultura antecedente, MANTOVANI e BERTAUX (1990) relatam a velocidade da semeadora como um dos principais problemas e SANTOS et al. (1999) atribuíram as falhas de distribuição em sistema dosador à inadequação entre as dimensões das sementes e orifícios do disco perfurado horizontal. EMBRAPA (1986) recomenda o dimensionamento das sementes a serem utilizadas, com os valores gerados pelo dimensionamento do comprimento das sementes realiza-se análise de freqüência. Adota-se para o orifício do disco dosador o valor superior do intervalo da classe, onde a freqüência acumulada, da análise de freqüência da variável comprimento de semente de milho, atingir o valor de 90%.

SANTOS et al. (2001) dimensionaram sementes de nove diferentes híbridos comercialmente disponíveis, em todos os casos o coeficiente de variação da dimensão largura foi inferior ao da variável comprimento, os autores comentam que a dimensão largura seria a utilizada para a classificação das sementes.

Para análise da distribuição de plantas a INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION (ISO) (1982), KURACHI et al. (1989) e ABNT (1989) recomendam dois

parâmetros, a porcentagem de espaçamentos aceitáveis e o coeficiente de variação da população de espaçamento. PASTERNAK et al. (1987) sugerem a caracterização da distribuição de plantas através de um “coeficiente de variação” que seria a razão entre a variância de uma análise de regressão linear (onde: variável independente seria o espaçamento esperado e a variável dependente seria o espaçamento encontrado) e o estimador de inclinação desta mesma regressão linear.

Acompanhando 39 processos de semeadura sem interferência, SANTOS & WEIRICH NETO (1999), observaram que entre os mecanismos utilizados, 24 eram do tipo disco perfurado horizontal, oito do tipo pneumático e sete do tipo dedo prensor, sendo que independente do mecanismo a maioria dos processos não atingiu a população média recomendada. Os autores concluíram que a troca da semeadora de precisão com um determinado mecanismo de distribuição por outro considerado de projeto mais avançado, não será a garantia de um processo de semeadura melhor.

Em trabalhos onde a velocidade do sistema dosador era a variável independente, MOREIRA et al. (1984), COSTA et al. (1984), DELAFOSE (1986), KURACHI et al. (1989), BALASTREIRE et al. (1990), MANTOVANI e BERTAUX (1990), BOLLER et al. (1991), ROCHA et al. (1992) e SATTLER et al. (1996), concluíram que, com o aumento da velocidade da semeadora, as variáveis de resposta que identificam qualidade do processo pioraram.

Segundo TOURINO (1986) a irregularidade de disposição das sementes no solo na direção vertical, também denominado profundidade de deposição da semente, é considerado outro fator de suma importância no rendimento das culturas agrícolas. KEPNER (1978) relata que as culturas reagem de maneira diferenciada a profundidade de semeadura, sendo algumas mais sensíveis à variação que outras. SATTLER (1992) comenta que milho, soja e feijão, culturas de maior expressão econômica para o sul do Brasil, estão entre as mais exigentes em profundidade de semeadura.

MEROTTO JUNIOR et al. (1998) realizaram estudo para verificação da desuniformidade temporal de germinação de sementes de milho. Foram testadas várias combinações de três datas de semeadura, defasadas de sete dias, considerando ainda quatro populações de plantas, os autores concluíram que para menor população, 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, a desuniformidade de emergência não influenciou no rendimento de grãos de milho, para a

população de 75000 plantas ha<sup>-1</sup> o tratamento com semeadura uniforme apresentou um rendimento de grãos de 3,0 Mg ha<sup>-1</sup>, superior aos outros tratamentos.

Em trabalho semelhante, em dois anos agrícolas e quatro áreas diferentes, NAFZIGER et al. (1991) estudaram doze combinações com diferentes datas de semeadura, espaçadas entre 10 a 27 dias, onde realizaram tratamentos com semeadura uniforme; com linhas de semeaduras uniformes, porém com diferença temporal entre as linhas e tratamentos com plantas na linha com diferentes datas de semeadura. Fica claro, no trabalho descrito, diminuição no rendimento de grãos de milho conforme o aumento da desuniformidade de emergência apresentada pelo tratamento.

Em trabalho de laboratório, GUPTA et al. (1988) ensaiaram o tempo de emergência de plântulas de milho em diferentes temperaturas do ar e condições de disponibilidade de água no solo. Os autores observaram que em temperaturas favoráveis para germinação (15 a 25 °C), tanto em condições adversas de disponibilidade de água (potencial matricial de -500 kPa) como em condições favoráveis de disponibilidade de água (potencial matricial de -10 kPa), existe uma correlação linear positiva entre a profundidade de deposição da semente e o tempo necessário para a emergência das plântulas, enquanto que em condições desfavoráveis de temperatura (5 a 15°C) existiu uma correlação visualmente não linear positiva entre a profundidade da semente e tempo para emergência para ambas condições de disponibilidade de água.

Já YORINORI et al. (1996) encontraram, em condições de campo, porém sem relato do conteúdo de água do solo, proporcionalidade inversa entre profundidade de semeadura (três, cinco e oito centímetros) e velocidade de germinação de sementes de milho pipoca.

NAFZIGER et al. (1991) relatam que o conteúdo de água no solo é o principal regulador para a emergência das plantas, sendo que fatores como contato da semente com herbicidas, a compactação e o encrostamento do solo, o tamanho da semente e a profundidade de semeadura também são de suma importância.

Ainda tratando de milho, FANCELLI e DOURADO NETO (2000) relatam que as condições ótimas, de teor de água e temperatura, visando processo de germinação encontram-se entre três a cinco centímetros para solos argilosos e quatro a seis centímetros para solos arenosos. FORNASIERI FILHO (1992) relata que a energia interna acumulada em uma

semente de milho geralmente propicia condições para a plântula ultrapassar distâncias de solo (profundidade) de até sete centímetros.

Estudando qualidade de semente e população de plantas de milho, ANDREOLI et al. (1998) observaram que quanto menor a porcentagem de germinação das sementes em laboratório, menor a população de plantas em campo, além de uma menor velocidade de emergência, ocasionando assim desuniformidade de emergência de plantas e prejudicando o rendimento de grãos.

Concordando com a importância da adequada profundidade de deposição da semente, JANKE e ERBACH (1985) salientam a dificuldade do controle deste parâmetro, e ainda que no caso do plantio direto existem agravantes como a presença de resíduos, irregularidade da superfície e a grande variabilidade da resistência a penetração. MORISON JUNIOR e GERIC (1985) avaliando mecanismos controladores de semeadura comentam que, o resíduo cultural foi um dos fatores que mais influenciou, com o que concordam SANTOS & WEIRICH NETO (1999). OLIVEIRA et al. (2000) ensaiando uma semeadora em três diferentes coberturas vegetais, resíduos de milho, de plantas espontâneas e lab-lab (*Lablo purpureum* L.), não encontraram diferença na profundidade de semeadura de milho.

Estudando a pressão realizada pelas rodas compactadoras de uma semeadora, PRADO et al. (2001) encontraram diferenças significativas no índice de velocidade de emergência e na altura das plantas de milho nas fases iniciais. Os autores chegaram a uma correlação linear positiva entre a pressão provocada pelas rodas compactadoras e o índice de velocidade de emergência. Demonstraram ainda uma tendência de correlação linear positiva entre o índice de velocidade de emergência e a altura das plantas nos primeiros 60 dias da cultura.

Em dois trabalhos, ensaiando duas diferentes semeadoras de precisão na implantação da cultura do milho sob plantio direto, em solos argilosos e muito argilosos na região norte do Paraná, os coeficientes de variação para a profundidade de deposição de semente variaram nas linhas de 22,9 a 41,6% e de 26,3 a 32,7% (CASÃO JUNIOR et al., 1998; CASÃO JUNIOR et al., 2000a).

Avaliando algumas semeadoras adubadoras de precisão disponíveis no mercado brasileiro, utilizando sementes de milho, MANTOVANI & BERTAUX (1990) concluíram que

os mecanismos de controle de profundidade não conseguem manter regularidade na profundidade de deposição de sementes. BATEMAN (1972) estudou 32 processos de semeadura nos Estados Unidos da América do Norte, encontrou um desvio padrão de 11,4 mm para uma profundidade média de 40,6 mm e um desvio padrão de 15,0 mm para uma profundidade média de 71,1 mm.

Em condições de canal de solo, com suplementação artificial de água a cada dois dias, PRADO et al. (2001) não encontraram diferenças significativas no índice de velocidade de emergência de plântulas de milho quando as sementes foram depositadas a três, cinco e sete centímetros de profundidade. Em condições normais de campo, onde o objetivo principal era analisar o envelhecimento precoce de sementes de milho tipo pipoca, YORINORI et al. (1996) encontraram uma relação inversamente proporcional entre profundidade de semeadura com a porcentagem de germinação e a velocidade de emergência.

Em recente trabalho, FEY (2000) encontrou diferenças estatisticamente significativas para a variável profundidade da semente e profundidade de abertura de sulco para fertilizante, utilizando diferentes mecanismos de abertura de sulco, todos comercialmente encontrados, bem como para diferentes conteúdos de água no solo.

Parte do processo de semeadura, a distribuição de fertilizantes pode, quando da presença de irregularidades, comprometer o rendimento das culturas. PORTELLA (1997) relata a existência de quatro sistemas transportadores de fertilizantes sólidos, sendo o sistema de rotor dentado o mais encontrado nas semeadoras-adubadoras brasileiras, nestes casos, associado existe um mecanismo dosador do tipo porta basculante ou vertical.

O tipo de fertilizante, a ser utilizado para a correção da fertilidade do solo, segundo MEHRING e CUMMINGS (1930), vai caracterizar a capacidade de escoamento do mesmo, que tem influência direta na regulação das máquinas responsáveis pela distribuição deste. A ABNT (1994) classifica os fertilizantes quanto a sua granulometria. PRESINOTTI (1981) relata a importância da massa específica e do ângulo de repouso do fertilizante para a capacidade de escoamento do mesmo.

Avaliando semeadoras-adubadoras para a semeadura direta de trigo e soja, PORTELLA et al. (1998) e SATTLER et al. (1999) observaram problemas quanto a regularidade de distribuição de fertilizantes em algumas das semeadoras ensaiadas. Dentre os problemas relatados estão: elevada amplitude na razão de distribuição (chegando a valores de coeficiente de variação de

50%), alteração da vazão com o aumento ou variação da velocidade de deslocamento da máquina e maiores coeficientes de variação para razões de distribuição menores.

### 3.3 – Variáveis Independentes do processo produtivo e sua variabilidade

A fertilidade química do solo há muito merece atenção da pesquisa agrícola. Talvez tais estudos se confundam com os estudos de rendimento agrícola. Já na primeira metade do século 19, o químico alemão Liebig formulou a chamada “Lei do Mínimo”, a qual relata que o rendimento de uma cultura é limitado pela ausência de qualquer um dos nutrientes essenciais, mesmo que todos os demais estejam disponíveis em quantidades adequadas. Na primeira década do século 20, Mitscherlich desenvolveu a Lei dos Incrementos Decrescentes, a qual demonstra que com aplicações sucessivas de quantidades iguais de nutrientes, o maior incremento de rendimento é obtido com a primeira quantidade aplicada (RAIJ, 1991).

Atualmente a análise química do solo é um dos principais componentes para a racionalização do uso de fertilizantes na atividade agrícola. As análises tentam contemplar, conforme viabilidade econômica, os macro e micro nutrientes do solo, além da determinação de combinações de elementos consideradas como determinantes no rendimento.

Em recente compilação, considerando valores de 16 anos de análise de rotina do solo e de rendimento médio de grãos das espécies cultivadas na região de abrangência da Cooperativa Agrária Mista de Guarapuava no Paraná, FONTOURA (2002) constata um aumento no rendimento. Este é atribuído pela utilização de culturas adaptadas, aperfeiçoamento das técnicas de manejo e melhoria da fertilidade do solo. O mesmo autor comenta que o sistema plantio direto, por proporcionar diminuição expressiva da erosão hídrica e melhoria da qualidade química, física e biológica do solo, foi um dos fatores de maior relevância.

Um dos maiores exemplos da química do solo agindo no rendimento das culturas é a atividade de íons de hidrogênio. Esta é expressa por escala logarítmica, é denominada de pH e expressa a acidez ou alcalinidade do solo. Os solos podem ser naturalmente ácidos, pela pobreza do material de origem desprovido de bases, ou por condições de pedogênese ou formação que favorecem a remoção de elementos químicos do solo. Além desses, o manejo tem grande influência, a erosão, a extração de bases pelas culturas, a mineralização da matéria

orgânica e a adubação nitrogenada tendem a acidificar o solo (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991 e MENGEL e KIRKBY, 1987).

O principal efeito do pH do solo é quanto à disponibilidade para as culturas de quase todos os elementos químicos da solução do solo. O pH também influencia as populações de microorganismos, responsáveis pela menor ou maior disponibilidade de alguns nutrientes; pode favorecer ligações químicas e conversões de elementos químicos, o que vem a influenciar na disponibilidade dos mesmos (MALAVOLTA, 1980 e RAIJ, 1991).

No caso específico da cultura do milho, SÁ (1993a) salienta que para altos rendimentos deve-se eliminar os fatores limitantes, como impedimento físico, níveis tóxicos de alumínio e carência em bases. PÖTTKER (2000) comenta a baixa tolerância do milho ao alumínio trocável ( $Al^{+3}$ ), principal elemento causador da acidez do solo, sendo que existe tendência significativa do aumento do rendimento do milho até o pH próximo a 6,0. A determinação do pH em água é uma das medidas mais comuns, embora os resultados sejam variáveis conforme época do ano. RAIJ (1991) relata que a determinação de pH em solução de  $CaCl_2$  é a mais utilizada.

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas, sendo o manejo adequado da adubação nitrogenada, um dos mais difíceis (MALAVOLTA, 1980 e RAIJ, 1991). Importante constituinte de moléculas, o nitrogênio é segundo BÜLL (1993) um dos nutrientes que apresentam os efeitos mais espetaculares, sendo um dos responsáveis pela divisão celular nos pontos de crescimento, o que resulta em matéria vegetal.

O solo contém nitrogênio orgânico (não disponível) (95 a 98%) e inorgânico (disponível). A transformação da forma orgânica para inorgânica é denominada de mineralização, e ocorre na medida que os microorganismos decompõem materiais orgânicos para seu suprimento de energia, com a posterior decomposição dos microorganismos, esse nitrogênio se torna disponível (MALAVOLTA, 1980 e RAIJ, 1991).

A adição de resíduos culturais, muitas vezes com elevada razão entre carbono e nitrogênio (relação C/N), realidade na semeadura sob a palha, resulta, segundo SÁ (1998), na imobilização de grande quantidade de nitrogênio em um primeiro momento. O mesmo autor relata que estudos realizados nos Campos Gerais do Paraná demonstraram que em um período que varia de 9 a 12 anos de adoção do Plantio Direto, o sistema começa a ter um balanço positivo de nitrogênio.

AMADO et al. (2002) estudando adubação nitrogenada do milho em sistema plantio direto, visando os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sugerem que a recomendação deste fertilizante deve considerar o teor de matéria orgânica do solo, a cultura antecedente e a expectativa de produtividade.

SÁ (1993b) e CERETTA (1998) relatam que atualmente o corrente é a divisão da adubação nitrogenada, com a utilização de 20 a 30% da recomendação no momento da semeadura e o restante em cobertura (estádio 2, de quatro a oito folhas, de 30 a 40 dias após semeadura). BARTZ (1998) comenta que em áreas com sistema de Plantio Direto já estabelecido, existe uma maior flexibilidade na época de aplicação de nitrogênio em cobertura, devido às vantagens inerentes ao sistema, ou seja, maior reciclagem de N, menor perda, etc.

Embora seja, dos macronutrientes primários, o menos exigido pelas culturas, o fósforo (P) é o elemento químico que mais limita a produção agrícola em climas tropicais e subtropicais. Em 90% dos solos brasileiros encontram-se teores de fósforo menores que 10 ppm, considerados baixo para fins agrícolas. O fósforo faz parte do trifosfato de adenosina (ATP), responsável pela absorção de minerais e pela formação de proteínas, além disso, o fósforo faz parte do ácido desoxirribunucleico (DNA) (MALAVOLTA, 1980).

O fósforo disponível para as culturas é aquele encontrado na solução do solo. Este pode ser repostado pelos minerais do solo, pela matéria orgânica do solo proveniente de microorganismos, insetos, resíduos de culturas e de animais, além dos fertilizantes comerciais (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991 e POTAFOS, 1998).

No plantio direto, a manutenção dos resíduos e seu acúmulo no solo provocam uma distribuição de fósforo em formas orgânicas mais ou menos estáveis, assim o P-solução vai ser alimentado pelo fósforo inorgânico lábil e pelo fósforo orgânico. No caso o não revolvimento do solo diminui a superfície de contato entre os íons fosfatos e as partículas de solo, diminuindo a fixação, também as alterações no arranchamento das partículas e a maior amplitude de manutenção do conteúdo de água favorecem o mecanismo de difusão do nutriente até a superfície das raízes (BARTZ, 1998). Desta forma o plantio direto, otimiza o uso do fósforo, tanto o originado das formas orgânicas como reduzindo a retenção do fósforo aplicado como fertilizante (BARTZ, 1998 e SÁ, 1998). Já foram observados casos com economia de 30 a 70% de fertilizante fosfatado (BARTZ, 1998).

WIETHÖLTER (2002) relata que há 40 anos atrás se pensava na necessidade da distribuição homogênea do fósforo, porém sabe-se hoje que as raízes desenvolvem-se mais onde há maior suprimento de fósforo. ELTZ et al. (1989) e SÁ (1993b) demonstraram que para o plantio direto há grande concentração de fósforo na camada mais superficial, de 0-5cm.

Para determinação da fração do fósforo disponível no solo, MUZILLI et al.(1978) relatam que existem vários extratores, porém nenhum que seja adaptado para todos os solos e culturas. Os mesmos autores citam que no Paraná utiliza-se o extrator sugerido por Mehlich, que tem apresentado bons resultados para as culturas do milho e trigo em solos de uso corrente. SÁ (1998) relata que na comparação dos métodos de extração de fósforo, geralmente o método à extração com resina de troca aniônica, apresenta melhores resultados apesar de que, em várias situações a extração por Mehlich mostra-se superior.

Outro elemento essencial nas culturas agrícolas é o potássio que segundo MALAVOLTA & CROCOMO (1982), caracteriza-se por ser o ativador de um grande número de enzimas encontradas nas células vegetais.

No caso do plantio direto, BARTZ (1998) comenta a existência de alta concentração de potássio em camadas superficiais, isto se dá por que o mesmo se encontra na forma iônica, sem participar na formação de compostos orgânicos estáveis, sendo assim o potássio pode ser extraído dos resíduos das culturas sem a necessidade de mineralização. WIETHÖLTER (2002) relata que os manejos do plantio direto impõem contínua deposição de potássio na superfície, considerando que as culturas absorvem quantidades elevadas de potássio (1 a 3%), porém, exportam pequenas quantidades nos grãos, 0,6% no caso do milho, interessante considerar que em geral as quantidades lixiviadas de potássio também são pequenas, embora seja este altamente móvel no solo.

WIELTHÖLTER (2002) relata que a aplicação de potássio na cultura do milho pode ser realizada em conjunto com a aplicação de nitrogênio em cobertura, sendo que a eficiência deste método está condicionada a solos muito deficientes ou de textura arenosa ou média. SIQUEIRA et al. (1987) recomenda a aplicação parcelada de doses de  $K_2O$  superiores a  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , isto se deve, pois tal fertilizante eleva a concentração salina, aumentando a tensão osmótica próxima da semente. ARGENTA et al. (1998) realizaram experimento de distribuição de fertilizante em sulcos com diferentes espaçamentos e em cobertura, a cultura utilizada como resposta foi o milho, os autores não encontraram diferenças estatisticamente

significativas para o rendimento de grãos, e relataram ainda que este resultado pode ser explicado pelo fato do experimento ter sido conduzido com suplementação hídrica.

É comum associar a matéria orgânica como um nutriente do solo, porém as culturas retiram todo o carbono necessário para a formação da própria matéria orgânica do gás carbônico atmosférico (POTAFOS, 1998).

As funções mais importantes da matéria orgânica são suas propriedades associadas à natureza coloidal. Através de longas cadeias orgânicas, agrega partículas minerais propiciando melhora em porosidade e friabilidade, além disso, aumenta retenção de água e é responsável em grande parte pela capacidade de troca de cátions do solo (MALAVOLTA, 1980; KIEHL, 1985 e RAIJ, 1991).

BAYER (2002) comenta que a melhora da fertilidade química do solo no plantio direto está intimamente ligada ao manejo da matéria orgânica. Segundo o mesmo autor a matéria orgânica está diretamente ligada ao aumento da capacidade de troca catiônica do solo (problema nos solos do sul do Brasil), ajuda na complexação do alumínio tóxico, diminuindo o elemento na fase trocável, bem como aumenta a disponibilidade de fósforo. TOMÉ JUNIOR (1997) ainda relata que conteúdos elevados de matéria orgânica no solo ( $>50 \text{ g dm}^{-3}$  de solo) aumentam a disponibilidade dos nutrientes enxofre e boro, permitindo também diminuir a aplicação de adubação nitrogenada.

Em completa revisão bibliográfica sobre manejo das características físicas dos solos tropicais, LAL (2000) relata que a variável matéria orgânica é chave para o rendimento das culturas, no caso do milho considera-se que 1% no conteúdo de matéria orgânica no solo equivale a  $2,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  no rendimento de grãos, considerando solos com baixo conteúdo (matéria orgânica do solo em torno de  $5 \text{ g dm}^{-3}$ ). SINGH et al. (1992) estudando um índice de condições do solo, sugerem o teor de matéria orgânica como um dos principais componentes, os autores indicam uma relação polinomial de segundo grau entre o conteúdo de matéria orgânica e o rendimento das culturas, desde que os valores de matéria orgânica do solo estejam entre 1 e 5%. Os autores sugerem ainda que acima de 5%, a matéria orgânica começa a perder em importância e que valores inferiores a 0,7 % são limitantes às culturas agrícolas.

PEIXOTO (1995) e BAYER (2002) citam trabalhos que normalmente comprovam a correlação positiva entre o conteúdo de carbono e a capacidade de troca de cátions, considerando ainda que o aumento do pH do solo melhora esta relação. Um exemplo é

comentado por SÁ (2001), que estudando a geração de zonas de manejo na região dos Campos Gerais em quatro Latossolos Vermelhos, observou que houve correlação significativa entre a CTC e o conteúdo de matéria orgânica, relatando que tal correlação se deu pela diferença entre os conteúdos de matéria orgânica na posição de topo e na posição de encosta das áreas estudadas. O autor comenta que em regiões de topo ocorre reduzido escoamento superficial, colaborando para a manutenção de resíduos culturais, permitindo a variação temporal necessária para a decomposição completa da matéria orgânica, até a forma de carbono orgânico.

A capacidade de troca de cátions é uma importante propriedade do solo, esta permite aos solos reterem diversos elementos em forma acessível para as culturas. O número total de cátions tocáveis que um solo pode reter é chamado capacidade de troca de cátions, comumente denominada de CTC. Para o estudo da CTC do solo, a determinação mais comum é a CTC a  $\text{pH}_{7,0}$ , que determina a quantidade de cátions adsorvidos quando o pH do solo é 7,0, isto é a soma dos cátions cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991). TOMÉ JUNIOR (1997) descreve CTC como o total de cargas negativas de um solo. Segundo a POTAFOS (1998) a CTC é determinada pelos colóides do solo, maior quantidade destes, maior a CTC. O mesmo autor relata que minerais de argila apresentam valores de CTC variando de 10 a 150  $\text{cmolc dm}^{-3}$ , enquanto a da matéria orgânica pode variar de 200 a 400  $\text{cmolc dm}^{-3}$ .

TOMÉ JUNIOR (1997) comenta que a CTC do solo pode ser ocupada por cátions essenciais como Ca, Mg e K, por outro lado pode ser ocupada por cátions potencialmente tóxicos como Al e H.

Associado diretamente a CTC, outro parâmetro importante para análise da fertilidade química do solo é a porcentagem da soma de bases (cálcio, magnésio, potássio e sódio) em relação a CTC, sendo esta denominada de saturação por bases (V%) (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991). COUTO et al. (1999) mostraram que as culturas podem ter respostas diferenciadas em relação a saturação por bases (V%), conforme os tipos de solos. Por exemplo, para um Latossolo Roxo (LATOSSOLO VERMELHO Férrico) a melhor resposta do milho foi para uma saturação de bases de 54%, enquanto para uma Areia Quartzosa (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO) a melhor resposta foi para 74%. Para a cultura do milho, PITTA et al. (2002) relatam que os melhores rendimentos são alcançados com V% variando

de 50 a 60%, já FANCELLI e DOURADO NETO (2000) recomendam, como adequado, o intervalo de 50 a 65%. A COMISSÃO DE FERTILIDADE DOS SOLOS (CFS)/MG (1989) e o INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS-IAC (1997) em suas classificações de análises de fertilidade de solos descrevem como teor médio um V% variando de 51 a 70%.

Classificados como macronutrientes secundários, o cálcio e o magnésio são de suma importância para as culturas. O cálcio tem funções no solo e na planta, no solo o cálcio desloca o hidrogênio (reduzindo a acidez), auxilia os microorganismos na transformação de restos de cultura em matéria orgânica, e as bactérias do tipo *Rhizobium* na fixação de nitrogênio. Na planta forma proteína, regula crescimento, forma parede celular e neutraliza ácidos na planta. Já o magnésio tem por principal função constituir a clorofila estando envolvido ativamente na fotossíntese (POTAFOS, 1998).

Muitos trabalhos relatam como importantes as razões entre os cátions cálcio, magnésio e potássio, onde a não observância destas poderia causar a indisponibilidade de um dos cátions referidos. MALAVOLTA (1980) demonstra que para um teor elevado de potássio no solo há diminuição na absorção de magnésio, e que a melhor relação cálcio/magnésio seria em torno de 3:1. SÁ (1993b) estudando solos agrícolas com altos rendimentos na região dos Campos Gerais-PR, encontrou em 85% dos casos a razão cálcio e magnésio entre 1 e 2. Para relação entre cálcio, magnésio e potássio ROSOLEN et al. (1984) concluíram que o sorgo sacarino apresentou menor rendimento para relações de Ca/K menores que 7,4.

Analisando inúmeros trabalhos referentes ao assunto razão entre cátions, TOMÉ JUNIOR (1997) relata que as culturas alcançam rendimentos elevados em uma larga faixa de variação destas relações, desde que os teores de cálcio, magnésio e potássio estejam adequados.

PÖTTKER (2000) comenta que micronutrientes são aqueles nutrientes requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, são geralmente listados em número de seis: cobre, zinco, manganês, ferro, boro e molibdênio. No entanto, a cultura do milho é essencialmente exigente em zinco e de média exigência quanto ao cobre. Em recente trabalho correlacionando, variáveis químicas e físicas do solo e o rendimento do milho e considerando variabilidade espacial dos Campos Gerais, GARBUIO (2002) relatou como variável independente de influência o conteúdo de cobre na profundidade de 200-400mm, o mesmo autor relata que é comum na região a aplicação de zinco em adubação de base.

O zinco é essencial em muitos sistemas enzimáticos. Este elemento controla a produção de importantes reguladores de crescimento. Geralmente os solos arenosos são deficientes e o zinco pode se tornar indisponível com a elevação do pH do solo (POTAFOS, 1998).

Relativo a nutrição de plantas, WIETHÖLTER (2002) comenta que em qualquer circunstância do manejo de nutrientes, o solo deve receber o potencial de exportação nos grãos ou na forragem da cultura de interesse. Para o caso do nitrogênio no milho, em sistema de plantio direto, o referido autor cita que esta reposição estaria entre 17 a 30 kg de nitrogênio por hectare para cada 1.000 kg de produção esperado.

MUZILLI et al. (1978) em publicação específica para a interpretação e recomendação de adubação para o estado do Paraná, recomendam de 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na semeadura e de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura. Já considerando o plantio direto AMADO et al. (2002) relatam que para a recomendação do nitrogênio deve-se observar o conteúdo de matéria orgânica, a cultura antecedente e expectativa de rendimento do milho.

No caso do elemento fósforo, MUZILLI et al. (1978) classificam as áreas em intervalos denominados de baixo, médio e alto conteúdo, par o caso de baixo conteúdo são recomendados para a cultura do milho de 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Conforme COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (CFS) RS/SC (1994) para a recomendação do fósforo deve-se observar a cultura, o conteúdo de argila e a expectativa de rendimento do milho. Também considerando o sistema plantio direto, WIETHÖLTER (2002) recomenda para o milho 10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para cada tonelada de rendimento pretendida para os sistemas estabilizados.

Para o elemento potássio, conforme MUZILLI et al. (1978) também classificam os solos em conteúdos, baixo, médio e alto, sendo recomendado para a cultura do milho e solos com conteúdo médio, de 30 a 45 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Já a CFS RS/SC (1994) relata ser necessário a adubação de reposição quando a área esta estabilizada no sistema plantio direto, sendo que esta seria de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. WIETHÖLTER (2002) considerando o sistema de plantio direto recomenda para o milho 7,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para cada tonelada de rendimento pretendida.

Devido a fenômenos naturais e antrópicos, segundo MARQUES JUNIOR e CORÁ (1998) a regra é uma extensiva variabilidade espacial nas propriedades do solo e na produtividade das culturas. VALENTE (1982) e LANDIM (1998) salientam que variáveis

geológicas trazem uma característica aleatória bem como características estruturantes. RUSSO e BRESLER (1981) comentam que as propriedades do solo são distribuídas no espaço conforme um arranjo estrutural.

Relatando a variabilidade de algumas propriedades físicas de três diferentes solos do estado de São Paulo, VIEIRA et al. (1992) descrevem diferentes arranjos estruturais conforme o tipo de solo.

Pensando em um índice de produtividade, SINGH et al. (1992) procuram desenvolver um índice que indicasse a qualidade do solo, chamado pelos autores de “índice de preparo do solo”. Os autores basearam o “índice de preparo do solo” em cinco variáveis do solo, densidade, resistência à penetração, índice de uniformidade de agregados, conteúdo de matéria orgânica e índice de plasticidade. Os autores comentam que quando a intenção é retratar o solo deve-se analisar parâmetros de pequena e de grande variabilidade temporal, bem como os parâmetros escolhidos devem ser de fácil mensuração no campo.

A variabilidade espacial dos solos, influência direta da formação dos mesmos, que em um primeiro momento reflete-se na textura, que é determinada pelas quantidades relativas de areia (diâmetro entre 0,05 e 2mm), silte (diâmetro entre 0,002 e 0,05mm) e argila (partículas menores que 0,002mm), tem relevância para a nutrição mineral das plantas (MALAVOLTA, 1980). Os minerais de argila têm função importante na CTC de um solo bem como na retenção de água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985). Pensando em controle de culturas espontâneas, PRADO (1991) relata que devido a maior adsorção do herbicida na partícula de argila do solo é necessária uma dose maior de herbicida para um mesmo controle quando da presença de solos com conteúdo maior de argila.

Para solos agrícolas de textura grosseira, ATHERTON et al. (1999) relatam necessidade de adição de uma quantidade maior de nitrogênio para um aumento no rendimento, os autores comentam ainda impacto negativo sobre o meio ambiente que tal recomendação pode trazer. QUEIROZ NETO (1982) estudou os solos sob vegetação de cerrado e de florestas, sem modificações antrópicas, nos dois casos existiu uma tendência de maior conteúdo de nitrogênio e carbono no solo quando da existência de um maior conteúdo de argila.

Estudando a correlação entre as propriedades físicas influenciadas pela erosão hídrica e o rendimento de trigo, MILLER et al. (1988) concluíram que apenas o conteúdo de

areia apresentou correlação significativa. Os mesmos autores relatam que este aumento do conteúdo com a diminuição da cota são características de solos erodidos por ação hídrica. ALBUQUERQUE et al. (1996) comentam que a formação do solo tem correlação direta com a espessura do horizonte A, e em locais onde a espessura deste é menor os conteúdos de argila são menores.

McCOY (1998) estudando a influência da matéria orgânica e da areia em propriedades físicas e químicas do solo, com vistas à implementação de áreas de paisagismo urbanas, misturou dois solos agrícolas com vários teores de matéria orgânica (húmus na forma de turfa) e de areia. O autor concluiu que um solo agrícola ideal seria aquele com um teor de 8% de matéria orgânica e de 65% de areia.

Correlacionando características físicas e químicas do solo com a fixação de fósforo em solos agrícolas sob vegetação de cerrado, em Goiás e Minas Gerais, Brasil, LOPES e COX (1979) observaram que a argila e a matéria orgânica foram as variáveis que apresentaram maior correlação, enquanto a cor do solo não apresentou correlação significativa.

Estudando em três anos agrícolas a correlação entre 13 variáveis químicas e físicas em diferentes unidades de relevo conforme vertentes, BRUBAKER et al. (1993) relatam que houve tendência dos conteúdos de areia, de cálcio, de magnésio, dos valores de pH e da saturação de bases diminuírem com a diminuição da cota do terreno, comportamento inverso foi observado para o conteúdo de argila, matéria orgânica e potássio. No trabalho citado, as declividades das vertentes variaram de 2 a 10%.

Outra variável, que também pode ser classificada como característica física é a profundidade agrícola do solo. QUEIROZ NETO (1982), por exemplo, determinou que a distribuição da vegetação nos cerrados é regida pela natureza do solo, pela profundidade do solo e pelo conteúdo de areia presente.

ATHERTON et al. (1999) comentam que a topografia tem influência na formação do solo e deve ser considerada na escolha do manejo, pois áreas declivosas geralmente apresentam solos com espessuras menores e possuem baixo conteúdo de matéria orgânica. Estudando uma toposequência em uma encosta de transição arenito-basalto, COELHO et al. (1994) observaram que com a diminuição da cota houve diminuição da profundidade do “solum” (soma dos horizontes A e B, ou camada de solo acima do horizonte

C), bem como diminuição no conteúdo de areia. Outro dado interessante levantado pelos autores foi que, nas cotas mais baixas o desvio padrão dos valores de conteúdo de areia em profundidade era menor.

NIZEYMANA e OLSON (1988) encontraram correlação entre a variabilidade espacial da profundidade do horizonte A e a variabilidade do conteúdo de água armazenada, este trabalho considerou a variação do horizonte A devido, principalmente, a diminuição e o aumento do mesmo pela erosão e sedimentação.

Considerando a variabilidade de parâmetros físicos e químicos do solo conforme unidades de relevo, BRUBAKER et al. (1993) observaram que as camadas mais profundas do solo tendem a apresentar uma menor variabilidade espacial que as camadas mais superficiais.

O manejo das condições físicas do solo, segundo LAL (2000), há muito têm sido negligenciado, o que acarreta prejuízos econômicos e ao meio ambiente. O mesmo autor lembra que deve ficar claro que ao contrário das características químicas, as condições físicas de um solo não podem ser modificadas através de um “saco” comercialmente disponível.

Em trabalho, objetivando definição de zonas de manejo, SÁ (2001) correlacionou variáveis químicas e físicas do solo, sugerindo como variável de controle aspectos geomorfológicos, para tal escolheu quatro áreas nas regiões dos Campos Gerais, as quais deveriam representar as formações geológicas regionais. O autor relata que uma das áreas é classificada como formação Furnas, outra com formação Ponta Grossa e duas com material de retrabalho entre as duas formações. Para a área de formação Furnas (arenito) os conteúdos médios de argila, para as camadas superficiais (0 até 200 mm) apresentaram-se em torno de  $300 \text{ g kg}^{-1}$ , para a área de formação Ponta Grossa (folhelho) os conteúdos médios apresentaram-se em torno de  $700 \text{ g kg}^{-1}$ , enquanto que para as outras áreas os valores médios para o conteúdo de argila foram em torno de  $400 \text{ g kg}^{-1}$ .

O correto manejo do solo pode acarretar ganhos quanto a fertilidade física do solo. Pesquisando culturas de inverno com vistas ao plantio direto, em Londrina-Paraná, DERPSCH et al. (1991) relatam que em três anos agrícolas de trabalhos a massa seca de aveia preta variou de  $2,11$  a  $5,51 \text{ Mg ha}^{-1}$ , com média de  $4,11 \text{ Mg ha}^{-1}$ . O autor relata que o rendimento de  $2,11 \text{ Mg ha}^{-1}$  pode ser explicado pelo acentuado déficit hídrico no ano agrícola em questão. CALEGARI (1992) comparando a produção de massa seca de aveia preta com outras culturas de adubos verdes de inverno em Salgado Filho - Paraná, relata uma produção,

média de três anos, de 5,82 Mg ha<sup>-1</sup>. MONEGAT (1991) conduzindo trabalhos comparativos de coberturas vegetais de inverno, na região de Chapecó–Santa Catarina, encontrou um rendimento médio, em quatro anos de estudo, de 8,67 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca da parte aérea de aveia preta.

Com relação ao não preparo do solo e a manutenção de palha na superfície (plantio direto), criou-se segundo GASSEN (2000), um ambiente favorável ao restabelecimento da fauna nativa nos agroecossistemas, sendo essas populações residentes e de ciclo longo. As pragas subterrâneas, segundo CRUZ (1995), são notadas através dos sintomas de danos, isto é enfraquecimento ou morte da planta pela destruição da semente e raízes, o que ocasionará problemas de população de plantas.

CRUZ (1995) comenta que pode haver ataques em locais e épocas diferentes do esperado, a lagarta do cartucho, por exemplo, ataca as espigas, especialmente em função do insucesso no seu controle, podendo sua presença ser maior do que a lagarta da espiga.

Outra importante variável nos processos produtivos agrícolas é a interferência das plantas espontâneas, FANCELLI e DOURADO NETO (2000) comentam ainda que quanto mais próximas morfológica e fisiologicamente são duas espécies, mais similares serão suas exigências e mais intensa a competição. Estes autores conceituam interferência como uma soma de problemas, sendo estes a competição, a alelopatia, problemas para a colheita mecânica, etc.. Os fatores que afetam o grau de competição são a distribuição, a composição específica e a densidade das plantas espontâneas (MELHORANÇA et al., 1997; FANCELLI e DOURADO NETO, 2000 e SANDINI, 2000). SANDINI (2000) descreve ainda que plantas espontâneas com caráter regional, isto é adaptadas, merecem atenção especial.

Quanto a alelopatia, MELHORANÇA et al. (1997) destacam três plantas com efeitos alelopáticos comprovados junto a cultura do milho, sendo estas o capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) e o capim-rabo-de-raposa (*Setaria vulpiseta*).

### 3.4 - Interação das variáveis independentes e dependentes do processo produtivo

Transformar o conhecimento empiricamente acumulado em parâmetros técnicos mensuráveis para a tomada de decisão, bem como determinar metodologias simplificadas que

permitam estabelecer ligações entre as diversas variáveis de entrada e saída (“input” e “output”) do sistema produtivo, são os grandes desafios. Um exemplo é a agricultura de precisão, tratamento diferenciado de parcelas dentro de uma mesma lavoura, conforme MOLIN (1997) há muito é praticada por pequenos produtores, mas de maneira empírica e com baixa tecnologia. Porém com a implementação do sistema GPS (“Global Positioning System” – Sistema Global de Posicionamento) que permite a localização de pontos ao redor da terra em tempo real, com grande acurácia e precisão, a agricultura de precisão passou a despertar interesse em produtores de alta tecnologia em todo o mundo. Outra ferramenta que veio a corroborar com a agricultura de precisão foi o avanço nos programas computacionais do tipo SIGs (Sistemas de Informações Georreferenciados), utilizados conforme SOUZA et al. (1999), para armazenar, tratar, avaliar e visualizar espacialmente as informações coletadas no campo.

Em um primeiro momento, a agricultura de precisão passou a ser identificada por mapas de rendimento de grãos obtidos por colhedoras autopropelidas providas de sensores específicos. Um segundo estágio foi correlacionar, pura e simplesmente, a variabilidade de rendimento com fatores somente de fertilidade química do solo.

Cruzando variáveis de química e física do solo com rendimento, DRUMMOND et al. (1995), não obtiveram coeficientes de determinação aceitáveis. Neste mesmo estudo concluiu-se que a única variável que teve correlação direta foi à condição climática. Heiniger e Brake (1980) citados por MOLIN (1997), encontraram tendência de correlação entre pH e a produtividade de trigo (*Triticum aestivum*). VERHAGEN et al. (1995), em uma mesma linha de raciocínio, comentam que os fatores de relação direta na produtividade agrícola são as condições climáticas e o tipo de solo, sendo o primeiro representado principalmente pelo índice pluviométrico. Também trabalhando com variabilidade espacial do rendimento de grãos de trigo e variáveis do solo, MILLER et al. (1988) demonstraram forte relação entre a profundidade do solo e o rendimento do trigo.

Uma primeira aproximação para modelos de rendimento de culturas seria a classificação de terras, que conforme LEPSCH et al. (1983) facilitaria aos interessados em agropecuária, a tomada de decisões. SADLER et al. (1998) estudaram o mapa de classificação do solo (escala 1:1200) e o rendimento do milho em cinco anos agrícolas e observaram correlação estatisticamente significativa, embora os coeficientes de determinação variaram de

0,16 a 0,63. Neste segundo trabalho os autores encontraram rendimentos médios que variaram de 1,87 a 7,31 Mg ha<sup>-1</sup>.

MULA e SHEPRS (1997) classificam a disponibilidade de água, profundidade de “solum”, disponibilidade de nutrientes, textura, matéria orgânica e pH como as características mais importantes para produção agrícola, estas segundo MARQUES JUNIOR e CORÁ (1998), mesmo que indiretamente estão contempladas no levantamento de solos. YULE et al. (1996) comentam que a classificação não contempla características físicas e químicas nas variações necessárias para agricultura de precisão.

Conforme PARKIN (1993) existem na escala de campo, três fatores primários de responsabilidade para o rendimento das culturas agrícolas, que seriam o tipo de solo, a superfície topográfica e a distribuição de água.

OYEDELE e AINA (1998) levantaram vários fatores de solo que segundo os autores teriam correlação com a erosão. Os autores dimensionaram doze variáveis químicas e físicas do solo em três graus diferentes de degradação, em dois anos, dos três anos estudados, observou-se algum tipo de correlação entre as diferentes áreas e o rendimento vegetal, em um ano a cultura de resposta foi o milho e outro a área foi explorada com pastagem. Os autores não obtiveram correlação significativa entre as variáveis de solo e o grau de erosão da área estudada.

Trabalhando com a cultura do arroz (*Oriza sativa*), TRANGMAR et al. (1987) demonstraram várias correlações entre respostas fitotécnicas e variáveis químicas, onde inicialmente dividiram a área de estudo em locais com perdas de horizonte A e locais com sedimentação de horizonte A, devido a processos erosivos. O estudo da fertilidade química contemplou 13 variáveis. Também preocupado com os processos erosivos, LANGDALE e SHRADER (1997) observaram que houve diminuição de até 42% no rendimento do milho, em casos onde a profundidade do solo variou de 400 para 250 mm. A variação descrita na profundidade do solo, segundo os autores, ocorreu devido a problemas de erosão hídrica.

STEIN et al. (1997), TIMLIN et al. (1998) e YANG et al. (1998) além de correlacionarem variáveis químicas e físicas do solo com o rendimento de culturas, obtiveram bons resultados quando consideraram alguma forma de representar a topografia do terreno, por exemplo: elevação do terreno, profundidade de “solum”, declividade, posição em relação à radiação solar, etc.

STEIN et al. (1997) realizaram ainda um estudo comparativo visual entre as representações gráficas geradas para o trabalho anteriormente citado, encontraram correlação entre a declividade do terreno e o rendimento do milheto.

Analisando variabilidade espacial de uma área 30 hectares, com formato de anfiteatro, BOYER et al. (1996) analisaram a correlação entre parâmetros do solo e a produção de biomassa de pastagens em cinco transeções, sendo quatro em diferentes vertentes e uma em nível. A análise de correlação não conseguiu explicar o fenômeno de produção de pastagens, enquanto a análise por semivariogramas cruzados mostrou correlação entre a biomassa de pastagens e as variáveis independentes pH do solo, conteúdo de alumínio e conteúdo de fósforo.

Estudando a cultura do milho, NDIAYE e YOST (1989) observaram que houve decréscimo no rendimento da cultura conforme variabilidade do potássio no solo, sendo esta representada pelo índice de resposta de variabilidade, que considera o desvio espacial em relação à média. BORGES e MALLARINO (1997) obtiveram boas correlações de potássio e fósforo no solo com conteúdo foliar, o que não reverteu necessariamente em rendimento da cultura.

BAKSH et al. (2000b) correlacionaram variáveis do solo e topográficas com rendimentos de milho e soja, em três áreas diferentes por quatro anos seguidos. Das três glebas estudadas, uma não apresentou nenhuma correlação entre as variáveis testadas. Um estudo apresentou correlação entre o rendimento do milho e alguma das variáveis que representavam a textura em todos os anos estudados. Em um terceiro local a análise de regressão onde o rendimento do milho era a variável dependente e as variáveis independentes teor de areia e teor de argila, apresentou o melhor coeficiente de determinação.

Estudando a correlação entre o rendimento da cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.)) variáveis do solo em diferentes profundidades, cota e declividade de uma área de um hectare em dois anos agrícolas distintos, STEIN et al. (1997) obtiveram análises significativas, porém com coeficientes de determinação baixos, entre as variáveis, conteúdo de carbono, soma bases e o rendimento do milheto nas duas safras estudadas. Os mesmos autores realizaram ainda análise de regressão linear. Neste caso resultaram como variáveis independentes importantes para um dos anos agrícolas; o nitrogênio total e soma de bases na

profundidade 0-200 mm, no outro ano agrícola nenhuma das variáveis dimensionadas na camada de 0-200 mm se mostrou influente no rendimento do milheto.

OYEDELE e AINA (1998) através de análises de regressão linear múltipla, concluíram que na camada superficial as propriedades físicas foram as mais importantes para a explicação do fenômeno rendimento de massa vegetal, enquanto na camada subsuperficial as propriedades químicas foram as que se mostraram mais importantes.

SWAN et al. (1987) descrevem a correlação, através de regressão linear simples, entre as espessuras dos horizontes do solo e o rendimento do milho, essas foram estatisticamente significativas em anos com problemas de déficit hídrico, principalmente na correlação quantidade pluviométrica e fase da cultura.

Em trabalhos realizados no sul do Brasil, FIORIN et al. (1997) compararam o rendimento da cultura do milho em duas profundidades diferentes de horizonte A, demonstraram que houve diferença estatisticamente significativa, sendo o solo considerado profundo o que proporcionou um maior rendimento. ALBUQUERQUE et al. (1996) encontraram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,37 para uma análise de regressão linear simples, tendo como variável independente a espessura do horizonte A e dependente a variável rendimento do milho, sendo que os autores concluíram que para cada centímetro de variação da profundidade do horizonte A o rendimento teria uma variação de 42,9 kg ha<sup>-1</sup>.

OYEDELE e AINA (1998) estudando milho, em um solo nigeriano, relatam que o rendimento foi influenciado pela topografia que era influenciada pela erosão. JONES et al. (1989) identificaram correlação entre a topografia do terreno e o rendimento de algumas culturas, em um dos dois anos estudados, diferenças no rendimento do milho, dois em cinco estudados no rendimento do sorgo e cinco em cinco estudados no rendimento da soja.

Visando obter um índice de condições do solo e sua conseqüente correlação com o rendimento das culturas, SINGH et al. (1992) sugeriram que o índice de plasticidade deveria compor o modelo, segundo os autores este pode mostrar subdivisões da textura não claras nas classes já adotadas.

Identificando parâmetros químicos e físicos do solo de influência no rendimento do milho, GARBUIO (2002) através de análise de regressão linear múltipla, classificou o conteúdo de argila na profundidade de 0-200mm como uma das variáveis independentes mais importante.

Devido a sua importância, direta e indireta, HERRERA (2003) verificou em três lavouras, na região dos Campos Gerais a possibilidade de demarcação de zonas de manejo diferenciadas conforme intervalos de conteúdo de argila. Nas duas áreas de maior amplitude dos valores de conteúdo de argila (78,2 a 519,2 g kg<sup>-1</sup> e 169,5 a 517,4 g kg<sup>-1</sup>) houve correlação entre o rendimento da cultura do milho e o conteúdo de argila. As lavouras relatadas já apresentavam uma série temporal de mapas de rendimento com algum tipo de tendência.

Estudando o comportamento do trigo com elevação, declividade e posição geomorfológica do terreno, em cinco áreas agrícolas, em três estados norte americanos, YANG et al. (1998) observaram diferenças significativas no rendimento quando da variação da elevação em quatro das cinco áreas. Segundo os autores a área que não apresentou correlação, a amplitude da elevação era de 290 mm, a menor de todas as áreas estudadas.

Utilizando fotografias áreas de alta resolução, que permitiam a identificação de doze comprimentos de bandas diferentes, SENAY et al. (1998) conseguiram estabelecer correlação, através de regressão linear, entre diferentes classes de rendimento do milho e alguns comprimentos de bandas observados. Os autores estabeleceram correlações entre as mesmas classes estabelecidas de rendimento e as cotas determinadas por um modelo numérico do terreno. No segundo caso o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) chegou a 0,92.

Analisando as principais variáveis químicas do solo, bem como diferentes métodos laboratoriais de determinação das mesmas e sua ligação com o rendimento da cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.)), STEIN et al. (1997) concluíram que somente 30% do rendimento do milheto foram explicados pelas variáveis levantadas.

Em análise específica do sistema plantio direto, observa-se que a adoção do mesmo acarreta melhoras significativas nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, porém com relação ao não preparo do solo e a manutenção de palha na superfície, GASSEN (2000) relata que criou-se um ambiente favorável ao restabelecimento da fauna nativa nos agroecossistemas, sendo muitas vezes essas populações residentes, de ciclo longo e consideradas pragas para as culturas comerciais.

Quanto ao milho GASSEN (2000) cita como principais pragas de solo os corós do Sul do Brasil (*Diloboderus abedeus* e *Phyllophaga* spp.), larva-aramé (*Conoderus* spp.), gorgulho-do-solo (*Pantomorus* spp.), larva angorá (*Astylus variegatus*), broca do azevém

(*Listronotus bonariensis*), grilos (*Gryllus assimilis* e *Anuro gryllus* spp.), lagartas (*Agrotis*, *Pseudaletia*, *Peridroma* e *Spodoptera*), lesmas e caracóis.

A cultura do milho sofre ataque de pragas desde a semente até próximo a colheita, no caso da parte aérea, CRUZ (2000) destaca inicialmente aquelas que atacam as plântulas; lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignasellus*), lagarta-rosca (*Agrotis ypsilon*), tripes (*Frankliniella williamsi*), cigarrinha das pastagens (*Deois flauopicta*), percevejos (*Nezara viridula* e *Dichelops furcatus*) e a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e com a cultura já em estágio vegetativo a lagarta da espiga (*Helicoverpa zea*). SENA JUNIOR et al. (2001) consideram a lagarta-do-cartucho como a praga mais importante na cultura do milho em lavouras brasileiras, os referidos autores sugeriram um algoritmo para quantificação de plantas de milho atacadas pela mesma, utilizando imagens digitais.

Também preocupados com o rendimento final da cultura do milho, MELHORANÇA et al. (1997) citam a interferência das culturas espontâneas no desenvolvimento do milho. Estes autores conceituam interferência como uma soma de problemas, sendo estes a competição, a alelopatia, problemas para a colheita mecânica, etc.. FANCELLI e DOURADO NETO (2000) relatam que devido a competição estabelecida com as plantas espontâneas a redução do rendimento da cultura do milho pode ser acentuada. Os fatores que afetam o grau de competição são a distribuição, a composição específica e a densidade das plantas espontâneas (MELHORANÇA et al., 1997; FANCELLI e DOURADO NETO, 2000 e SANDINI, 2000).

Quanto a alelopatia, MELHORANÇA et al. (1997) destacam três plantas com efeitos alelopáticos comprovados junto a cultura do milho, sendo estas o capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) e o capim-rabo-de-raposa (*Setaria vulpiseta*).

SILVA (1997) tratando do mesmo assunto descreve que a cultura do milho, em condições corretas de controle das plantas espontâneas por herbicidas, mesmo com a presença de algumas plantas espontâneas alcançam altos rendimentos, igualando ao milho mantido no em todos os estádios no limpo (sem a presença de plantas espontâneas).

Para o controle das plantas espontâneas, SILVA (1997) descreve que em áreas comerciais de milho este se dá com o uso de herbicidas. Três condições temporais são normalmente utilizadas como base para as fórmulas disponíveis, controle em pré plantio, em

pré emergência e pós emergência. O primeiro caso é típico do sistema plantio direto, onde os produtores empregam a dessecação da cultura de cobertura juntamente com o controle de plantas espontâneas que iriam interferir na cultura de interesse econômico.

Para o controle das plantas espontâneas, FANCELLI e DOURADO NETO (2000) comentam que se deve considerar os estádios fenológicos da cultura e não como comumente é realizado observando uma escala temporal em relação a semeadura. Os mesmos autores relatam que a partir da emissão da terceira folha pela plântula de milho ocorre a exaustão das reservas contidas nas sementes; inicia-se a ramificação das raízes e, por conseguinte a absorção efetiva de nutrientes e água. A partir da emissão da quarta folha começa a diferenciação floral, determinando o potencial produtivo da planta. Os autores descrevem que qualquer tipo de interferência a partir da quinta folha irá diminuir o rendimento da cultura do milho. ZAGONEL (1998), em experimento na região de Ponta Grossa, avaliou o rendimento da cultura do milho em função da época de início de controle das plantas espontâneas, observou uma redução de 42% no rendimento quando o controle foi realizado 31 dias após emergência em relação ao controle realizado na pré-emergência.

ROBERTS (1998) comenta que depois de alguns anos de estudo, gerou mapas de variabilidade espacial de vários parâmetros, dentro de uma mesma área, sendo estes representativos de física do solo, de química do solo, de mato competição, de problemas fitopatológicos, etc.. O autor relata que a posse destes mapas permite a tomada de decisão quanto à utilização de técnicas de manejo localizado.

Como fator agregado, porém com discussões quanto ao melhor tratamento, a variabilidade espacial dos parâmetros de provável influência no rendimento das culturas agrícolas aparece como complicador. A caracterização de variabilidade espacial tem como objetivos quantificar o processo em estudo bem como identificar a direção de ação da variável. PARKIN (1993) relata que a caracterização de variabilidade deve responder a três questões: qual a dimensão da variabilidade? Qual a causa da variabilidade? E como se deve proceder com a variabilidade?

### 3.6 - Análise da interação entre variáveis independentes e dependentes do processo produtivo

A análise de um conjunto de dados para estudo conclusivo é importante no caso agrícola, conforme MARQUES JUNIOR e CORÁ (1998) fenômenos naturais e antrópicos nem sempre são quantificados satisfatoriamente através de análises laboratoriais, estas são isotrópicas e homogêneas, enquanto as condições de campo são anisotrópicas e não homogêneas.

Caracterizar parâmetros responsáveis pelo sucesso da produção é importante para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável. ADDISCOTT (1993) comenta que a utilização de modelos de rendimento das culturas seria o ideal. VAN UFFEVEN et al. (1997) salientam que o pouco uso da simulação se dá pela falta de conhecimento, onde trabalhos com variabilidade espacial dos fatores de influência quanto ao rendimento das culturas se fazem necessários. Para FUCKS (1998) a caracterização de parâmetros deve ser colocada a disposição do usuário na forma de mapas, sendo que estes devem ter um mínimo de confiabilidade. Com vistas à disponibilidade de informação, LANDIM (1998) cita que raramente o conjunto total de informações acha-se disponível.

OYEDELE e AINA (1998) salientam que para escolha das variáveis que devem ser levantadas visando a explicação do fenômeno rendimento, deve ser considerada a facilidade de mensuração da variável, respeitando a realidade da agricultura do país em estudo.

Em análise quanto a procedimentos para amostragem, visando a agricultura de precisão, WOLLENHAUPT e WOLKOWSKI (1994) relatam três procedimentos, o aleatório, o de forma regular e um terceiro que combina os anteriores, de melhor resultado segundo os autores. REICHARDT et al. (1986) comentam que a amostragem de acordo com um plano espacial determinado é interessante em relação ao aleatório por manter constante a intensidade de amostragem em toda a área. SADLER et al. (1998) realizaram trabalho de acompanhamento de variabilidade de rendimento com várias culturas em dez anos agrícolas e concluíram que para aquisição de dados no campo existe uma correlação quadrática negativa entre resolução e custos.

De posse de cada amostra obtida, segundo FUCKS (1998), deve estender-se o conjunto de valores a pontos não observados, através de algum procedimento de previsão. Conforme BURROUGH (1986) este procedimento é denominado de interpolação.

Dentre os métodos de interpolação, o mais referenciado atualmente é um modelo derivado da Geoestatística, denominado de Krigagem. Para LANDIM (1998) e FUCKS (1998) é um método interessante quando do estudo de variáveis regionalizadas do tipo geológicas ou com existência dependente de fenômenos geológicos. VALENTE (1982) cita como requisito do método a estacionaridade dos dados.

O método da Krigagem é dividido em duas partes principais, o semivariograma e a krigagem propriamente dita. VALENTE (1982) e BURROUGH (1986) conceituam semivariograma como a função que estrutura a variável de interesse, fornecendo o componente estrutural da variável no espaço, e o componente aleatório, bem como erro residual, valores estes que deverão ser utilizados pelo estimador.

Inúmeros autores têm utilizado o semivariograma para confirmar a variabilidade espacial, principalmente de atributos do solo, CAMBARDELLA et al. (1987), VIEIRA (1997), SOUZA et al. (1997), SALVIANO et al. (1998), SOUZA et al. (1998) e OLIVEIRA et al. (1999) são exemplos.

Poucos trabalhos relatam outras características através de estudo geoestatístico, BAKHSH et al. (2000) em área experimental de 25 hectares, onde foram identificadas quatro classes de solos, com área amostral para o rendimento do milho de 40 m<sup>2</sup>, determinou, através de estudo geoestatístico por semivariograma, uma distância de abrangência da amostra que variou de 39 a 43 m. FARIAS et al. (2001) estudando a distribuição espacial da lagarta-do-cartucho em milho, relatam que esta aparece ao acaso, e que a observação de uma planta não é um bom indicativo do dano causado por esta praga, os autores recomendam a observação de dez plantas vizinhas.

Comparando métodos de interpolação, Van Kuilembreg et al. (1982) citados por BURROUGH (1986), estudaram conteúdo de água no solo comparando krigagem e o inverso da potência da distância, onde não observaram diferenças. WEIRICH NETO et al. (2000) obtiveram resultados semelhantes, para variável teor de areia, entre krigagem, mínima curvatura, triangulação e base radial, sendo o método da krigagem o mais trabalhoso. SCHIMANDEIRO & WEIRICH NETO (2001) testaram vários modelos de interpolação considerando para o estudo geoestatístico, os padrões oferecidos pelo programa computacional utilizado, este estudo foi realizado pelas inúmeras escolhas que o pesquisador tem que realizar no decorrer da interpolação geoestatística, sendo estas uma fonte de erro.

JOHANN et al.(2001) comentam sobre um certo grau de subjetividade da modelagem geoestatística, o que concordam Van Kuilemberg et al. (1982) citados por BURROUGH (1986).

Procurando correlacionar produtividade e resistência a penetração, MATA et al. (1999) utilizaram o semivariograma cruzado, que pode mostrar se a variabilidade de uma variável é acompanhada pela variabilidade de outra variável.

O estimador mais utilizado para a semivariância é o estimador de Matheron, segundo RIBEIRO JUNIOR (1995), este apresenta bons resultados quando as observações tendem a apresentar distribuição normal, sendo muito influenciado por observações discrepantes (outliers). Neste caso é necessário um estimador robusto. SILVA (2000) utilizou o estimador de Cressie & Hawkins em variáveis químicas e produtividade de soja, alcançando resultados adequados sem a necessidade de transformação ou eliminação sumária de dados. HAMLETT et al. (1986) demonstraram preocupação com utilização do tipo de semivariograma, conforme o formato dos dados.

MALLARINO (1996) pensando em variabilidade espacial como indicador para amostragem de solo, utilizou análise de Fourier, onde conseguiu identificar um modelo periódico perpendicular a linha de semeadura.

Analizando variabilidade espacial de propriedades hidráulicas do solo, RUSSO e BRESLER (1981) utilizaram autocorrelogramas e integral da função autocorrelograma, o que determinou valores macro e micro de dependência espacial. TIMLIN et al. (1998) também analisaram a variabilidade espacial por autocorrelogramas, transformando esta do domínio do espaço para o domínio de frequência.

Trabalhando com a cultura de milho, STEIN et al. (1997) utilizaram semivariogramas cruzados, regressão múltipla e coeficientes de correlação para estabelecer a influência de algumas variáveis no rendimento da cultura, sendo que as análises chegaram a respostas diferenciadas. No caso da construção de mapas, os valores foram delimitados conforme interesse regional. WENDROTH et al. (1992) conseguiram bons resultados utilizando regressão multivariada, segundo os autores este tipo de estudo, ao contrário da krigagem e co-krigagem, não necessita da estacionaridade.

YANG et al. (1998) chegaram a boas correlações entre declividade do terreno e o rendimento do trigo quando dividiram cada variável de interesse em três níveis, utilizaram

para estudo de variabilidade espacial gráfica a interpolação pelo método da triangulação. STEIN et al. (1997) realizaram análise semiquantitativa para a resistência a penetração, onde atribuíram valores de um a cinco.

TRANGMAR et al. (1987) dividiram o estudo em duas partes, primeiro através de uma análise de variância chegaram a grupos de variáveis com valores diferenciados, depois realizaram análise de regressão.

Citando erros acumulativos na interpolação digital e na modelagem geoestatística quando do estudo de um grande número de variáveis, JOHANN et al. (2000) realizaram com sucesso modelagem por regressão múltipla após uma análise de componentes principais.

Depois de muitas análises dos mais diversos tipos, tentando-se correlacionar variáveis de provável influência no rendimento das culturas, novas metodologias surgem. SANTOS et al. (2003) comentam que a temática agricultura de precisão tem sido muito discutida, com aumento na geração da informação básica, sendo o desafio atual o delineamento e análise de sub-áreas de atuação, definidas como “zonas de manejo”, no que concordam OLIVEIRA et al. (1999).

FRANÇA et al. (2001) conceitua zona de manejo como a estratificação da área cultivada em sub-áreas tão homogêneas quanto possíveis. Para definição das mesmas, OLIVEIRA et al. (1999) citam como métodos o algoritmo “fuzzy k-means”, a redução da variância e a análise de componentes principais. SÁ (2001) utilizou a técnica “fuzzy k-means” para geração de zonas de manejo de fertilidade dos solos na região dos Campos Gerais, o autor relata ainda que a grande variabilidade encontrada nestas áreas possibilita a utilização da aplicação localizada de fertilizantes.

SANTOS et al. (2003) utilizaram modelamento “fuzzy k-means” em lavoura de milho, identificaram duas e três zonas diferentes conforme variação temporal. A análise discriminante evidenciou, das onze variáveis estudadas, a argila, silte e areia grossa como as mais importantes na separação das classes. OLIVEIRA et al. (1999) utilizaram análise de componentes principais em nove variáveis químicas do solo, condutividade elétrica e altitude. No referido estudo as variáveis, saturação de alumínio e condutividade elétrica não se mostraram importantes. FRANÇA et al. (2001) chegaram a número e localização de zonas de manejo diferentes conforme métodos de análise e variável utilizada.

Descrevendo a construção de modelos de regressão, WERKEMA e AGUIAR (1996) comentam que esta é uma ferramenta que visa sumarizar um conjunto de dados. CHARNET et al. (1999) comentam que o modelo de regressão linear múltipla descreve uma variável de interesse Y como uma soma de parte determinística e parte aleatória, sendo a parte determinística função de inúmeras variáveis regressoras. OPAZO (2002) começa sua definição de análise de regressão descrevendo a palavra modelo, onde esta seria um conjunto de hipóteses sugeridas como influentes sobre o comportamento de um fenômeno. Sendo que a análise de regressão poderia ter como objetivo a descrição, predição, controle e estimação do referido fenômeno.

Também conceituando análise de regressão, HAIR JUNIOR et al. (1998) descrevem esta como uma técnica de análise multivariada que vem sendo cada vez mais valorizada devido a evolução das técnicas computacionais. Os mesmos autores relatam que até mesmo os fenômenos mais simples do cotidiano apresentam inúmeras variáveis envolvidas e a análise de regressão pode, se empregada de maneira correta, esclarecer fatos que até hoje eram desconhecidos.

Estudando variáveis do solo correlacionadas com o grau de erosão, OYEDELE e AINA (1998) realizaram análise de correlação, análise multivariada e análise geoestatística. Com os fatores identificados pela análise multivariada, os autores realizaram análise de regressão linear múltipla.

Quando da análise de um fenômeno PEREIRA (2001) comenta da existência de três tipos de variáveis, a variável independente, a qual presume-se que de alguma forma possa interferir no fenômeno, a variável dependente, a qual representa de maneira qualitativa o fenômeno e a variável de controle, aquela cuja interferência muda a relação entre as variáveis dependente e independente.

Para que o estudo de regressão linear seja interessante, HAIR JUNIOR et al. (1998) comentam que o conjunto de dados deve possuir 20 observações ou mais para cada variável independente assumida, relatam ainda que o número mínimo seria cinco observações.

Para a aplicação da análise de regressão alguns cuidados devem ser tomados, talvez o mais importante é a análise preliminar dos valores adquiridos, onde a existência da normalidade, homocedasticidade, e da não colinearidade devem ser observadas

(WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998; GONZÁLES, 2000 e OPAZO, 2002).

HAIR JUNIOR et al. (1998) salientam ainda como importante o comportamento linear das variáveis, o que pode ser verificado através de gráficos entre as variáveis independentes versus a dependente. WERKEMA e AGUIAR (1996) e OPAZO (2002) descrevem que deve observar-se no estudo preliminar das variáveis a correlação serial no gráfico de resíduos, a qual pode demonstrar a correlação entre os erros. Os mesmos autores relatam que na presença de correlação serial, os estimadores baseados nos mínimos quadrados da diferença da média não são eficientes.

Sempre que a análise estatística envolver testes de hipóteses e construção de intervalos de confiança, a violação da suposição de normalidade, segundo OPAZO (2002) e HAIR JUNIOR et al. (1998), acarretará problemas. WERKEMA e AGUIAR (1996) relatam que quando a variável estudada apresenta pequenos desvios quanto ao comportamento de normalidade o modelo gerado não será muito afetado, no entanto sérios desvios da condição de normalidade exercem grande efeito sobre as estatísticas t e F e conseqüentemente sobre os testes de hipóteses e intervalos de confiança e de predição.

Segundo HAIR JUNIOR et al. (1998) e OPAZO (2000) existem vários métodos para investigar a normalidade das variáveis, desde a utilização de papéis especiais para análise dos resíduos até testes computacionais. Entre estes se destaca o teste proposto por Shapiro e Wilkes, por ser um dos mais completos e o teste de Kolmogorov e Smirnov por ser simples e de fácil entendimento. WERKEMA e AGUIAR (1996) comentam que a validade da suposição da normalidade pode ser verificada por meio de gráfico de probabilidade para os resíduos, sendo esta a visualização da aproximação dos pontos por uma linha reta. Os autores relatam ser este método subjetivo, sendo necessário para uma correta avaliação da normalidade o estudo do coeficiente de correlação linear.

MENK e NAGAI (1983) mostram-se preocupados com a aplicação de métodos estatísticos sem a devida atenção para os fundamentos e limitações relatam ainda, que é freqüente dados amostrados de características do solo com distribuição não normal. As distribuições comumente encontradas são as do tipo Poison, log-normal e a binomial, para as quais as transformações por raiz quadrada, aplicação de logaritmo e arco seno, respectivamente, são as mais aconselhadas. Os autores relatam ainda transformações

complexas, denominadas translação da densidade de frequência, onde são criadas funções para a variável de interesse. No trabalho discutido os autores apresentam o último método, normalizando valores da variável saturação por bases (V%). Em trabalho didático, SAMOHYL (2001) também apresenta uma transformação complexa, denominada de Box-Cox, onde a função gerada é uma composição da razão de um exponencial da variável original pelo próprio valor utilizado como exponencial.

Também discutindo a necessidade de normalidade da distribuição dos valores encontrados, WERKEMA e AGUIAR (1996) e HAIR JUNIOR et al. (1998) relatam que se deve submeter os valores da variável de interesse à transformação logarítmica, a transformação por raiz quadrada e a transformação pelo inverso do valor; sendo estes os processos mais comuns. Após a transformação uma nova variável é gerada, sendo necessário nova verificação quanto a normalidade (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998).

BAKSH et al. (2000b) correlacionando atributos do solo e rendimento de milho e soja, normalizou os valores de rendimento através da diferença em relação à mediana e razão da variabilidade, neste caso representada pela distância entre quartis. Os autores utilizaram as referidas medidas de dispersão, alegando que os dados de rendimento apresentavam problemas com valores discrepantes.

Analisando a variabilidade espacial de resíduos de nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) em várias profundidades, em solos sob sistema convencional e sob plantio direto, MOHANTY e KANWAR (1994) relatam a preocupação quanto à análise exploratória dos dados, onde segundo os autores o principal problema, tanto para análise estatística tradicional como para geoestatística, é a presença de valores discrepantes. Os autores relatam ainda que devem ser observados o comportamento de tendência e a normalidade dos dados.

A existência da colinearidade, representada pela correlação, entre variáveis independentes em uma análise de regressão múltipla reduz o poder de predição das variáveis. Quanto maior a associação entre as variáveis independentes, menor o poder individual de predição destas (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998 e OPAZO, 2002).

HAIR JUNIOR et al. (1998) apresentam um exemplo de regressão linear múltipla, onde duas variáveis independentes apresentam coeficiente de determinação elevado ( $R^2=0,91$ ),

quando da observação dos valores destas variáveis individualmente com a variável dependente, fica visível a tendência de aumento dos valores da dependente com aumento dos valores das independentes porém, a análise de regressão, devido ao problema da colinearidade, demonstra através de um sinal multiplicador negativo um comportamento contrário ao real.

Verificando a correlação entre o rendimento vegetal e doze variáveis químicas e físicas do solo, em diferentes profundidades, OYDELE e AINA (1998) verificaram a colinearidade das variáveis independentes antes da análise, e comentaram que este tipo de problema pode ser interessante, pois, possibilita a escolha de variáveis menos complexas para o dimensionamento.

Segundo HAIR JUNIOR et al. (1998) existem duas formas de identificar a colinearidade entre duas variáveis independentes, uma é observar o coeficiente de correlação entre as duas e outra é através de um fator de inflação de variância. O método mais utilizado é a escolha de um coeficiente de correlação ( $r$ ) para corte, isto é quando duas variáveis independentes apresentam coeficiente de correlação maior que o estipulado, assume-se a existência da colinearidade entre estas (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998; GONZÁLES, 2000; OPAZO, 2002 e ABBAD e TORRES, 2002).

Identificando a colinearidade entre variáveis sugeridas inicialmente como explicativas é necessário algum tipo de tratamento deste comportamento. Existem três tipos de procedimentos mais comuns; o aumento do tamanho de amostras, a exclusão de variáveis e a substituição das variáveis por uma combinação das colineares (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998; GONZÁLES, 2000 e OPAZO, 2002).

Os procedimentos sugeridos possuem vantagens e desvantagens. O aumento do número de amostras pode ser impossível devido a motivos econômicos ou a restrições físicas (WERKEMA & AGUIAR, 1996) ou ainda por erro de planejamento (OPAZO, 2000). A remoção ou exclusão de variáveis colineares pode acarretar perda de informação contida nas variáveis que serão eliminadas (WERKEMA & AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998; GONZÁLES, 2000 e OPAZO, 2002). Já o uso das combinações entre variáveis colineares gerando uma terceira variável pode levar a novos problemas, tais como a heterocedasticidade ou correlação serial (OPAZO, 2002).

Outro requisito básico para o correto uso da técnica da regressão linear múltipla é a suposição da mesma variância para todos os erros. A observação da homogeneidade da

variância, também denominada de homocedasticidade, é fundamental para justificar a escolha da função dos erros a ser minimizada (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998; OPAZO, 2002 e ABBAD e TORRES, 2002). O diagnóstico da homocedasticidade pode ser realizado visualmente através de análise gráfica dos resíduos, dispersões do tipo triângulo ou diamante caracterizam variâncias heterogêneas e conseqüentemente a heterocedasticidade (HAIR JUNIOR et al., 1998). Algumas análises estatísticas são disponíveis nos pacotes computacionais, HAIR JUNIOR et al. (1998) comentam que o teste estatístico mais comum nos programas computacionais é o denominado Levene; OPAZO (2000) descreve um método sugerido por Quandt e Goldfer. CUNHA et al. (2001) relatam sua preocupação quanto à análise estatística de um grupo de experimentos, o que é muito comum na área agrícola; para este tipo de análise se faz necessário a homogeneidade de variâncias, o que pode ser verificado pelo teste de Bartlett, o qual segundo Box (1953), citado pelos autores, é sensível à falta de normalidade dos dados.

ABBAD e TORRES (2002) relatam que a execução da análise de regressão com dados com problemas de variâncias não homogêneas acarretam a diminuição de graus de liberdade enquanto, a não normalidade dos valores originais das variáveis independentes afeta a robustez da análise e conseqüentemente todos os parâmetros da equação gerada. Um dos problemas para a falta de homogeneidade das variâncias é a não normalidade dos valores das variáveis estudadas.

Outros problemas podem interferir na análise de regressão, um exemplo é a ocorrência de valores discrepantes no conjunto de valores das variáveis, para este caso e para os outros casos comentados, os quais sempre contam com uma parcela subjetiva na decisão de escolha de utilização ou não da variável na análise, HAIR JUNIOR et al. (1998) recomendam um estudo dos resíduos após a análise de regressão linear múltipla.

McCOY (1998) testou através de análise de regressão, composições entre solo agrícola, matéria orgânica e areia, com vistas à formação de um substrato agrícola ideal. Foi analisada a relação entre as variáveis, ficou clara a influência da matéria orgânica na CTC, na massa específica do solo e no conteúdo de água de saturação. O conteúdo de areia da composição teve influência significativa na porosidade, no índice de compressão e na condutividade hidráulica. O autor realizou ainda uma análise multivariada, a qual agrupou em componentes as variáveis citadas acima conforme divisão relatada.

Muitas vezes as variáveis que fazem parte da tentativa de esclarecer um fenômeno são as classificadas como qualitativas ou categóricas, as quais são alocadas em classes. PEREIRA (2001) divide as variáveis qualitativas em quatro tipos, a que possui: escala nominal (sem senso de direção, sem dependência entre classes); escala ordinal (tem senso de direção, possui dependência entre as classes e não possui valor nulo); escala intervalar (tem senso de direção, possui dependência entre classes e o valor nulo não indica inexistência da variável) e; escala proporcional (semelhante à escala intervalar, porém o valor nulo indica a não existência da variável). Sendo que na presença de variáveis categóricas com escalas do tipo nominal e ordinal as análises estatísticas só poderão ser realizadas com a utilização de técnicas que não prevêem padrões de distribuição dos valores. Para variáveis categóricas com escalas do tipo intervalar e proporcional técnicas paramétricas podem ser utilizadas sem problemas.

Mensurando resistência superficial do solo a penetração, STEIN et al. (1997) utilizou instrumento manual pequeno com ponteira semelhante à sugerida para penetrômetros, e atribuiu valores, subjetivos de um a cinco. Com os valores obtidos realizou análise de variância entre os rendimentos de milho em cada ponto, considerando os valores atribuídos para a resistência do solo como tratamentos, ficou claro uma tendência de diminuição de rendimento com aumento da resistência do solo à penetração.

SILOTO et al. (2002) avaliaram os danos provocados por lagarta-do-cartucho em diferentes genótipos de milho, atribuindo valores em uma escala de zero a nove, sobre a qual realizou análise de variância e posterior teste de médias de Duncan.

## 4.0 – MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 – Aspectos gerais

O trabalho foi realizado na Região dos Campos Gerais, situada entre o primeiro e o segundo planalto do Paraná, tendo altitudes variando entre 800 e 1100 metros acima do nível do mar, e formação florística baseada em campos limpos. O clima conforme Koeppen é subtropical úmido (Cfb), mesotérmico, com verões frescos e invernos com geadas severas e freqüentes, sem estação seca definida (Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, 1978). Visando o acompanhamento climático no período de execução da pesquisa, utilizaram-se valores adquiridos pela estação meteorológica do IAPAR, localizada nas coordenadas 25° 14' 2,61" Sul e 50° 01' 48,41" Oeste. Para uma melhor compreensão do efeito da precipitação pluviométrica, realizou-se gráfico de balanço hídrico conforme metodologia sugerida por CUNHA (1999).

O local escolhido para a implantação do projeto foi uma área de lavoura comercial, onde se procurou, na escolha da mesma, contemplar características pedológicas e de manejo cultural consideradas representativas para a região. Não houve interferência, em nenhum momento, no processo de condução da cultura adotado pelo produtor. Todas as atividades deste trabalho foram de verificação e acompanhamento do processo produtivo.

Conforme mapa geológico referente ao município de Ponta Grossa, sugerido por GODOY (1991), a região em estudo tem como origem à formação Ponta Grossa, Grupo Paraná. A idade desta formação, conforme fósseis encontrados, típicos de ambiente marinho, evidencia o período Devoniano (aproximadamente 350 milhões de anos). São típicas desta formação as rochas do tipo folhelho e siltitos com intercalações de arenitos.

As unidades pedológicas são Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo, e em menor escala Cambissolo e Hidromórfico (EMBRAPA, 1984), respectivamente Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo,

Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo e Gleisolo, conforme nova classificação (EMBRAPA, 1999).

Na área em estudo o solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico. A classificação vermelho-amarelo é dada pela comparação do solo com a carta de Munsell, onde o horizonte B apresentou colorações com matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR. O solo apresentava um horizonte B latossólico, isto é sem diferenças significativas entre o conteúdo de argila no horizonte A e B, valor médio para o conteúdo de argila no horizonte B, para cinco amostras, foi de 490 g kg<sup>-1</sup>. Quanto a fertilidade química o horizonte B apresentou baixos valores de alumínio e de fertilidade. Foram realizadas cinco amostragens de solo no Horizonte B onde os valores médios determinados foram: de 2,1 mg dm<sup>-3</sup> para o conteúdo de fósforo e de 5,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para a capacidade de troca de cátions foi, confirmando a baixa fertilidade do horizonte. As classificações comentadas foram realizadas conforme EMBRAPA (1999).

A região é uma das pioneiras em sistema de semeadura sob a palha, onde os produtores normalmente obedecem a rotação de culturas entre leguminosas e gramíneas, um dos pilares do sistema.

O talhão utilizado possuía área total aproximada de 22 ha, se encontrava há dez anos sob o sistema Plantio Direto, sendo a rotação de culturas utilizada nos últimos anos: soja (*Glycine max*) (1997/1998), triticales (*X Triticosecale* Widdmark) (1998), soja (1998/1999), aveia preta (*Avena strigosa*) (1999) e milho (*Zea mays*) na safra agrícola 1999/2000, época de condução do experimento.

Nesta área comercial foram demarcados 60 pontos, em quatro transeções de 15 pontos, equidistantes de 40 m, exatos na transeção e obedecendo as linhas de semeadura previamente escolhidas na transversal. Totalizando uma área experimental de 9,6 ha. Cada ponto consistia em dois metros lineares de duas linhas de semeadura.

BAKSH et al. (2000) através de estudo geoestatístico por semivariograma chegaram à uma distância de abrangência de amostra para o rendimento do milho que variou de 39 a 43 m. FARIAS et al. (2001) recomendam, para estudo da distribuição espacial da lagarta-do-cartucho em milho, a observação de dez plantas vizinhas.

SADLER et al. (1998) concluíram que para aquisição de dados no campo existe uma correlação quadrática negativa entre resolução e custos.

O ponto zero estava localizado, conforme sistema de referência Universo Transverso de Mercator (UTM), na quadrícula 22J com coordenadas  $x=569504$  m e  $y=7232637$  m, e conforme coordenadas geográficas, na latitude  $25^{\circ} 01' 14,2''$  Sul e longitude  $50^{\circ} 18' 41,6''$  Oeste.

No inverno de 1999 quando da exploração da cultura da aveia preta, não foi realizada a correção da fertilidade do solo e não houve exportação de grãos. A referida cultura, quando no estágio de grão leitoso, foi manejada mecanicamente com rolo faca e quimicamente com  $1,8 \text{ L ha}^{-1}$  de “glyphosate”,  $0,5 \text{ L ha}^{-1}$  de “2,4D ester” mais  $0,1 \text{ L ha}^{-1}$  de “permetrina”. Produtos recomendados por SILVA (1997) para a dessecação e de controle de pragas em pré-plantio. Utilizou-se pulverizador Jacto<sup>1</sup> montado com capacidade de reservatório de 600L de calda.

A cultura do milho foi implantada no dia 20 de setembro de 1999. O híbrido utilizado foi o de denominação comercial XL-212, da Braskalb<sup>®</sup> (marca registrada Dekalb Inc.)<sup>1</sup>, híbrido simples, de ciclo precoce, com 830 Unidades Calóricas ou “Growing Degrees Units” (GDU), baixa altura das plantas (devendo variar entre 1700 e 2200mm), baixa altura das espigas (devendo variar entre 800 e 1300mm), densidade de grãos aproximada de  $800 \text{ g L}^{-1}$ , destinado a grãos e silagem, características estas sob condições ideais, conforme BRASKALB (sd). Como características de desempenho o mesmo autor salienta que o referido híbrido possui excelente velocidade de emergência, tolerância à seca, resistência ao acamamento do colmo e prolificidade. A semente utilizada obedecia, segundo fornecedor, classificação dimensional (peneira) 18C. Para a semeadura cada 100 kg de semente foi tratada com 2 L de inseticida de princípio ativo “thiodicarb”.

SEGANFREDO et al. (1998) recomendam o híbrido XL-212, da Braskalb<sup>®</sup>, para a Região dos Campos Gerais. SILOTO et al. (2002) concluíram que o XL-212 é um dos híbridos de milho mais suscetíveis ao ataque da lagarta-do-cartucho.

Cinco dias após a semeadura foi realizado manejo químico de pré-emergência, para controle de plantas espontâneas com uso de “Isoxaflutole” concentração de  $40 \text{ g ha}^{-1}$  e dose de  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ . SILVA (1997) recomenda concentrações variando de 34 a  $80 \text{ g ha}^{-1}$  e doses variando de  $1,5$  a  $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ . Foi utilizado o mesmo pulverizador já citado.

---

<sup>1</sup> A citação de marcas comerciais não indica recomendação do autor

## 4.2 – O solo

De posse dos resultados da análise da amostragem convencional do solo (caminhamento em zigue-zague, profundidade de 0-200 mm), Tabela 1, o responsável técnico recomendou para a referida área, 260 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 14-18-15 e 0,5% de Zn, como adubação de base, resultando em 36,4 kg ha<sup>-1</sup> de N, 46,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 39 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A adubação de base foi incorporada em sulco individual, através de sistema duplo disco desencontrado. Para adubação de cobertura foram utilizados 110 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 36-00-12, resultando em 39,6 kg ha<sup>-1</sup> de N e 13,2 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A adubação de cobertura foi realizada no dia 13 de novembro, após uma precipitação de 12 mm (12 de novembro), aplicados em área total com distribuidor do tipo inercial. SÁ (1996) e CERETTA (1998) recomendam a divisão da adubação nitrogenada. Os mesmos autores recomendam a adubação de cobertura no estágio 2, já BARTZ (1998) relata que no sistema plantio direto há uma maior flexibilidade na época de aplicação da adubação de cobertura

TABELA 1. Análise química de solo (geral) de rotina para o talhão utilizado no estudo (profundidade de 0-200mm).

<i>pH</i> (CaCl <sub>2</sub> )	<i>H + Al</i>	<i>Al</i>	<i>Ca + Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>K</i>	<i>CTC</i>	<i>P</i> (Mehlich-1)	<i>C</i>	<i>V</i>	<i>Ca/Mg</i>	<i>(Ca + Mg)/K</i>
			<i>cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></i>				<i>mg dm<sup>-3</sup></i>	<i>g dm<sup>-3</sup></i>	<i>%</i>		
5,2	4,96	0,0	5,8	4,2	0,16	10,92	5,3	21	55	2,6	36,3

SIQUEIRA et al. (1987) e WIELTHÖLTER (2002) relatam que a aplicação de potássio na cultura do milho pode ser realizada parcelada e em conjunto com a aplicação de nitrogênio em cobertura.

O total de nitrogênio aplicado na área em estudo foi inferior ao recomendado por MUZILLI et al. (1978), FORNASIERI FILHO (1992), AMADO et al. (1999) e WIETHÖLTER (2002).

No caso do elemento fósforo o total aplicado na área em estudo, também, foi inferior ao recomendado por MUZILLI et al. (1978), COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (CFS) RS/SC (1994) e WIETHÖLTER (2002). Para o elemento potássio o total aplicado foi

coerente com o recomendado por MUZILLI et al. (1978) e inferior ao recomendado por CFS RS/SC (1994) e WIETHÖLTER (2002).

A utilização de uma fórmula de fertilizante contendo zinco na cultura do milho concorda com recomendação de PÖTTKER (2000).

O valor da saturação de base (V%), Tabela 1, está coerente com o encontrado por FONTOURA (2002) como valor médio para a região de Guarapuava, Paraná. Além de apresentar valores considerados bons para a cultura do milho, conforme FANCELLI e DOURADO NETO (2000) e PITTA et al. (2002).

#### 4.3 – Processo de semeadura

A semeadora utilizada foi uma semeadora adubadora de precisão, marca Semeato<sup>®2</sup>, modelo PS-6, ano de fabricação 1992, em bom estado de conservação. A máquina apresentava sistema de duplo disco desencontrado para abertura de sulco para deposição de fertilizante e semente, sistema dosador de fertilizante com transportador tipo rotor dentado e abertura tipo porta basculante e sistema dosador de sementes do tipo disco perfurado horizontal. O disco de corte de resíduo (palha) era liso. Para melhorar contato entre solo e semente, conseqüentemente germinação e a emergência, a semeadora possuía duas rodas laterais que através de uma mola helicoidal, pressionava o solo do sulco de deposição da semente, com ângulo aproximado de 60 graus.

A fim de verificação do processo de semeadura, dimensionou-se as amostras de sementes e os discos perfurados utilizados através de paquímetro (precisão de 0,05mm). Para o dimensionamento das sementes utilizou-se metodologia sugerida por SANTOS et al. (2001), de acordo com esta, deve-se escolher uma precisão de medida métrica e um nível de significância para o intervalo de confiança. Para o presente trabalho optou-se por uma precisão de 0,10 mm e um intervalo de confiança de 95% (conforme tabela  $Z_{\alpha/2}=1,96$ , MASSAD e SILVEIRA, 2000). Foram recolhidas sementes dos dois reservatórios, subamostras, os quais alimentavam as duas linhas de semeadura acompanhadas (linhas dois e três), a fim de formar uma amostra única.

---

<sup>2</sup> A citação de marcas comerciais não indica recomendação do autor

Como a distribuição de plantas faz parte da análise principal do projeto em pauta tendo sido analisada de forma minuciosa durante a condução do trabalho, não foram realizadas análises de distribuição de sementes com a semeadora de forma estática.

Na impossibilidade de análise da distribuição do fertilizante quando da realização do processo de semeadura, realizou-se para este caso um ensaio com a máquina suspensa, chassi estático, a roda acionadora do sistema dosador foi movimentada por um simulador de velocidade, composto de um inversor de frequência que permitia a alteração da rotação de um motor elétrico que, por sua vez acionava a roda motora. Para cada linha de interesse foram determinadas 20 repetições para vazão (conforme ABNT (1994) massa de fertilizante em determinado tempo), sendo que cada repetição consistia na coleta, em sacos plásticos, da massa de fertilizante distribuído durante três segundos. A semeadora foi submetida a uma simulação de velocidade de avanço constante, durante todo o ensaio, de  $1,667 \text{ m s}^{-1}$  ( $6 \text{ km h}^{-1}$ ). A massa foi determinada em balança eletrônica com precisão de 0,01 g. Para a caracterização física do fertilizante utilizado foi retirada uma amostra de 2000 g do reservatório. Com esta amostra realizou-se caracterização física do fertilizante conforme classificação por conjunto de peneiras sugeridas por ABNT (1977). Para determinação do ângulo de repouso, ângulo formado no reservatório onde o fertilizante está depositado depois de despejado ou escoado em uma pilha sobre um ponto fixo, utilizou-se metodologia sugerida por PRESSINOTTI (1981).

#### 4.4 – Variáveis independentes

##### 4.4.1 – O solo

Em cada um dos sessenta pontos acompanhados, foram retiradas seis subamostras para composição de uma amostra de solo representativa do ponto. Como fertilidade física do solo dimensionou-se, através do método do densímetro, os componentes de textura, isto é conteúdo de areia, silte e argila (EMBRAPA, 1997). Como fertilidade química do solo determinou-se: pH em  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{H}^+$ , Al, Ca, Mg, K, P pelo método de Mehlich e C pelo método do colorímetro; elementos determinados pela análise de rotina do Laboratório de Análises de

Solos da Universidade Estadual de Ponta Grossa (EMBRAPA, 1997). Das seis subamostras retiradas, com trado do tipo holandês, quatro subamostras foram no entorno de um retângulo imaginário formado pelo ponto de acompanhamento e duas foram entre as linhas de semeadura de interesse.

Através de amostragem, com trado do tipo holandês, em local limite anterior ao ponto, objetivou-se determinar a profundidade dos horizontes do solo (LEMOS & SANTOS, 1996). No caso do horizonte B a profundidade muitas vezes não era determinada, pois se optou por amostragem até 1000 mm, devido a limitação do trado e do esforço exigido para a mesma. Para análise optou-se em criar duas variáveis, uma que representaria a profundidade do horizonte A (ProfHorA) e uma variável que representaria a soma da profundidade do horizonte A e de horizontes de transição entre o horizonte A e B (ProfTotA).

Para todos os pontos, através de um nível de mangueira, foi mensurada uma distância altimétrica em relação ao ponto 1 (coordenada 0,0;0,0), ao qual foi atribuída a cota zero.

Não se discute aqui a validade científica das sugestões descritas como variáveis dependentes e independentes, porém deve ficar claro que, um dos objetivos deste trabalho foi levantar parâmetros de fácil dimensionamento, que possam explicar o fenômeno rendimento do milho.

#### 4.4.2 – Processo de semeadura

Com vistas a qualificar e quantificar o processo de semeadura foi realizado ensaio estático da regulagem da semeadora, sem interferência, ou seja, sem alterar qualquer parâmetro de regulagem da semeadora, somente para averiguação dos parâmetros adotados pelo agricultor, variáveis estas já discutidas no item 4.2 – Processo de semeadura.

As avaliações relativas as variáveis antrópicas, representadas pelo processo de semeadura, bem como das componentes de rendimento, foram realizadas junto a duas linhas de semeadura. As linhas acompanhadas foram as descritas como linha dois e linha três, esta denominação foi dada por uma lógica de visualização, observando-se a semeadora pela parte posterior e realizando contagem das linhas da esquerda para direita.

Quando da emergência das plântulas de interesse, aproximadamente dez em cada linha de semeadura, foi determinado o dia de emergência relativo a data de semeadura. Devido

ao aspecto destrutivo desta análise, em área limítrofe anterior ao ponto acompanhado, as plântulas, com mesma data de emergência, foram coletadas para determinação de profundidade de deposição da semente.

Para representação da distribuição de plantas do processo de semeadura utilizaram-se duas variáveis, as quais teoricamente representam o mesmo fenômeno, porém são obtidas matematicamente de forma diferente. Tais variáveis foram denominadas de população de plantas (População) e de pressão de população de plantas (PresPop).

Para determinação da população de plantas (População) (KURACHI et al., 1989) extrapolou-se o número de plantas pela área em estudo (aproximadamente dois metros multiplicado pela distância entre linhas), para plantas por hectare. Utilizou-se a expressão aproximadamente, pois em condições de campo não foi possível trabalhar-se com este valor exato, para fechar o ponto de acompanhamento sempre era necessário extrapolar um pouco este valor.

Para determinação da pressão de população de plantas (PresPop) (KLIMIONTE et al. 2001) mensurou-se as distâncias entre as plantas e entre as linhas de semeadura, as plantas referidas eram as existentes nas duas linhas de semeadura nos sessenta pontos acompanhados. Através dos valores dos espaçamentos, chegou-se a uma área, teoricamente, ocupada por cada uma das planta. Os valores de área ocupada por planta, individualmente, foram extrapolados para plantas por um hectare, simulando uma situação em que se teria uma lavoura onde as plantas estariam na mesma condição de distribuição de plantas. Para gerar a variável pressão de população por linha e por ponto, realizou-se o cálculo da média das pressões em cada linha de semeadura (dois e três) e ponto acompanhado (de 1 a 60).

Como é possível dimensionar-se valores de pressão de população de plantas iguais, porém em condições diferentes de distribuição de plantas é necessário a determinação de uma outra variável, índice de pressão de população (ÍndicePressão), para qual determinou-se os espaçamentos entre a planta em estudo e a planta posterior e a anterior, o índice é a razão entre o menor pelo maior dos dois valores determinados.

As variáveis; população de plantas, pressão de população de plantas e índice de pressão de população de plantas foram mensuradas em duas épocas distintas, dez dias após emergência da primeira plântula e na colheita dos grãos. Com a determinação inicial, cada

planta foi identificada e acompanhada individualmente durante todo o ciclo vegetativo, inclusive colheita.

#### 4.4.3 – Aspectos fitotécnicos e de fitossanidade

Em área anterior limítrofe aos pontos experimentais, quantificou-se a cobertura vegetal (Resíduo). Utilizou-se armação de aço quadrada de 0,50 m de lado, totalizando uma área de 0,25 m<sup>2</sup>. A referida armação era disposta sobre o solo e todo material vegetal interior a esta foi recolhido, acondicionados em sacos de papel e posteriormente colocados em estufa elétrica com temperatura constante de 60°C por 72 horas. Após procedimento descrito as massas secas foram determinadas em balança eletrônica com precisão de 0,01g. Após este procedimento extrapolou-se os valores encontrados em gramas por 0,25 m<sup>2</sup> para mega gramas por hectare.

Sendo consideradas variáveis de difícil mensuração pelo estabelecimento de escala aceitável de precisão bem como por problemas com a magnitude temporal das mensurações criaram-se três variáveis qualitativas com escala proporcional. Como escala para variáveis criadas adotou-se escala sugerida por Osgood (1969), que prevê sete pontos (valor zero para incidência nula do problema e valor seis para incidência considerada extrema para o problema), com categorização apenas dos extremos, onde cada um, desses, leva um rótulo de significado oposto ao outro extremo (PEREIRA, 2001). SILOTO et al. (2002), conforme adaptado de Williams et al. (1983), em estudo específico sobre danos acusados por lagarta-do-cartucho em milho adotaram escala de 0 a 9, portanto dez valores.

Uma das variáveis criadas foi denominada de incidência de plantas espontâneas (PlantEspont). Esta variável procurou demonstrar o grau de competição por água, nutrientes e radiação solar, entre as plantas de milho, cultura de interesse econômico, e as plantas de germinação espontânea. A análise se deu quando a maioria das plantas de milho apresentava-se no estágio três de desenvolvimento, ou quatro folhas, sendo atribuído um valor para cada ponto acompanhado (valor zero indicava a ausência de plantas espontâneas no ponto e valor seis indicava a cobertura completa do solo por plantas espontâneas).

Outra variável criada foi denominada de problemas na planta (ProbPlanta), a qual procurou representar o grau de dano de área foliar ocasionada por ação de pragas ou ocupada

por fungos. Uma idéia da escala de escores e os problemas equivalentes podem ser visualizados na Figura 1. Os problemas encontrados nas folhas, conforme Figura 1, eram somados com os problemas observados na planta quando da existência destes. O parâmetro descrito foi avaliado individualmente no estágio cinco ou doze folhas (FANCELLI, 1986). SILOTO et al. (2002) analisando danos causados por lagarta-do-cartucho em milho realizou duas leituras, uma quando a cultura apresentava de seis a oito folhas e outra quando apresentava de dez a doze folhas.

					
Nota zero (planta sadia)	Nota 0,5 (provável ataque de <i>Dichelops furcatus</i> )	Nota 1,5 (provável ataque de <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Nota 3,0 (provável ataque de <i>Spodoptera frugiperda</i> e <i>Puccinia sorghii</i> )	Nota 4,0 (provável ataque de <i>Dichelops furcatus</i> e <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Nota 5,0 (provável ataque de <i>Dichelops furcatus</i> e <i>Spodoptera frugiperda</i> )

FIGURA 1 - Adaptação da escala de Osgood (1969) utilizada para incidência de problemas nas folhas.

Quando da colheita foi criada a variável “problemas” na espiga (ProbEspiga), a qual procurou relatar o estado morfológico da espiga, dedicando especial atenção a área danificada pela lagarta da espiga (*Helicoverpa zea*) e lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), grãos infestados por doenças (podridão por *Diplodia maydis*, *Fusarium moniliforme* e anomalias por *Ustilago maydis*), espigas com problemas de nutrição mineral (deficiência de nitrogênio na maioria das vezes) e a má polinização da espiga (LUZ, 1995; CRUZ, 1995 e FANCELLI e DOURADO NETO, 1997). É normal a incidência de vários problemas, neste caso não se realizou uma análise qualitativa e sim quantitativa, tentando dimensionar uma área atingida.

A escala de notas (escores) sugerida pode ser melhor compreendida com a visualização da Figura 2.

		
Dano 0 (espiga considerada sem problemas)	Dano 1,0 (causado por falha na polinização)	Dano 1,5 (causado por deficiência nutricional)
		
Dano 3,0 (causado por ataque de <i>Spodoptera frugiperda</i> seguido por <i>Penicillium</i> )	Dano 4,5 (falha na polinização causado por <i>Helicoverpa zea</i> )	Dano 6,0 (causado por ataque de Fungo ( <i>Fusarium moniliforme</i> )).

FIGURA 2 – Adaptação da escala de Osgood (1969) utilizada para incidência de problemas nas espigas.

#### 4.5 – Variáveis dependentes

Como variáveis dependentes ou de rendimento da cultura de milho foram mensuradas; a altura da planta (AltPlanta), caracterizada pela distância entre o nível do solo e a inserção da folha bandeira (régua com 2,5 m, construção própria), e os diâmetros do colmo (paquímetro com resolução 0,05 mm), caracterizados pelos diâmetros, maior (Dmaior) e

menor (Dmenor), no segundo internódio a partir da base da planta. Tais análises se deram no estágio cinco ou final de florescimento (FANCELLI, 1986).

No final do ciclo da cultura foram colhidas as espigas presentes em cada planta da cultura nos pontos demarcados, estas foram etiquetadas individualmente. Em laboratório atribuiu-se valor para a variável problemas na espiga (ProbEspiga), em seqüência separou-se a parte de interesse econômico, grãos, da parte sem interesse econômico (sabugo). De posse dos grãos determinou-se a massa (balança eletrônica com resolução de 0,1g) e o conteúdo de água com um determinador universal de umidade, marca Vicar, modelo VDU. Para as análises utilizaram-se os valores da variável massa de grãos por planta (MassaGrão) corrigidos para um conteúdo de água de  $130 \text{ g kg}^{-1}$ .

#### 4.6 – Análises realizadas

De posse dos conjuntos de dados representativos das variáveis mensuradas realizou-se análise preliminar para verificação de normalidade das mesmas (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998; CHARNET et al., 1999; GONZÁLES, 2000 e OPAZO, 2002).

Realizaram-se três testes para avaliação da normalidade das variáveis consideradas. Utilizaram-se os testes sugeridos por Anderson-Darling, que é baseado na distribuição empírica acumulativa; por Ryan-Joiner, similar ao teste sugerido por Shapiro-Wilk, que é baseado no teste de correlação e por Kolmogorov-Smirnov que é baseado em um teste de qui-quadrado. Todos os testes são disponíveis no programa computacional Minitab® 12.2 for Windows, direitos reservados, Minitab Inc, 1988.

Para a verificação de normalidade das variáveis adotou-se como metodologia a comparação dos valores obtidos através do programa computacional Minitab. Para o teste de Anderson-Darling e de Ryan-Joiner o recomendado é aceitar como variável normal aquela cujos valores apresentem uma probabilidade superior a 0,10. Para o teste de Kolmogorov-Smirnov aceita-se como variável normal aquela cujos valores apresentem probabilidade superior a 0,15 (MINITAB, 1998).

O formato de resposta, dos testes comentados pelo programa computacional adotado, é composto por um gráfico de resíduos das variáveis, o qual possibilita a visualização da ocorrência ou não da correlação serial.

Para as variáveis onde não se verificou um comportamento normal, transformaram-se os valores através do logaritmo natural, raiz quadrada e inverso dos valores conforme WERKEMA e AGUIAR (1996) e HAIR JUNIOR et al. (1998), funções estudadas por MENK e NAGAI (1983) e função discutida por SAMOHYL (2001). De posse das novas variáveis geradas, variáveis originais transformadas, aplicaram-se novamente os testes já citados para avaliação da normalidade.

Com o conjunto de valores das variáveis a serem analisados determinados, com ou sem transformações, realizou-se análise de correlação entre todas as variáveis. Três análises distintas foram realizadas: observou-se as variáveis independentes de maior correlação com as dependentes, o formato de correlação entre as independentes e as dependentes, pois é desejável um comportamento linear de correlação e; as variáveis independentes de maior correlação entre si, as quais poderiam vir a apresentar problemas de colinearidade (HAIR JUNIOR et al., 1998; GONZÁLES, 2000 e OPAZO, 2002).

Para a análise de correlação entre as variáveis e conseqüentemente análise de colinearidade adotou-se como coeficiente de correlação de corte o valor de 0,80. Este estudo foi realizado através de observação de uma matriz de correlação.

Para análise da homogeneidade da variância utilizou-se teste estatístico de Bartlett, com intervalo de confiança de 95% (CUNHA et al. 2001).

Visando a identificação da existência de correlação não linear entre as variáveis independentes e dependentes foi realizada uma análise visual gráfica (WERKEMA e AGUIAR, 1996 e OPAZO, 2002).

Após análise preliminar procedeu-se a construção de modelo de regressão linear múltipla. Dois métodos para redução do número de variáveis explicativas foram utilizados; o método “Passo a passo” ou “stepwise” e o método “Todas as Regressões Possíveis” ou “bestsubset” (WERKEMA e AGUIAR, 1996 e OPAZO, 2002). O programa computacional utilizado permitia a inclusão ou não de uma constante, foram realizadas análises de regressão com as duas possibilidades.

Para a escolha do conjunto de variáveis regressoras que melhor explicasse a variável de rendimento em estudo, utilizaram-se três indicadores de ajuste da equação de regressão gerada. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ) e o desvio em torno da linha de regressão (S). O coeficiente de determinação pode ser interpretado como a proporção da variabilidade presente nas observações da variável resposta; que é explicado pelas variáveis regressoras do modelo de regressão (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998; CHARNET et al., 1999 e OPAZO, 2002). Já o coeficiente de determinação ajustado considera em sua análise o tamanho da amostra, este deve ser utilizado quando se deseja comparar resultados provindos de modelos com número de observações ou de variáveis diferentes (CHARNET et al., 1999). Os mesmos autores relatam ainda que, este indicador apresenta bons resultados quando, a análise de regressão apresenta resultados suspeitos devido ao pequeno número de observações. Para os dois indicadores comentados os valores variam de zero a um, quanto mais próximo de um, melhor o conjunto de regressoras explica a variabilidade do fenômeno.

O terceiro indicador de ajuste utilizado é a média dos desvios entre os valores reais da variável dependente e os valores da variável dependente estimados pelo conjunto de regressoras, sugerido como explicativo (HAIR JUNIOR et al., 1998). Quanto menor o valor de S melhor a explicação do fenômeno de rendimento em estudo.

Para os casos onde não se incluía a constante na análise de regressão o programa computacional utilizado não fornecia os valores dos coeficientes de determinação.

Quando da análise pelo método “Passo a passo”, o programa utilizado fornece, também, individualmente para cada variável presente no conjunto de regressoras o valor de t calculado para a comparação com o valor de tabela da estatística t de “student”. Neste caso determinou-se o melhor conjunto regressor pela escolha das variáveis cujo teste t mostrava significância ao nível de 5% de probabilidade (t calculado maior que t tabelado, aceita-se a variável como significativa).

Todas as análises comentadas foram realizadas com auxílio do programa computacional Minitab® 12.2 for Windows.

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Verificações de regulagens do processo de semeadura

Para a verificação da escolha do disco horizontal perfurado, realizada pelo técnico responsável, mensurou-se as sementes e os discos utilizados. Para o dimensionamento das sementes utilizou-se metodologia sugerida por SANTOS et al. (2001), Para o presente trabalho optou-se por uma precisão de 0,10 mm e um intervalo de confiança de 95% (conforme tabela  $Z_{\alpha/2}=1,96$ , MASSAD e SILVEIRA, 2000). Através dos valores escolhidos, conforme variabilidade de cada variável, obteve-se a necessidade de dimensionamento mínimo de 123 sementes para variável comprimento da semente, 155 sementes para variável largura da semente e 156 para variável espessura da semente.

Sendo assim foram mensuradas 200 sementes, devido à impossibilidade de realizar-se sorteio das sementes que participariam da amostra, utilizou-se processo não probabilístico, a esmo ou sem norma, também correto segundo COSTA NETO (1997). A Tabela 2 mostra a análise descritiva das variáveis comprimento, largura e espessura das sementes.

TABELA 2 - Análise descritiva e testes de normalidade das variáveis dimensionais das sementes de milho utilizadas.

Variável	média	mediana	moda	máximo	mínimo	Desvio Padrão	CV(%)	Probabilidade de testes de normalidade		
								A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
Comprimento(mm)	8,9	9,0	9,0	10,4	7,1	0,54	6,06	0,06	>0,10	>0,15
Largura(mm)	7,7	7,7	8,0	9,4	5,3	0,64	8,19	0,16	0,05	>0,15
Espessura(mm)	5,8	5,7	5,4	7,4	5,1	0,63	10,95	0,01	<0,01	<0,01

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominada de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

Observa-se na Tabela 2, que os coeficientes de variação foram baixos, conforme GOMES (1990), os valores para as variáveis comprimento e espessura foram semelhantes aos

encontrados por SANTOS et al. (2001), enquanto que para a variável largura o valor do coeficiente de variação neste estudo foi superior. No trabalho citado os autores relatam que a dimensão largura seria a utilizada para a classificação das sementes. Porém no caso em estudo este fato não se repetiu o que pode caracterizar uma propriedade do híbrido utilizado.

Quanto ao teste de normalidade, esperava-se que nenhuma das dimensões testadas apresentasse comportamento que obedece tal curva, pois a classificação é realizada através de um seccionamento junto à população de sementes, considerando um valor métrico previamente determinado. Esta seleção se dá, principalmente, pela dimensão largura, porém considera-se que na maioria dos casos deve haver uma correlação entre esta variável e as outras variáveis de dimensionamento (comprimento e espessura). Conforme Tabela 2, todas as variáveis estudadas apresentaram problemas de normalidade em pelo menos um dos testes utilizados, sendo a dimensão espessura a mais problemática.

Com os valores gerados pelo dimensionamento do comprimento das sementes realizou-se análise de frequência, visando adoção de sugestão da EMBRAPA (1996), para escolha de disco perfurado, esta pode ser visualizada na Tabela 3.

TABELA 3 - Análise de frequência da variável comprimento das sementes de milho utilizadas.

Classes (mm)	Número de Sementes	Frequência Relativa (%)	Frequência Acumulada (%)
< 8,2	8	4,0	4,0
8,2 - 8,4	8	4,0	8,0
8,4 - 8,6	14	7,0	15,0
8,6 - 8,8	18	9,0	24,0
8,8 - 9,0	31	15,5	39,5
9,0 - 9,2	38	19,0	58,5
9,2 - 9,4	25	12,5	71,0
9,4 - 9,6	23	11,5	82,5
9,6 - 9,8	13	6,5	89,0
9,8 - 10,0	8	4,0	93,0
10,0 - 10,2	8	4,0	97,0
10,2 - 10,4	3	1,5	98,5
> 10,4	3	1,5	100

Observando Tabela 3, e seguindo metodologia proposta por EMBRAPA (1996) o valor recomendado como diâmetro do orifício do disco dosador de sementes seria de 9,8 mm (frequência acumulada de 89%) ou de 10,0 mm (frequência acumulada de 93%), o disco comercialmente disponível mais próximo dos valores citados é o disco de orifícios redondos com diâmetro de 10,0 mm.

Os discos utilizados no processo, conforme indicação do técnico responsável, foram de “nylon”, com 28 orifícios, com 10,0 mm de diâmetro. A fim de dimensionar os mesmos, mensurou-se dois diâmetros de cada um dos orifícios, um no sentido radial e outro no sentido tangencial do disco. A Tabela 4 mostra análise descritiva das variáveis, diâmetro radial e transversal dos orifícios dos discos perfurados utilizados no processo de semeadura.

TABELA 4 - Análise descritiva das variáveis, diâmetro radial e transversal dos orifícios dos discos dosadores utilizados no processo de semeadura.

Disco	variável	média	mediana	moda	máximo	mínimo	Desvio Padrão	CV(%)
dois*	diâmetro radial(mm)	9,97	9,95	9,95	10,10	9,90	0,06	0,55
	diâmetro transversal(mm)	10,02	10,00	10,00	10,20	9,90	0,08	0,79
três	diâmetro radial(mm)	10,09	10,10	10,10	10,50	9,90	0,13	1,29
	diâmetro transversal(mm)	10,18	10,10	10,00	10,65	10,00	0,18	1,78

\* dois – código para referência do disco dosador utilizado para distribuição de sementes na linha dois do processo em estudo.

Em recente trabalho SANTOS (2001) analisou a adequação do orifício do disco dosador a dimensão da semente e constatou que a relação entre sementes e discos comercialmente disponíveis permite regulagens para uma adequada população de milho, porém quando o autor realizou testes com discos com orifícios de diâmetros intermediários aos disponíveis, houve melhora significativa na distribuição de sementes.

No caso do fertilizante utilizado, cuja fórmula comercial era NPK 14-18-15 e 0,5% de Zn, este, segundo fabricante, deveria ser classificado como granulado. Conforme a ABNT (1994) um fertilizante granulado é caracterizado quando 100% dos seus grânulos passam pela peneira de 4,0 mm de malha (ABNT nº 5) e até 5% passam pela peneira de 0,5 mm (ABNT nº 35). No caso em estudo 3,6% das amostras ensaiadas ficaram retidos na peneira de 4,0 mm, o que teoricamente não caracterizaria o fertilizante como granulado, porém a mesma norma,

ABNT (1994), caracteriza um fertilizante como farelado aquele que, apresenta 80% dos grânulos passando pela peneira de 2,8 mm (ABNT nº 7), sendo que no caso em estudo apenas 44,5% da massa do fertilizante passou tal peneira. Conforme comentado pode-se classificar o fertilizante utilizado como granulado com alguns problemas, talvez conseqüências da alta higroscopacidade dos fertilizantes utilizados na cultura do milho, com fórmulas compostas com nitrogênio.

Através de análise sugerida por PRESSINOTTI (1981), obteve-se como resultado um ângulo de repouso médio (cinco repetições) de 39°31' para o fertilizante utilizado. Conforme MILAN e GADANHA JUNIOR (1996) materiais com ângulo de repouso menor que 40° apresentam boas características de escoabilidade e com ângulo de repouso acima de 50° apresentam baixo índice de escoabilidade.

Para verificação dos dosadores de fertilizantes, com a semeadora suspensa e com o sistema dosador acionado por motor elétrico, foram realizados ensaios da massa de fertilizantes distribuída em um período de 3 segundos. Para tal período, considerando-se uma velocidade de avanço simulada de 1,667 m s<sup>-1</sup> (6 km h<sup>-1</sup>), uma recomendação de 260 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante e um espaçamento entre linhas da cultura de 0,80 m, esperava-se uma massa de 104 g de fertilizante para cada repetição. Na Tabela 5, estão demonstrados os valores da análise descritiva, para os valores encontrados para os ensaios de distribuição de fertilizantes das duas linhas de semeadura acompanhadas.

TABELA 5 - Análise descritiva da vazão de distribuição estática de fertilizantes dos dosadores das duas linhas estudadas no projeto (velocidade simulada de avanço de 1,667 ms<sup>-1</sup>).

Linha	amostras	média (g)	mediana (g)	moda (g)	máximo (g)	mínimo (g)	desvio padrão (g)	CV(%)	desvio da média* (%)
dois**	20	109,6	109,6	109,6	119,6	98,1	5,82	5,3	4,2
três	20	111,1	109,9	109,7	123,4	100,7	6,72	6,1	5,1

\* média do módulo do desvio de cada valor em relação à média da linha.

\*\*dois – código para referência do disco dosador utilizado para distribuição de sementes na linha dois do processo em estudo.

Na Tabela 5 observa-se que os valores, tanto de medidas de tendência central como de dispersão, para as duas linhas de semeadura acompanhadas apresentam valores próximos quanto á distribuição de fertilizantes. Nos dois casos, os valores para as regulagens sugeridas

pelo responsável técnico, mostram valores de tendência central superiores ao esperado (104 g por repetição). As médias das massas de fertilizantes para as duas linhas estudadas não diferem estatisticamente (nível de 5%).

Os valores de dispersão mostraram-se semelhantes entre e si e coerentes com a bibliografia. Avaliando os desempenhos quanto à distribuição de fertilizantes de três semeadoras-adubadoras, CASÃO JUNIOR et al. (1998); CASÃO JUNIOR et al. (2000a) e CASÃO JUNIOR et al. (2000b) obtiveram valores de coeficiente de variação para as linhas de semeadura estudadas variando de 0,5 a 2,3%; 0,9 a 9% e 0,4 a 16,0% respectivamente. Das máquinas ensaiadas, duas estavam equipadas com sistema distribuidor composto de transportador tipo rosca sem fim e dosador tipo abertura basculante e uma com transportador de eixos caracóis com rosetas dentadas helicoidais e dosador de abertura vertical regulável. OLIVEIRA et al. (2000) ensaiando semeadora-adubadora, também comercialmente disponível, determinaram coeficientes de variação de 2,60 e 2,82% nas as quatro linhas estudadas para as velocidades de avanço de 5 e 7 km h<sup>-1</sup> respectivamente.

ROCHA et al. (1992) ensaiaram oito semeadoras-adubadoras quanto a distribuição de fertilizantes, as máquinas com sistema transportador de fertilizante do tipo rotor dentado, o coeficiente de variação para a vazão de distribuição de fertilizantes foi de 8 a 15% para a velocidade de avanço de 5 km h<sup>-1</sup> e de 6 a 43% para a velocidade de 6,5 km h<sup>-1</sup>. Os mesmos autores relatam que para o sistema distribuidor dotado de transportador tipo rosca sem fim os valores do coeficiente de variação foram de 9 a 10% para a velocidade de 5 km h<sup>-1</sup> e de 9 a 13% para a velocidade de avanço de 6,5 km h<sup>-1</sup>.

Conforme as referências bibliográficas citadas, pode-se considerar os valores observados de coeficiente de variação da vazão de distribuição na Tabela 5, representativos da regulagem do técnico responsável pelo processo de semeadura acompanhado, como baixos.

## 5.2 Aspectos climáticos da condução da cultura

Durante a condução do experimento as condições climáticas apresentaram momentos desfavoráveis à cultura do milho, conforme se pode observar no gráfico de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) determinado conforme CUNHA (1999) (Figura 3). Para realização deste estudo utilizaram-se dados diários de precipitação pluviométrica e

evapotranspiração potencial; fornecidos pela estação meteorológica do IAPAR/Ponta Grossa. Consideraram-se 200 mm como capacidade de armazenamento de água do solo, considerando a cultura do milho e solo franco argiloso, conforme sugestão de CUNHA (1999). Para o cálculo da evapotranspiração da cultura utilizou-se multiplicador para estágio da cultura conforme MATZENAUER (1999).

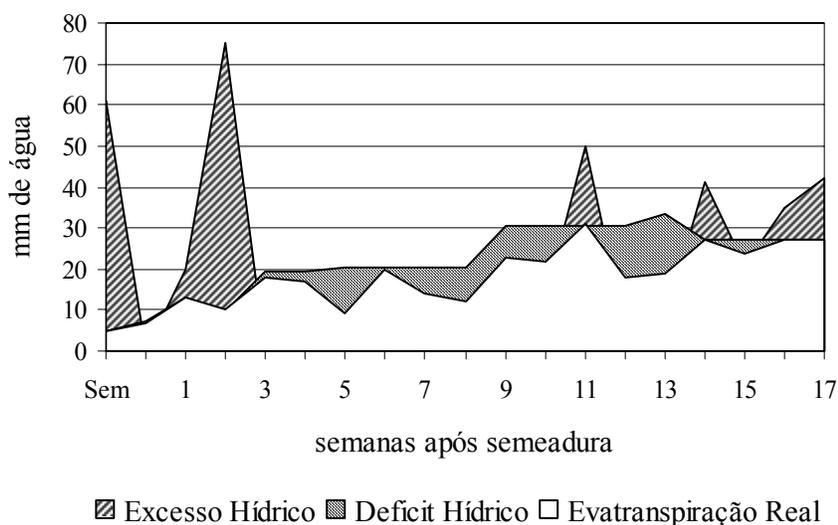


FIGURA 3 - Balanço Hídrico semanal da semeadura à colheita da cultura de interesse. Método de Thornthwaite e Mather (1955) adaptado de CUNHA (1999) (Dados climatológicos fornecidos pela Estação Meteorológica do IAPAR/Ponta Grossa).

Observa-se na Figura 3 um pequeno déficit hídrico, menor que 10 mm, entre a terceira e a sétima semana. Neste período a cultura encontrava-se nos estádios dois e três. No estágio dois, segundo FANCELLI (1986) também conhecido como “fase de cartucho”, o déficit hídrico pode contribuir para que os colmos fiquem finos e as plantas reduzam de tamanho. Outra característica desta fase é o ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera fugiperda*), onde a destruição de folhas superiores, segundo FANCELLI (1986) pode acarretar redução de até 20% no rendimento, sendo que um dos principais controles da população deste tipo de lagarta é pela precipitação pluviométrica. No estágio três, caracterizado pela existência da máxima área foliar, o mesmo autor salienta que no final deste se dá o início do período mais crítico quanto à falta de água.

Novo déficit hídrico, conforme Figura 3, foi observado entre a sétima e a décima semana da cultura instalada. A sétima e a oitava semana caracterizam o estágio 4, onde se dá a

emissão do pendão, problemas de falta de água nesta fase podem, segundo FANCELLI (1986), afetar o sincronismo entre pendão e espiga, ocasionando problemas de polinização. Já a nona e décima semana caracterizam o estágio 5, também identificado como o de florescimento, é sem dúvida um dos estádios mais importantes em se tratando da correlação disponibilidade de água e rendimento. Outro período de déficit hídrico, facilmente identificado na Figura 3, é entre a décima segunda e décima terceira semana, seriam os estádios 6 e 7, onde já existem os grãos, e que conforme FANCELLI (1986), as condições adversas podem catalisar doenças.

O formato do gráfico de balanço hídrico semanal da semeadura à colheita da cultura de interesse, conforme método de Thornthwaite e Mather (1955) adaptado de CUNHA (1999) apresentado na Figura 3, é semelhante aos estudos de déficit hídrico apresentados por CARAMORI et al. (1991). Os autores estudaram a cultura do milho e utilizaram uma série de 32 anos de dados climáticos para a cidade de Ponta Grossa, Paraná, neste estudo ficou evidente a maior probabilidade de existência de déficit hídrico (veranico) nos meses de novembro e dezembro, equivalente da quarta a décima segunda semana na Figura 3. Outra semelhança é que a probabilidade de déficit hídrico, conforme CARAMORI et al. (1991), tende a diminuir a partir do mês de janeiro, sendo o início do mês de janeiro equivalente a décima terceira semana na Figura 3.

Outra variável que em conjunto com a precipitação pluviométrica pode ser considerada uma variável de controle é a temperatura do ar. Neste caso, conforme Figura 4, observa-se que as médias semanais das temperaturas mínimas e máximas apresentaram amplitudes térmicas interessantes, próximas do intervalo de 15 a 22°C, considerado ótimo por FANCELLI e DOURADO NETO (2000). Tais amplitudes caracterizam também a altitude do local de acompanhamento da cultura. Relativo a temperatura noturna ideal sugerida pelos mesmos autores, entre 18 e 20°C, as médias semanais das temperaturas mínimas que podem indiretamente representar tal variável, mantiveram-se sempre abaixo deste intervalo.

A média das temperaturas mínimas semanais durante todo o ciclo da cultura nunca foi inferior a 10°C, temperatura essa, segundo FANCELLI e DOURADO NETO (2000), considerada basal para o milho.

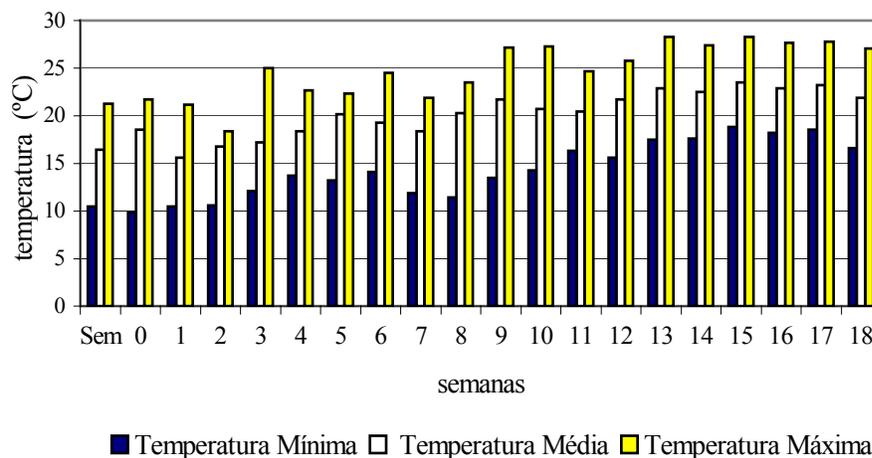


FIGURA 4 – Médias das temperaturas máximas, mínimas e médias semanais da sementeira a colheita da cultura de interesse. (Dados climatológicos fornecidos pela Estação Meteorológica do IAPAR/Ponta Grossa)

FANCELLI (1986) relata que para os estádios fenológicos do milho a temperatura do ar assume elevada importância, sendo de fundamental importância para um bom rendimento. No estágio 0, ou de germinação, temperaturas inferiores a 10°C impossibilitam a seqüência de processos bioquímicos necessários, no caso em estudo as temperaturas mínimas foram próximas do limite. Neste estágio o ideal seria temperaturas entre 20 a 30°C e baixa variabilidade, o que proporcionaria germinação em curto espaço de tempo, porém conforme Figura 4, as condições climáticas não permitiram que tal intervalo fosse alcançado, na maioria do tempo, durante o acompanhamento da cultura de interesse. O mesmo autor comenta que a temperatura do ar não deve exceder a 35°C no estágio 5 ou de florescimento (nona e décima semana), problema que não ocorreu, conforme Figura 4.

### 5.3 - Considerações sobre o processo de sementeira

Conforme BRASKALB (sd) o período de germinação do híbrido XL-212, respeitando condições climáticas, pode variar de 3 a 15 dias. Na Figura 5 demonstra-se o tempo médio de emergência das plântulas em função das médias da profundidade de deposição da semente, para os sessenta pontos estudados para as linhas 2 (5a) e 3 (5b). Observa-se para as duas representações uma profundidade de sementeira “ótima” em torno de 40 mm, onde o tempo para emergência foi o menor, ao redor de doze dias. Embora quando se

compara este com o relatado pela companhia detentora da patente do híbrido, de 3 a 15 dias, este tempo passa a ser elevado. Este elevado período pode ser explicado pelas baixas temperaturas presentes na época da semeadura, que retardariam as reações bioquímicas. A profundidade “ótima” deve ser uma interação das variáveis de solo e climáticas tendo como variável de controle as condições climáticas, sendo assim é uma profundidade específica para um determinado local e momento. FANCELLI e DOURADO NETO (2000) relatam que o ideal para a emergência do milho seria um máximo de dez dias.

Outra observação interessante com base na Figura 5 é que quando a semente foi depositada em profundidades diferentes da considerada “ótima” para as condições do momento, o tempo de emergência foi maior, com a deposição superficial provavelmente o conteúdo de água não foi o suficiente para viabilizar os processos bioquímicos responsáveis pela germinação, porém quando em deposição mais profunda a distância a ser percorrida pela plântula é maior, acarretando um maior tempo para a emergência, estas são hipóteses que podem ser consideradas. Porém discordam em parte dos resultados de GUPTA et al. (1998), que em trabalho com diferentes profundidades de deposição de semente de milho, em laboratório, com condições controladas, observaram correlação positiva entre profundidade e tempo para emergência da plântula.

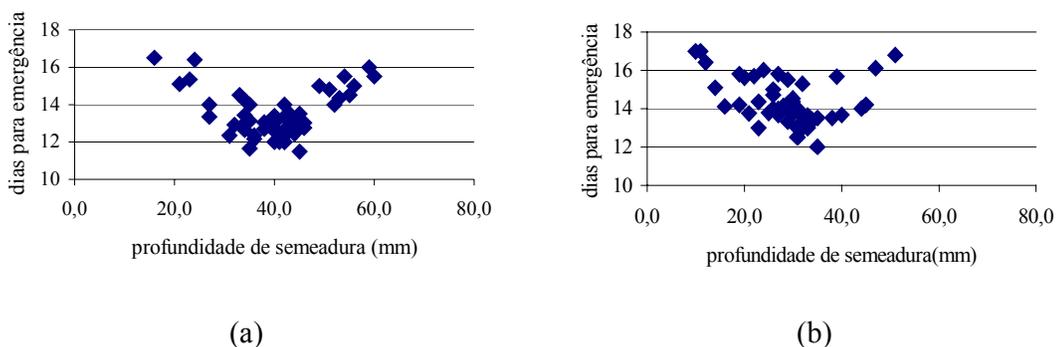


FIGURA 5 – Tempo médio para emergência de plântulas em função da profundidade média de deposição da semente dos 60 pontos estudados para linha de semeadura dois (a) e linha três (b).

Comparando-se a implantação da cultura pelas duas linhas de semeadura acompanhadas, linha dois e linha três, conforme Figura 5, visualiza-se claramente que os mecanismos e a regulação da linha dois proporcionaram sementes depositadas em profundidades maiores e mais próximas do valor “ótimo”, enquanto que as condições de

semeadura da linha três proporcionaram profundidades de semeadura mais superficiais. Conseqüentemente o tempo para emergência foi diferenciado, as plântulas da linha três necessitaram um período de tempo maior, em comparação com a linha dois. A Tabela 6 mostra a análise descritiva das médias por ponto e os testes de normalidade das variáveis, profundidade de deposição de semente e tempo para emergência do milho das linhas de semeadura dois e três.

Fica claro através da Tabela 6, a diferença entre os trabalhos realizados pelas linhas dois e três da semeadora utilizada, com diferença entre as medidas de tendência central de aproximadamente 11 mm na profundidade de deposição da semente e de um dia para emergência das plântulas. Os valores das medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) podem ser considerados baixos para a variável emergência das plântulas e normais para a profundidade de deposição da semente. Existindo correlação entre as variáveis comentadas, a diferença entre as medidas de dispersão das mesmas demonstra que houve uma compensação no tempo de emergência, isto é o tempo de emergência apresentou uma menor variabilidade do que a profundidade de deposição da semente do milho; esperava-se uma variabilidade semelhante.

TABELA 6 - Valores da análise descritiva e testes de normalidade das médias das variáveis, profundidade de deposição da semente e tempo para emergência do milho, para os 60 pontos das linhas de semeadura dois e três.

Variável	média	mediana	moda	máximo	mínimo	desvio padrão	CV(%)	probabilidade (%) de testes de normalidade		
								A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
ProfSemL2 (mm) <sup>4</sup>	40,1	40,3	35,3	60,3	15,5	8,7	21,8	0,078	>0,10	0,111
EmergênciaL2 (dias)	13,4	13,1	13,0	16,5	11,5	1,2	8,9	0,001	<0,01	<0,01
ProfSemL3 (mm) <sup>5</sup>	29,1	29,0	29,0	51,0	9,5	8,4	28,8	0,122	>0,10	>0,15
EmergênciaL3 (dias)	14,2	14,0	13,0	17,0	12,0	1,2	8,3	0,02	0,036	<0,01

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

<sup>4</sup> L2 – linha de semeadura dois.

<sup>5</sup> L3 – linha de semeadura três.

CASÃO JUNIOR et al. (1998) e CASÃO JUNIOR et al. (2000a) encontraram como coeficientes de variação, nas linhas, para a profundidade de deposição de semente valores que variaram de 22,9 a 41,6% e de 26,3 a 32,7%, respectivamente. Também ensaiando uma

semeadora na implantação da cultura do milho em sistema de plantio direto, OLIVEIRA et al. (2000) observaram que não houve diferença estatisticamente significativa para os valores de profundidade de deposição de semente em três coberturas vegetais diferentes.

GUPTA et al. (1998) relatam que em condições favoráveis de temperatura do ar (15 a 25 °C) e de disponibilidade de água (-10 kPa) as plântulas de milho emergiram em 5,9 dias, com um desvio padrão de 0,4 dias, já em condições adversas de temperatura (5 a 15 °C) e disponibilidade de água (-500 kPa) as plântulas de milho emergiram em 28,0 dias, com desvio padrão de 4,2 dias. PRADO et al. (2001) não encontraram diferenças significativas no índice de velocidade de emergência das plântulas de milho, para as profundidades de três, cinco e sete centímetros, o experimento contava com suplementação hídrica. Os mesmos autores encontraram diferenças significativas para o índice de velocidade de emergência e para a altura inicial da cultura do milho, correlação linear positiva, quando as rodas compactadoras submeteram o solo a compressões diferentes. Já YORINORI et al. (1996) encontraram proporcionalidade inversa entre profundidade de semeadura (três, cinco e oito centímetros) e velocidade de germinação de sementes de milho pipoca.

Em trabalho comparando vários sistemas de manejo inicial do solo, GUPTA et al. (1998) verificaram as maiores diferenças entre as profundidades de deposição de semente pretendida e alcançada para o sistema de plantio direto, as profundidades observadas em campo sempre foram menores que as idealizadas. Ressaltando ainda que quanto maior a profundidade pretendida maior era a diferença em relação à alcançada.

Embora o coeficiente de correlação entre a profundidade de deposição da semente e o tempo para emergência para as duas linhas estudadas não sejam elevados,  $r=0,69$  e  $0,48$  para os valores da linha dois e linha três respectivamente, portanto não alcançando o valor de  $r=0,80$  adotado como valor de corte para a colinearidade, optou-se pela exclusão do estudo da variável tempo de emergência da plântula, pois os valores do coeficiente de correlação entre as duas variáveis apresentam um comportamento não linear, o que poderia prejudicar a análise de regressão linear múltipla. Decidiu-se pela manutenção da variável profundidade de deposição da semente por essa ser uma das principais representantes da interação máquina-meio no processo de semeadura sob a palha, objetivo de estudo deste trabalho.

Conforme Tabela 6, os valores dos testes de normalidade, da variável profundidade de deposição para a linha dois demonstraram que a mesma não apresenta tal comportamento. Sendo necessário o processo de transformação.

Com vistas à identificação de correlação serial para as variáveis, profundidade de deposição de semente para as linhas dois e três, realizou-se análise visual dos gráficos de resíduos versus a própria variável, conforme Figura 6. OPAZO (2002) demonstra que um acentuado comportamento “senoidal” dos resíduos em relação à reta de normalidade indica a presença de correlação serial. Devido às dificuldades da análise visual para a identificação da correlação serial esta análise preliminar não será realizada.

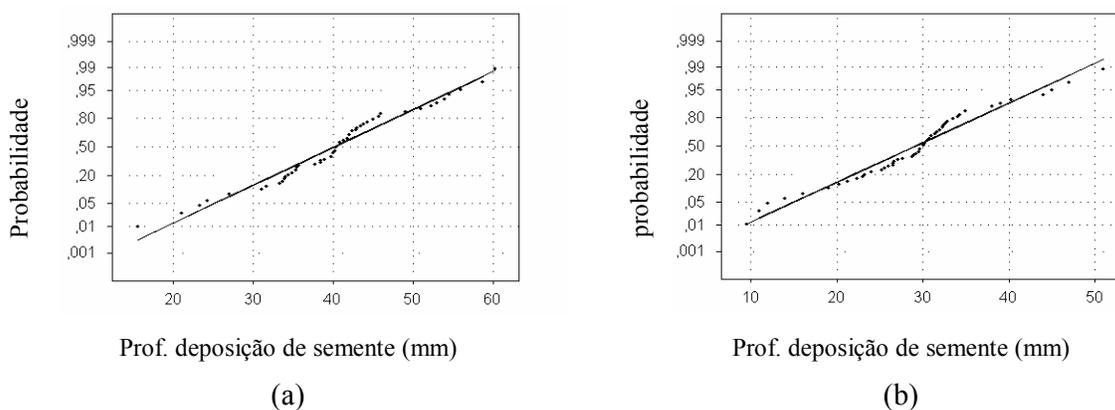


FIGURA 6 – Probabilidade normal para a profundidade de deposição de semente para as linhas dois(a) e três(b).

A observação da Figura 6 indica uma tendência de comportamento “senoidal” dos resíduos, mais acentuado para profundidade de deposição da semente da linha dois, variável que não apresentou comportamento normal, conforme análise dos testes apresentados na Tabela 6. Porém devido à importância das variáveis profundidades de semeadura, escolhidas como representantes do processo de semeadura, este comportamento não deve ser considerado como motivo para corte das variáveis. No decorrer do estudo novos comentários, bem como tentativa de normalização da profundidade de semeadura da linha dois serão descritos.

#### 5.4 - Estatística descritiva e análise de normalidade das variáveis utilizadas

A Tabela 7 mostra os valores da análise descritiva e testes de normalidade das variáveis de fertilidade química do solo. Nesta se observa que os valores que descrevem a tendência central do grau de acidez do solo (pH) podem ser considerados como de acidez de média a fraca conforme MUZILLI et al. (1978). Sendo o coeficiente de variação para o pH de 6,9%, considerado baixo conforme GOMES (1990). Ainda pensando em acidez de solo, os cátions alumínio (Al) e hidrogênio (H) também mostram informações importantes. MUZILLI et al. (1978) descreve como não tóxica a presença de Al em concentrações inferiores a  $0,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$ , valor este encontrado como máximo no presente estudo, conforme Tabela 7.

FONTOURA (2002) compilou valores de 747 análises de solo, equivalentes a 111 propriedades agrícolas para região de Guarapuava, Paraná, onde o sistema de plantio direto também é uma realidade, encontrou  $0,14 \text{ cmolc dm}^{-3}$ , como valor médio para o Al. Para os Campos Gerais mais especificamente, SÁ (2001) estudando variabilidade espacial em quatro áreas da região, sendo três destas de uso agrícola, duas com dez anos de adoção do sistema plantio direto e uma com vinte anos de plantio direto, encontrou nas três áreas agrícolas o conteúdo de alumínio trocável variando entre zero e  $0,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$ , enquanto GARBUIO (2002) encontrou  $0,12 \text{ cmolc dm}^{-3}$  como valor médio para 25 diferentes áreas agrícolas. DOURADO NETO e FANCELLI (2000) em referência específica para a cultura do milho, classificam os valores de Al no intervalo de  $0,1$  a  $0,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$  como baixos e consideram o valor zero como ideal.

Os valores comentados e os relatados na Tabela 7 demonstram a preocupação dos produtores agrícolas da região e o nível tecnológico dos mesmos.

Para a soma H+Al, MUZILLI et al. (1978) e a CFS RS/SC (1994), os quais seriam os estudos mais aplicados, devido a variável de controle clima, não apresentam valores de níveis de fertilidade para esta variável. Já a CFS MG (1998), denomina esta variável como acidez potencial e considera como  $5 \text{ cmolc dm}^{-3}$  o valor limite entre o nível médio e alto, observando-se a Tabela 7, fica claro um valor muito próximo deste como representante da tendência central para o estudo.

TABELA 7 – Valores da análise descritiva das variáveis de fertilidade química do solo (total de 60 pontos amostrados em gride) (profundidade de 0-200 mm).

Variável	média	mediana	moda	máximo	mínimo	desvio padrão	CV(%)	probabilidade (%) de testes de normalidade		
								A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
pH (em CaCl <sub>2</sub> )	5,38	5,35	5,1	6,2	4,6	0,37	6,9	0,176	>0,10	>0,15
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,02	0,0	0,0	0,3	0,0	0,06	300	0,000	<0,01	0,004
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	5,18	4,96	5,76	9,01	3,18	1,22	23,5	0,040	<0,10	>0,15
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,81	4,80	4,70	6,30	3,20	0,78	16,2	0,250	>0,10	>0,15
Ca+Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	7,88	7,85	7,60	10,5	5,50	1,17	14,8	0,148	>0,10	0,134
P (mg dm <sup>-3</sup> )	6,09	5,60	4,60	13,10	1,80	2,35	38,5	0,005	<0,01	>0,15
K (cmolc d m <sup>-3</sup> )	0,22	0,18	0,16	0,55	0,08	0,11	50,3	0,000	<0,10	<0,01
C (g dm <sup>-3</sup> )	21,1	21,0	22,0	27,0	17,0	2,1	9,9	0,034	>0,10	>0,15
CTC (cmolc dm <sup>-3</sup> )	13,28	13,43	13,66	15,61	10,84	0,96	7,2	0,394	>0,10	>0,15
V(%)	61,1	61,0	65,0	77,0	39,0	8,14	13,3	0,508	>0,10	>0,15
Relação Ca/Mg	1,58	1,57	1,50	2,15	1,03	0,18	11,5	0,576	>0,10	>0,15
Relação Ca/K	27,37	24,50	34,61	60,00	8,91	13,64	49,9	0,004	<0,01	0,048

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

Para o fósforo, macro elemento primário passível de análise, observa-se, na Tabela 5, coeficiente de variação de 38,5%, muito alto para GOMES (1990), e que conforme classificação sugerida por MUZILLI et al. (1978), indica que a área estudada tem valores em três categorias diferentes, desde baixos até altos, sendo que os dados de tendência central moda e mediana classificam os dados como médios. Já para CFS RS/SC (1994) os valores podem ser classificados de médios a altos. FONTOURA (2002) encontrou, para região de Guarapuava, 7,2 mg dm<sup>-3</sup> como valor médio de fósforo, relatou ainda que 46% destes valores estavam no intervalo de 4 a 9 mg dm<sup>-3</sup>.

Para o potássio, outro macro elemento primário passível de análise, observa-se também, na Tabela 7, um coeficiente de variação de 50,3%, muito alto para GOMES (1990), sendo os valores, conforme sugestão de MUZILLI et al. (1978), classificados como médios e altos, sendo que todos os parâmetros de tendência central classificam a área em questão com conteúdo médio de potássio. Conforme classificação da CFS RS/SC (1994) os valores encontrados podem ser considerados de baixos a altos. FONTOURA (2002) encontrou 0,31 cmolc dm<sup>-3</sup> como valor médio de potássio, para os solos agrícolas da região de Guarapuava.

Comparando a aplicação generalizada de fertilizante considerando a área em estudo como homogênea e a aplicação de fertilizantes disponíveis comercialmente, conforme mapas de variabilidade de fósforo e potássio, SCHIMANDEIRO et al. (2001) concluíram que foi aplicado na área de estudo, aproximadamente 9,6 ha, 175,0 kg de  $P_2O_5$  a menos e 138,9 kg de  $K_2O$  a mais que o necessário, considerando recomendação de MUZILLI et al. (1978). Também estudando variabilidade espacial de macronutrientes em três áreas sob manejo de plantio direto, SÁ (2001) encontrou variações semelhantes, comparando a recomendação de fertilizantes P e K em aplicação uniforme e no caso de gerenciamento localizado, o autor relata que a quantidade total de fertilizante a ser utilizada nos dois casos é praticamente a mesma, porém, constatou que um dos casos estudados demonstrou que, 23% e 34% da área total foi submetida à sub doses para o fósforo e para o potássio respectivamente.

Observando-se os valores de carbono orgânico, conforme Tabela 7, os mesmos apresentam baixos valores de coeficiente de variação, conforme GOMES (1990), este fato pode ter como explicação o tempo de adoção do sistema de plantio direto. Os valores que indicam as medidas de tendência central para o carbono classificam área com valores altos segundo MUZILLI et al. (1978) e com valores médios de matéria orgânica conforme CFS RS/SC (1994). Os conteúdos de C, estariam contidos no intervalo de 1 a 5% de matéria orgânica, intervalo este considerado, por SINGH et al. (1992), como o de maior correlação com o rendimento das culturas. Os valores de tendência central estão pouco abaixo de  $25 \text{ g dm}^{-3}$  de C, considerados por FONTOURA (2002) como valor médio para a região de Guarapuava, Paraná. Para região dos Campos Gerais, SÁ (2001) encontrou valores médios entre 20 e  $39 \text{ g dm}^{-3}$  de C, como variação do conteúdo de carbono no horizonte Ap, em três áreas agrícolas na região dos Campos Gerais. GARBUIO (2002) encontrou, para 25 diferentes áreas agrícolas, um valor médio para região dos Campos Gerais de  $25,1 \text{ g dm}^{-3}$  de C e um desvio padrão de  $6,5 \text{ g dm}^{-3}$ .

Ainda analisando a Tabela 7, nota-se o baixo coeficiente de variação da CTC, conforme GOMES (1990), isto mostra coerência com o baixo coeficiente de variação do carbono na mesma área de estudo, segundo MALAVOLTA (1980) e RAIJ (1991). WIETHÖLTER (2002) relata que quanto maior a capacidade de troca de cátions (CTC) maior a fertilidade química de um solo. POTAFOS (1998) relata a existência de valores próximos de zero  $\text{cmolc dm}^{-3}$  para solos arenosos e com baixo conteúdo de matéria orgânica até valores

acima de  $50 \text{ cmolc dm}^{-3}$  para solos argilosos e com presença razoável de conteúdo de matéria orgânica no solo. MUZILLI et al. (1978) e CFS RS/SC (1994) em suas sugestões de classificação de solo, quanto a fertilidade química, não consideram os valores de CTC. Já a CFS MG (1998) classifica a CTC do solo maior que  $10 \text{ cmolc dm}^{-3}$  como teor muito elevado. FONTOURA (2002) encontrou valor de CTC próximo de  $8 \text{ cmolc dm}^{-3}$  como média para os solos agrícolas da região de Guarapuava-PR e GARBUIO (2002) encontrou como média para a região dos Campos Gerais - PR, o valor de  $8,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$ , sendo assim os valores de tendência central de CTC para a área estudada, conforme Tabela 5, podem ser considerados elevados, caracterizando regionalmente a área como de alta fertilidade química quanto a saturação por íons básicos. Testando combinações de solos agrícolas com matéria orgânica e areia, McCOY (1998) analisou a influência destas combinações na CTC, utilizou análise de regressão, para tal testou anormalidade dos dados, e no caso da CTC, também não encontrou problemas.

Conforme IAC (1997) e CFS MG (1998) os valores que indicam tendência central para a saturação por bases (V%) são classificados como médios. FONTOURA (2002) encontrou como média para a região de Guarapuava, áreas sob plantio direto, um valor de saturação por bases (V%) de 56,1 %. FANCELLI e DOURADO NETO (2000) citam como valores adequados para V% para o milho o intervalo de 50 a 65% e PITTA et al. (2002) sugerem um intervalo de 50 a 60%. Conforme análise da Tabela 7, os valores encontrados como médios para a área em estudo são adequados.

Além de ser essencial para as culturas, o cálcio é também elemento responsável pela correção de acidez do solo. MUZILLI et al. (1978) e CFS RS/SC (1994) classificam valores no solo superiores a  $4,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$  como altos. Outra variável comumente analisada nos laboratórios é o magnésio, este é disponibilizado para interpretação de maneira individual ou a soma com o cátion cálcio. Para soma dos cátions cálcio e magnésio, MUZILLI et al. (1978) e CFS RS/SC (1994) relatam que valores superiores a  $4,8 \text{ cmolc dm}^{-3}$  devem ser considerados valores elevados. Para a área em estudo conforme Tabela 7, podem ser considerados como altos os valores tanto de cálcio, como da soma de cálcio e magnésio.

Em se tratando da relação entre os cátions disponibilizados como resultado da análise e tomando como referencial teórico a sugestão de MALAVOLTA (1980) e o encontrado por SÁ (1993a) para a região, observa-se, na Tabela 7, que os valores médios da relação Ca/Mg

não estão de acordo com MALAVOLTA (1980), porém apresentam valores semelhantes aos encontrados por SÁ (1993a). FONTOURA (2002) encontrou uma relação de Ca/Mg próxima de 2:1 como valor médio para os solos da região de Guarapuava. Para relação que envolve o potássio, os valores encontrados estão acima do encontrado por ROSOLEM et al. (1984), os quais concluíram que as relações de Ca/K devem ser superiores a 7,4.

Quanto à variabilidade dos valores de fertilidade química do solo retratados na Tabela 7, os mesmos tem concordância com NICOLODI et al. (2000), que preocupados com a amostragem do solo para análise, estudando área de plantio direto, encontraram baixos valores para o coeficiente de variação das variáveis; pH, matéria orgânica e soma de bases, enquanto as variáveis fósforo e potássio apresentaram valores elevados. Um exemplo demonstrado pelos autores seria a necessidade matemática de 1231 amostras para uma área de cinco hectares visando dimensionar o conteúdo de fósforo no solo. SALVIANO et al. (1998) estudando variabilidade de atributos de um ARGISSOLO sob sistema convencional, em Piracicaba - São Paulo, também observaram coeficientes de variação elevados pra P e K, 75,4 e 52,3 % respectivamente. Os dois trabalhos citados atribuem a alta variabilidade a deposição do fertilizante em linha para as culturas antecessoras.

SANTOS e VASCONCELOS (1987) estudando o número de amostras de solo necessárias para representar o fenômeno variabilidade de características químicas do solo, considerando diferentes manejos, encontraram menores coeficientes de variação para os valores de pH, Al e matéria orgânica e, maiores para P, K, Ca e Mg. STEIN et al. (1997) estudando a variabilidade de parâmetros do solo em área de um hectare, encontraram menores coeficientes de variação para os valores de pH e conteúdo de carbono e maiores para fósforo, CTC e soma de bases. BOYER et al. (1996) estudando área de 30 hectares e com transeções nas vertentes e em nível, também encontraram valores de coeficiente de variação elevados para o fósforo quando comparados com os de conteúdo de carbono.

Caracterizando a variabilidade de dez variáveis físicas e químicas do solo em uma área de 0,5 ha, com vários níveis de degradação por processos erosivos, OYDELE e AINA (1998) encontraram coeficientes de variação que variaram de 4,8 a 39,3%, os quais os autores consideraram elevados. Neste caso os coeficientes de variação do pH, conteúdo de matéria orgânica e CTC foram de 8,0; 23,5 e 30% respectivamente.

Detalhe interessante a ser observado é a semelhança entre os valores médios, representados na Tabela 7, das variáveis de fertilidade química do solo para as 60 amostras, e os valores da análise utilizada pelo responsável técnico pela área para a recomendação de correção da fertilidade, conforme Tabela 1. Os valores dos conteúdos de fósforo (P) e potássio (K), confirmando o parágrafo anterior, foram os que apresentaram as maiores diferenças entre as medidas de tendência central das duas diferentes formas de análise.

De acordo com os testes de verificação da normalidade para as componentes de fertilidade química do solo, demonstrados na Tabela 7, as variáveis, cálcio (Ca), cálcio+magnésio (CaMg), CTC, saturação por bases (V%) e relação cálcio/magnésio (RelCaMg), apresentaram valores superiores aos limites sugeridos para os três métodos analisados. Sendo assim assume-se, estas variáveis como de comportamento estatístico normal, utilizando-se para os estudos subseqüentes os valores originais. Para as variáveis, alumínio (Al), soma de alumínio+hidrogênio, potássio (K), fósforo (P), carbono (C) e razão cálcio/potássio pelo menos um dos valores limites dos métodos analisados não foi respeitado, indicando que estas têm algum tipo de problema, não respeitando um comportamento estatístico normal. Nestes casos processos de transformação se fazem necessários.

Estudando variabilidade espacial de fósforo e potássio em três áreas agrícolas, representativas dos Campos Gerias, SÁ (2001) encontrou problemas de normalidade para os valores amostrados do conteúdo de fósforo em todas as áreas, e em duas para o potássio.

Devido a grande quantidade de valores nulos, presentes e tendo como valor máximo  $0,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$ , inferior ao considerado tóxico para as culturas, conforme MUZILLI et al. (1978) e a CFS RS/SC (1994), optou-se pela retirada da variável alumínio da posterior análise de regressão.

Estudando a correlação de vários parâmetros do solo, STEIN et al. (1997) relatam que coeficientes de variação, destes parâmetros, menores que 50% indicam que estes são homogêneos em se tratando de solo. No caso em discussão, conforme Tabela 7, somente os conteúdos de alumínio, potássio e a razão cálcio/potássio poderiam ser considerados com alta variabilidade.

Conforme relatado, estudos de transformação dos valores de variáveis com problemas quanto ao comportamento não normal foram realizados. Para as cinco variáveis de fertilidade química que apresentaram problemas quanto a não normalidade dos dados, quatro

tiveram o problema solucionado pela aplicação da função matemática logaritmo natural (base 2,7182), conforme testes de normalidade apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 – Coeficiente de variação e testes de normalidade das variáveis geradas com a transformação dos valores originais.

Variável	CV(%)	probabilidade (%) de testes de normalidade		
		A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
ln H+Al	14,1	0,375	>0,10	>1,15
ln K	29,3	0,262	>0,10	>0,15
ln P	22,3	0,485	>0,10	>0,15
ln Ca/K	15,9	0,345	>0,10	>0,15

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

Para a variável conteúdo de carbono todas as tentativas de transformação não surtiram efeito, o aumento de probabilidade de normalidade dos dados transformados foi insignificante, quando do teste do tipo Anderson-Darling. A variável citada foi submetida a transformações do tipo logaritmo natural, raiz quadrada, inverso dos valores, arco cujo seno tem o valor da variável, bem como o ajuste de funções a variável conforme sugestões de MENK e NAGAI (1983) e de SAMOHYL (2001). Devido à importância do conteúdo de carbono como componente de fertilidade do solo e dois dos testes de verificação de normalidade de distribuição terem resultados positivos optou-se, pela manutenção desta variável na análise com os valores originais.

A Tabela 9 mostra os valores da análise descritiva das variáveis de fertilidade física do solo, através dos valores do conteúdo de argila, mínimo e máximo, pode-se classificar a área em estudo com textura variando de média (intervalo do conteúdo de argila de 150 a 350 g kg<sup>-1</sup>) a argilosa (intervalo do conteúdo de argila de 350 a 600 g kg<sup>-1</sup>), conforme EMBRAPA (1999). Embora a área apresente a referida variabilidade para o conteúdo de argila, sendo o coeficiente de variação médio conforme GOMES (1990), este pode ser considerado baixo para a importância do atributo argila bem como pelo tipo análise proposta.

TABELA 9 - Análise descritiva das variáveis de fertilidade física do solo( total de 60 pontos amostrados em gride) (profundidade de 0-200 mm).

Variável	média	mediana	moda	máximo	mínimo	desvio padrão	CV(%)	probabilidade (%) de testes de normalidade		
								A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	356	340,5	388	538	213	72,6	20,3	0,039	>0,10	0,046
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	185	187	188	307	80	37,4	20,2	0,160	>0,10	>0,15
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	457	460	520	560	320	59,7	13,0	0,381	>0,10	>0,15
ProfA (mm)	190	190	200	250	150	12,3	12,4	0,101	>0,10	>0,15
ProfTotA (mm)	405	385	410	620	200	93	22,9	0,001	<0,10	<0,01
Cota (mm)	8840	8275	-	19490	zero	5108	57,7	0,081	>0,10	0,075
Resíduo(Mg ha <sup>-1</sup> )	4,72	4,52	4,40	7,60	3,20	1,01	21,4	0,014	>0,10	>0,15

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

Correlacionando formas de relevo e a textura do solo em uma área de 350 hectares na Região dos Campos Gerais, SÁ (1995) observou que o conteúdo de argila variava de 208 a 592 g kg<sup>-1</sup>. Em outro trabalho, objetivando definição de zonas de manejo em quatro áreas nas regiões dos Campos Gerais, SÁ (2001) relata que para a área de formação Furnas (arenito) os conteúdos médios de argila, para as camadas superficiais (0 até 200 mm) apresentaram-se em torno de 300 g kg<sup>-1</sup>, para a área de formação Ponta Grossa (folhelho) os teores médios apresentaram-se em torno de 700 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que para outras áreas os valores médios para o conteúdo de argila foram em torno de 400 g kg<sup>-1</sup>.

Os valores do coeficiente de variação para os componentes de textura do solo, demonstrados na Tabela 9, podem ser considerados coerentes conforme bibliografia correlata. SALVIANO et al. (1998) encontraram valores entre 6 e 32%, MOULIN et al. (1994) encontraram valores entre 12 e 26% e LIBARDI et al. (1986) em Terra Roxa Estruturada, encontraram valores entre 7,5 e 19%. HERRERA (2003) encontrou em três áreas distintas, na região dos Campos Gerais, Paraná, coeficientes de variação para argila de 16 a 37%, OYEDELE e AINA (1998) encontraram coeficiente de variação de 12,9% para o conteúdo de argila em solo com diferentes graus de processos erosivos. ALBUQUERQUE et al. (1996) trabalhando em um Podzólico Vermelho-Amarelo (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO), relevo ondulado e declividade média de 7%, encontraram coeficiente de variação de 27,3% para o conteúdo de argila e de 28,4% para a profundidade do horizonte A. VIEIRA et al. (1992) encontraram coeficientes de variação entre 1,8 e 8,5% para os teores de argila de três

diferentes solos do estado de São Paulo. BOYER et al. (1996) estudando solos com declividades de 8 a 60%, determinaram para cinco transeções, quatro em vertentes e uma em nível, valores de coeficiente de variação para o conteúdo de argila entre 15,6 e 41,6%.

Em quatro diferentes locais, os quais representariam os solos da região dos Campos Gerais, SÁ (2001) determinou a profundidade do horizonte A conforme posição na vertente, encontrou um valor mínimo de 150 mm e um valor máximo de 200 mm.

Correlacionando o rendimento do milho com a profundidade do horizonte A, FIORIN et al. (1997) dividiram o talhão para estudos em duas partes, uma identificada pelos autores como de solo raso, com profundidade de horizonte A variando de 0,30 a 0,50 m, e outra identificada como solo profundo, onde a variação era de 0,70 a 0,90 m, houve diferença estatística entre os dois tratamentos. O referido experimento foi repetido em dois anos agrícolas, quando da ocorrência de déficit hídrico (veranicos segundo os autores) a diferença entre os rendimentos foi mais acentuada. Visualizando a Tabela 9, conclui-se que no mínimo 68,26% (média das amostras + ou - um desvio padrão) dos valores amostrados da profundidade total de A (ProfTotA) podem ser considerados, conforme FIORIN et al. (1997), como solos rasos. SWAN et al. (1987) observaram diferenças nos valores do rendimento do milho, conforme diferentes profundidades de horizonte A+B, sendo os valores médios das profundidades para cada tratamento de 0,47, 1,04, 1,17 e 1,57 m.

Em estudos que visavam correlacionar rendimento de trigo com parâmetros de geomorfologia, YANG et al. (1998), conseguiu correlação significativa entre o rendimento e a cota, em quatro áreas agrícolas, a amplitude das cotas variou de 3.390 a 6.950 mm. De acordo com Tabela 9, observa-se que a cota da área em estudo apresenta valores superiores aos comentados, portanto interessantes para o trabalho proposto.

Quanto à quantidade de resíduo das culturas anteriores em superfície, neste caso em grande parte, resíduos da cultura de aveia preta, cuja semeadura não visava a exportação de grãos, observa-se na Tabela 9 valores coerentes com a bibliografia correlata. DERPSCH et al. (1991) pesquisando culturas de inverno, em Londrina-Paraná, relatam que em três anos agrícolas de trabalhos a massa seca de aveia preta variou de 2,11 a 5,51 Mg ha<sup>-1</sup>, com média de 4,11 Mg ha<sup>-1</sup>. CALEGARI (1992) comparando a produção de massa seca de aveia preta com outras culturas de adubos verdes de inverno em Salgado Filho - Paraná, relata uma produção, média de três anos, de 5,82 Mg ha<sup>-1</sup>. MONEGAT (1991) encontrou, para a região de

Chapecó–Santa Catarina, em quatro anos de estudo, um rendimento médio de 8,67 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca da parte aérea de aveia preta.

Verificando-se os valores encontrados como probabilidade de adequação a curva normal pelas variáveis sugeridas, Tabela 9, nos três testes assumidos, ficam claros problemas nos valores das variáveis; areia (Areia), profundidade total do horizonte A (ProfTotA), cota dos pontos (Cota) e quantidade de resíduo em superfície (Resíduo). Para as variáveis citadas, estudos para transformação de valores foram necessários. As transformações sugeridas e os testes de normalidade para as novas variáveis geradas são demonstrados na Tabela 10.

TABELA 10 – Coeficiente de variação e testes de normalidade das variáveis geradas com a transformação dos valores originais.

Variável	CV(%)	probabilidade (%) de testes de normalidade		
		A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
ln Areia	3,5	0,160	>0,10	>1,15
ln ProfTotA	6,4	0,166	>0,10	>0,15
Raiz Cota	34,1	0,222	>0,10	>0,15
ln Resíduo	4,3	0,314	>0,10	>0,15

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

Para todas as variáveis de fertilidade física que apresentaram problemas quanto à normalidade dos seus valores, as aplicações das funções matemáticas logaritmo natural (base 2,7182) e raiz quadrada do valor solucionaram o problema quanto aos testes adotados. Para a variável profundidade total do horizonte A, a transformação sugerida por SAMOHYL (2001) também apresentou a probabilidade de normalidade para o teste de Anderson-Darling de p=0,166. Para este caso específico, optou-se pela utilização da transformação por logaritmo natural por ser esta menos complexa.

Quando da análise da variável plantas espontâneas observou-se a quase inexistência destas junto aos pontos estudados. A maioria das notas atribuída para quantificação desta variável foi a nota zero, isto é a inexistência de plantas espontâneas junto a cultura do milho. Em dezoito dos sessenta pontos acompanhados atribuiu-se nota 0,5, em uma escala de zero a seis, esta representava a presença de duas ou três plantas de picão preto (*Bidens pilosa* L.) e ou leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.). Apenas nos pontos 14 e 15, provavelmente devido a uma

movimentação de solo realizada pelo produtor após colheita de soja e antes da implantação da cultura da aveia preta, observou-se a presença de papuã (*Brachiaria plantaginea*), uma planta da família das Poaceas (Gramínea), idêntica ao milho. Nestes pontos foram atribuídas notas 2 e 3, respectivamente. Tal nota foi atribuída devido a uma possível competição devido a composição das plantas espontâneas (MELHORANÇA et al., 1997; FANCELLI & DOURADO NETO, 2000 e SANDINI, 2000).

Lembrando comentário de SILVA (1997) o qual relata que, o rendimento do milho em condições corretas de controle das espontâneas por herbicidas, mesmo com a presença de algumas plantas espontâneas alcançam altos rendimentos, igualando-se ao milho mantido no em todos os estádios no limpo (sem a presença de plantas espontâneas). Conforme os resultados encontrados e a discussão anterior optou-se pela retirada da variável plantas espontâneas das análises subseqüentes.

A Tabela 11 mostra os valores da análise descritiva e testes de normalidade das variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento relativos à linha dois. Não serão traçados comentários sobre a variável profundidade de deposição da semente neste momento, pois estes já foram realizados quando da discussão da Tabela 6.

TABELA 11 - Análise descritiva e testes de normalidade das variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento relativo à linha dois de semeadura.

Variável	média	mediana	moda	máximo	mínimo	Desvio Padrã o	CV(%)	Probabilidade (%) de testes de normalidade		
								A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
ProfSem(mm)	40,1	40,3	35,3	60,3	15,5	8,7	21,8	0,079	>0,10	0,111
População(pl ha <sup>-1</sup> )	54148	52122	-	89954	21599	13309	24,6	0,442	>0,10	>0,15
PresPop(pl ha <sup>-1</sup> )	46780	46938	54348	75107	19305	11199	23,9	0,962	>0,10	>0,15
ÍndicePressão	0,53	0,54	0,59	0,77	0,21	0,11	20,8	0,415	>0,10	>0,15
ProbPlanta	2,0	2,0	2,0	3,2	0,8	0,53	26,7	0,898	>0,10	>0,15
ProbEspiga	0,5	0,5	0,6	1,0	0,0	0,24	51,5	0,510	>0,10	>0,15
MassaGrão(g pl <sup>-1</sup> )	173,8	173,2	178,9	219,4	133,8	22,48	12,9	0,596	>0,10	>0,15
Dmaior (mm)	28,4	28,4	27,2	31,0	24,5	1,0	3,5	0,019	0,011	0,066
Dmenor (mm)	24,4	24,5	24,4	26,4	20,8	1,0	4,2	0,000	<0,01	<0,01
AltPanta (m)	2,50	2,51	2,54	2,62	2,28	0,07	2,8	0,102	0,084	>0,15
AltEspiga (m)	1,16	1,17	1,18	1,23	1,07	0,04	3,1	0,007	0,069	>0,15

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

Observa-se para a variável população de plantas, conforme Tabela 11, que os indicadores das medidas de tendência central apresentam valores respeitando o intervalo de população recomendada para o híbrido utilizado, conforme DEKALB (s.d.) o ideal seriam populações de plantas entre 50.000 e 60.000 pl ha<sup>-1</sup>. A EMBRAPA (1997) relata que para milhos híbridos precoces, o que é o caso, geralmente populações entre 40.000 e 60.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentam bons resultados quanto ao rendimento de grãos.

Para variável pressão de população, conforme Tabela 11, observa-se que os valores dos indicadores de tendência central mostram valores próximos, porém inferiores, aos encontrados por SCHIMANDEIRO (2002) que em levantamento sobre o processo de semeadura na região dos Campos Gerais, onde foram visitadas 48 propriedades distintas, encontrou como intervalo das médias de pressão de população dos processos, 53.102 a 82.304 pl ha<sup>-1</sup>. Para as medidas de dispersão, observou-se coeficiente de variação de 23,9%, o que segundo GOMES (1990) é considerado alto, porém conforme valores apresentados para a região por SCHIMANDEIRO (2002), onde o coeficiente de variação variou de 12 a 61%, e sugestão de COELHO (1996) onde um CV=50% seria o máximo coeficiente de valores de distribuição de plantas para o sistema dosador do tipo disco perfurado horizontal, o processo de semeadura da linha dois pode ser considerado normal.

Os valores de pressão de população para a linha dois de semeadura mostraram-se diferentes da tendência regional, conforme SCHIMANDEIRO (2002) há uma tendência de elevação no número de plantas por área, por parte dos responsáveis pela cultura do milho na região dos Campos Gerais, talvez pelo fato de uma melhora nas condições físicas, biológicas e químicas dos solos, advindas da adoção do sistema plantio direto.

Em conjunto com a pressão de população (PresPop) deve-se analisar a variável índice de pressão de população (ÍndicePresão), visando correlacionar esta com o rendimento do milho, COLET (2003) levantou valores para 25 propriedades na região dos Campos Gerais, e chegou a um valor médio de 0,66, com um desvio padrão de 0,10; estes comparados com os valores da Tabela 9, mostra que o processo de semeadura representado pela linha dois, esta muito próximo do limite inferior regional. Interessante salientar que no estudo de COLET (2003) algumas das máquinas utilizadas nas propriedades estudadas apresentavam o sistema dosador pneumático de sementes, o que conforme REIS e ALONÇO (2001) apresenta

tendência de um menor coeficiente de variação dos valores de espaçamento longitudinal entre sementes distribuídas e, conseqüentemente entre espaçamento longitudinal entre plantas.

As variáveis denominadas problema na planta (ProbPlanta) e problema na espiga (ProbEspiga), já descritas neste estudo, tem caracterização própria de metodologia, o que desaconselha uma comparação com outros trabalhos. As medidas de dispersão destas variáveis indicam uma alta variabilidade, conforme GOMES (1990).

Quanto ao rendimento de grãos, neste estudo representado pela variável massa de grãos por planta, observa-se na Tabela 11 um coeficiente de variação de 12,9%, considerado médio, estatisticamente, conforme GOMES (1990). BAKHSH et al. (2000a) analisando temporalmente o comportamento do rendimento da cultura do milho, adotando unidade amostral de 40 m<sup>2</sup>, e 245 pontos em uma área de aproximadamente 25 ha, chegou a coeficientes de variação entre 5 e 20%, sendo estes considerados normais pelos autores. SADLER et al. (1998) analisando o rendimento do milho em uma área de oito hectares, em parcelas com 20 m<sup>2</sup>, encontraram coeficientes de variação entre 17 e 51%, conforme diferentes anos agrícolas.

SCAPIM et al. (1995) realizaram trabalho específico sugerindo classificação quanto aos coeficientes de variação dos principais caracteres da cultura do milho, foram compilados 66 trabalhos sobre a cultura do milho, os autores concluíram que um coeficiente de variação de 14,9% para a massa de grãos por espiga é considerado médio, embora este concorde com GOMES (1990) para o valor mencionado, os referidos autores apresentam intervalos com magnitudes diferentes.

Os descritores fitotécnicos diâmetro maior e menor mostraram valores médios superiores aos encontrados por NETTO et al. (2002) que estudaram 58 acessos da coleção núcleo do banco de germoplasma da EMBRAPA, estes autores encontraram 22,9 mm como valor do diâmetro médio de colmo. Os valores apresentados na Tabela 11 mostraram-se superiores também aos encontrados por MARQUES & BENEZ (2000) e POSSAMAI et al. (2001), os quais utilizaram a variável diâmetro médio do colmo como variável dependente no estudo de diferentes manejos de solo e culturais no pré-plantio de milho. Nos três trabalhos citados as populações de plantas por unidade de área eram maiores que os encontrados no trabalho em discussão. Em se tratando de medidas de dispersão dos diâmetros do colmo, os valores do coeficiente de variação apresentados na Tabela 11 são considerados baixos

conforme GOMES (1990), e coerentes com os encontrados por NETTO et al. (2002) e MARQUES e BENEZ (2000), 6,88 e 5,07% respectivamente.

SILVA e SILVA (1998) realizaram trabalho visando determinar o tamanho amostral na estimativa de alguns caracteres do milho, para parcelas com 26 plantas de treze cultivares de milho, os autores determinaram que 9 e 7 plantas seriam suficientes como amostra para altura de planta e altura de inserção de espiga respectivamente. Os coeficientes de variação, para os dois caracteres citados com os devidos tamanhos de amostras, seriam 11,0 e 14,0% respectivamente. Para os caracteres altura de planta e altura de espiga os valores de coeficiente de variação, observados na Tabela 11, são considerados baixos tanto por SCAPIM et al. (1995) como por GOMES (1990).

Verificando-se os valores encontrados como probabilidade de adequação a curva normal pelas variáveis sugeridas como antrópicas e de rendimento para a linha dois de semeadura, Tabela 11, nos três testes assumidos, ficam claros problemas nos valores das variáveis; profundidade de semeadura, (ProfSem) diâmetro maior (Dmaior) e menor do colmo (Dmenor), altura da planta (AltPlanta).

Para as variáveis citadas, estudos para transformação de valores foram necessários. As transformações sugeridas e os testes de normalidade para as novas variáveis geradas estão demonstrados na Tabela 12.

TABELA 12 – Coeficiente de variação e testes de normalidade das variáveis geradas com a transformação dos valores originais para as variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento da linha dois de semeadura.

Variável	CV(%)	probabilidade (%) de testes de normalidade		
		A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
raiz ProfSem (mm)	10,0	0,129	>0,10	>0,15
inversoDmaior(mm)	3,0	0,107	>0,10	>0,15
transAltPanta (m) <sup>4</sup>	2,5	0,326	>0,10	>0,15

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

<sup>4</sup> Transformação realizada foi a retirada de um valor discrepante.

Para a normalização da variável profundidade de semeadura (ProfSem) da linha dois antes da transformação dos valores originais pela extração da raiz quadrada foi retirado da análise o menor valor, ponto 31 (15,5 mm), considerado, pela análise de frequência

discrepante. Após este procedimento a nova variável gerada (raizProfSem) apresentou normalidade, conforme Tabela 12.

Para a normalização da variável diâmetro maior do colmo (Dmaior) da linha dois, antes da transformação pela inversão dos valores originais foi retirado da análise o menor valor, ponto 15 (24,9 mm) considerado, pela análise de frequência discrepante. Com este procedimento a nova variável gerada (invDMAior) passou a apresentar normalidade da sua análise de frequência. Para a variável diâmetro menor do colmo (DMenor) não foi possível a normalização dos valores originais, todas as transformações matemáticas comentadas foram utilizados sem o efeito desejado. Porém como a correlação entre as variáveis; diâmetro maior, com valores originais e transformados, e o diâmetro menor do colmo apresentaram valores elevados,  $r = 0,916$  e  $r = -0,922$  respectivamente, optou-se pela retirada das análises subseqüentes da variável diâmetro menor do colmo.

Para a normalização da variável altura de planta (AltPlanta) todas as transformações já discutidas foram também testadas, porém não surtiram o efeito desejado. Para a normalização desta variável retirou-se do conjunto de dados o valor mensurado no ponto 30 (2,28 m), o qual a análise de frequência demonstrava ser discrepante. Através do comentado sem mais nenhuma transformação o conjunto de valores (transAltPlanta) passou a apresentar comportamento de normalidade, conforme Tabela 12.

No caso da variável altura de inserção da espiga (AltEspiga), da linha de semeadura dois, não foi possível a normalização, os valores originais foram submetidos às transformações já discutidas sem o efeito desejado. Embora as correlações estatísticas entre as variáveis; altura de planta com valores originais e transformados e a altura de inserção da espiga alcançaram  $r = 0,667$  e  $r = 0,587$  respectivamente, sejam inferiores a  $r = 0,80$  valor adotado como limite para colinearidade, optou-se pela exclusão da variável altura de inserção da espiga.

A Tabela 13 mostra os valores da análise descritiva e testes de normalidade das variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento relativos à linha três. Não serão traçados comentários sobre a variável profundidade de deposição da semente neste momento, pois estes já foram realizados quando da discussão da Tabela 6.

Observa-se para variável população de plantas, conforme Tabela 13, que os indicadores das medidas de tendência central apresentam valores menores que o intervalo de população recomendada para o híbrido utilizado, conforme DEKALB (s.d.) o ideal seriam

populações de plantas entre 50.000 e 60.000 pl ha<sup>-1</sup>. Porém próximos ao limite inferior recomendado pela EMBRAPA (1997), que relata que para milhos híbridos precoces, o que é o caso, geralmente populações entre 40.000 e 60.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentam bons resultados quanto ao rendimento de grãos.

Para variável pressão de população, conforme Tabela 13, observa-se que os valores dos indicadores de tendência central mostram valores inferiores, aos encontrados por SCHIMANDEIRO (2002) que em levantamento sobre o processo de semeadura na região dos Campos Gerais, onde foram visitadas 48 propriedades distintas, encontrou como intervalo das médias de pressão de população dos processos, 53.102 a 82.304 pl ha<sup>-1</sup>. Para as medidas de dispersão, observou-se coeficiente de variação de 32,1%, o que segundo GOMES (1990) é considerado alto, porém conforme valores apresentados para a região por SCHIMANDEIRO (2002), onde o coeficiente de variação variou de 12 a 61%, e sugestão de COELHO (1996) onde um CV = 50% seria o máximo coeficiente de valores de distribuição de plantas para o sistema dosador de disco perfurado horizontal, o processo de semeadura da linha três pode ser considerado normal.

TABELA 13- Análise descritiva e testes de normalidade das variáveis antrópicas, fitotécnicas de rendimento relativo à linha três de semeadura.

Variável	média	mediana	moda	máximo	mínimo	desvio padrão	CV(%)	Probabilidade (%) de testes de normalidade		
								A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
ProfSem(mm)	29,1	29,6	19,0	51,0	9,5	8,4	28,8	0,122	>0,10	>0,15
População(pl ha <sup>-1</sup> )	46389	48575	-	86075	14693	15867	34,2	0,131	>0,10	0,044
PresPop(pl ha <sup>-1</sup> )	39318	42735	42735	64870	14098	12615	32,1	0,018	>0,10	0,022
ÍndicePressão	0,54	0,53	0,50	0,92	0,29	0,13	22,7	0,258	>0,10	>0,15
ProbPlanta	2,2	2,2	1,8	4,2	0,4	0,89	40,4	0,365	>0,10	>0,15
ProbEspiga	0,7	0,6	0,6	1,6	0,0	0,57	54,3	0,046	0,095	>0,15
MassaGrão(g pl <sup>-1</sup> )	170,1	164,3	-	234,6	118,8	29,2	17,2	0,036	>0,10	0,055
Dmaior (mm)	286	287	290	306	258	10	3,6	0,666	>0,10	>0,15
Dmenor (mm)	240	242	240	260	217	10	4,2	0,206	>0,10	>0,15
AltPanta (m)	2,49	2,49	2,50	2,54	2,32	0,04	1,6	0,008	<0,01	0,041
AltEspiga (m)	1,18	1,18	1,19	1,24	1,10	0,02	2,0	0,019	0,095	>0,15

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

Para a variável índice de pressão de população, conforme COLET (2003) que levantou valores para 25 propriedades na região dos Campos Gerais, e chegou a um valor médio de 0,66, com um desvio padrão de 0,10; estes comparados com os valores da Tabela 13, mostram que o processo de semeadura representado pela linha três, está muito próximo do limite inferior regional. Interessante salientar que no estudo de COLET (2003) algumas das máquinas utilizadas nas propriedades estudadas apresentavam o sistema dosador pneumático de sementes, o que conforme REIS e ALONÇO (2001) apresenta tendência de um menor coeficiente de variação dos valores de espaçamento longitudinal entre sementes distribuídas e, conseqüentemente entre espaçamento longitudinal entre plantas.

Com relação aos valores apresentados em semelhante levantamento para a linha dois (Tabela 11) das variáveis que representam o processo de semeadura neste estudo, pode-se observar que os que indicam medidas de tendência central são inferiores para a linha três do processo de semeadura. Pode-se concluir que durante a execução da semeadura a linha três apresentou algum tipo de problema que a diferenciou quanto à profundidade de deposição de sementes e conseqüentemente a quantidade de plantas emergidas. Visualmente observou-se a tendência de uma maior movimentação de solo quando da passagem da linha três, este fato pode ser acarretado por inclinação diferente dos discos para abertura do sulco para sementes ou também por inclinação errônea das rodas compactadoras, por problemas de alinhamento da estrutura suporte dos mecanismos comentados; ou ainda por diferentes respostas na interação resíduo de cobertura, resistência do solo e frequência de vibração natural da mola responsável pela homogeneização da profundidade de deposição da semente. Problemas estruturais no chassi de suporte que proporcionaram a deposição mais superficial da semente em conjunto com a condição climática no momento da semeadura, pequena estiagem após a realização do processo (Figura 3) interagindo com a existência de algum problema quanto às rodas responsáveis pela compactação do solo em torno da semente pode-se considerar como justificativa mais plausível.

Outro aspecto que chama a atenção é uma razoável diferença entre os valores médios das variáveis problemas na planta (ProbPlanta) e problema na espiga (ProbEspiga) para as duas linhas de semeadura estudadas (Tabelas 11 e 13). Observando-se os valores de medida central fica clara uma tendência de maiores problemas na linha de semeadura três o que, pode ter correlação com os problemas assumidos como de “responsabilidade” do processo de

semeadura, os quais teriam acarretado um tempo médio maior para a emergência das plântulas e um conseqüente estresse inicial na cultura. O mesmo raciocínio pode ser adotado para o caractere massa de grãos por planta, embora os valores de tendência central apresentem semelhanças entre as duas linhas de semeaduras estudadas, os valores de medidas de dispersão indicam uma maior variabilidade para a linha de semeadura três.

Quanto ao rendimento de grãos, neste estudo representado pela variável massa de grãos por planta, observa-se na Tabela 13 um coeficiente de variação de 17,2%, considerado médio, estatisticamente, conforme GOMES (1990). SCAPIM et al. (1995) realizaram trabalho específico sugerindo classificação quanto aos coeficientes de variação dos principais caracteres da cultura do milho, foram compilados 66 trabalhos sobre a cultura do milho, os autores concluíram que um coeficiente de variação de 17,2% para a massa de grãos por espiga é considerado médio. Analisando temporalmente o comportamento do rendimento da cultura do milho e adotando unidade amostral de 40 m<sup>2</sup>, e 245 amostras em uma área de aproximadamente 25 ha, BAKHSH et al. (2000) chegaram a coeficientes de variação entre 5 e 20%, sendo estes considerados normais pelos autores. SADLER et al. (1998) analisando o rendimento do milho em uma área de oito hectares, em parcelas com 20 m<sup>2</sup>, encontraram coeficientes de variação entre 17 e 51%, conforme diferentes anos agrícolas.

SILVA e SILVA (1998) realizaram trabalho visando determinar o tamanho amostral na estimativa de alguns caracteres do milho, para parcelas com 26 plantas de treze cultivares de milho, os autores determinaram que 9 e 7 plantas seriam suficientes como amostra para altura de planta e altura de inserção de espiga respectivamente. Os coeficientes de variação, para os dois caracteres citados com as respectivas populações de plantas, seriam 11,0 e 14,0% respectivamente.

Para os caracteres altura de planta e altura de espiga os valores de coeficiente de variação, observados na Tabela 13, podem ser considerados baixos tanto para SCAPIM et al. (1995) como por GOMES (1990).

Os descritores fitotécnicos diâmetro maior e menor, conforme Tabela 13, mostraram valores médios superiores aos encontrados por NETTO et al. (2002) que estudaram 58 acessos da coleção núcleo do banco de germoplasma da EMBRAPA, estes autores encontraram 22,9 mm como valor do diâmetro médio de colmo. Os valores apresentados mostraram-se superiores também aos encontrados por MARQUES e BENEZ (2000) e POSSAMAI et al.

(2001). Nos três trabalhos citados as populações de plantas por unidade de área eram maiores que os encontrados no trabalho em discussão. Em se tratando de medidas de dispersão dos diâmetros do colmo, os valores do coeficiente de variação apresentados na Tabela 13 são considerados baixos conforme GOMES (1990), e coerentes com os encontrados por NETTO et al. (2002) e MARQUES e BENEZ (2000), 6,88 e 5,07% respectivamente.

Analisando as variáveis diâmetro maior ( $D_{maior}$ ) e menor ( $D_{menor}$ ) das duas linhas de semeadura acompanhadas (Tabelas 11 e 13), conclui-se que não houve diferença entre as mesmas, embora outras descritoras apresentaram tendências de diferença entre as linhas, e portanto esperava-se uma diferença entre as características dimensionais do colmo a qual não se concretizou. É interessante ressaltar que os valores de tendência central para a quantidade de plantas por área (população) estão próximos ao limite inferior do recomendado para o híbrido utilizado para as duas linhas acompanhadas, o que poderia ter proporcionado, pela baixa competição por nutrientes, água e radiação solar, o bom desenvolvimento dos colmos nas duas linhas acompanhadas.

Verificando-se os valores encontrados como probabilidade de adequação a curva normal pelas variáveis sugeridas como antrópicas e de rendimento para a linha três de semeadura, Tabela 14, nos três testes assumidos, ficam claros problemas nos valores das variáveis; pressão de população (PresPop), problemas na espiga (ProbEspiga), massa de grãos por planta (MassaGrão), altura da planta (AltPlanta) e altura de inserção da espiga (AltEspiga).

Para as variáveis citadas, estudos para transformação de valores foram necessários. As transformações sugeridas e os testes de normalidade para as novas variáveis geradas são demonstrados na Tabela 14.

Para as variáveis; população de plantas (População) e problemas nas espigas (ProbEspiga), que apresentaram problemas quanto à normalidade dos seus valores, as aplicações das funções matemáticas arco seno e logaritmo natural (base 2,7182) dos valores originais, respectivamente, solucionaram o problema quanto aos testes adotados, conforme demonstrado na Tabela 14.

TABELA 14 – Coeficiente de variação e testes de normalidade das variáveis geradas com a transformação dos valores originais para os variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento da linha três de semeadura.

Variável	CV(%)	probabilidade (%) de testes de normalidade		
		A-D <sup>1</sup>	R-J <sup>2</sup>	K-S <sup>3</sup>
arcsenPopulação(pl ha <sup>-1</sup> )	37,6	0,249	>0,10	0,144
MNPresPop(pl ha <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	-	0,146	>0,10	0,136
lnProbEspiga	38,8	0,474	>0,10	>0,15
SamoMassaGrão(g pl <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	1,9	0,167	>0,10	>0,15
transAltPlanta(m)	1,4	0,127	>0,10	>0,15

<sup>1</sup> Teste de normalidade denominado de Anderson-Darling

<sup>2</sup> Teste de normalidade denominado de Ryan-Joner

<sup>3</sup> Teste de normalidade denominado de Kolmogorov-Smirnov

<sup>4</sup> Valores originais de pressão de população transformados conforme MENK & NAGAI (1983). O CV foi omitido, pois, esta transformação chega a valores negativos e positivos, o que torna o valor do CV sem função prática.

<sup>5</sup> Valores originais de massa de grãos por espiga transformados conforme SAMOHYL (2001).

Para a normalização os valores originais da variável pressão de população foram submetidos a todas as transformações já discutidas neste documento. A transformação que melhor resultado apresentou foi uma das sugeridas por MENK e NAGAI (1983). Os autores relatam transformações complexas, denominadas translação da densidade de frequência, onde são criadas funções para a variável de interesse. No caso em voga, através da frequência absoluta da análise de frequência dos valores originais da pressão de população e com auxílio de Tabela para o teste estatístico z determinou-se o valor z não porcentual pra a distribuição de frequência, de posse destes valores em conjunto com uma prévia linearização através da função logaritmo natural e a subtração dos valores originais extremos, determinou-se uma equação linear, com o valor da inclinação da reta aproximada e a utilização novamente do logaritmo natural chega-se aos valores transformados conforme descrição de MENK e NAGAI (1983).

No caso da variável massa de grãos por planta a melhor transformação, visando a normalização, foi a demonstrada no trabalho de SAMOHYL (2001) que sugere uma transformação complexa, denominada de Box-Cox, onde a função gerada é uma composição da razão de um exponencial da variável original pelo próprio valor utilizado como exponencial. O valor de exponencial que apresentou os melhores resultados foi 0,2. A Tabela

14 mostra os valores dos testes de normalização da variável massa de grãos por planta (SamoMassaGrão) da linha três transformados.

Para variável altura de espiga todas as transformações a que foram submetidos os valores originais não surtiram o efeito desejado, isto é, não houve normalização dos dados. Como a variável altura de espiga, com os valores originais, apresentou coeficiente de correlação  $r = 0,70$  com os valores originais com a variável altura de planta e  $r = 0,488$  com os valores transformados da altura de planta, optou-se por retirar das análises subseqüentes esta variável.

Para a normalização da variável altura de planta (AltPlanta) todas as transformações já discutidas foram também testadas, porém não surtiram o efeito desejado. Para a normalização desta variável retirou-se do conjunto de dados o valor mensurado no ponto 49 (2,32 m), o qual a análise de freqüência demonstrava ser discrepante. Através do comentado sem mais nenhuma transformação o conjunto de valores (transAltPlanta) passou a apresentar comportamento de normalidade, conforme Tabela 14.

### 5.5 Análises preliminares para as análises de regressão

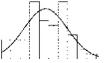
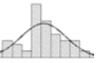
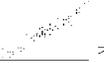
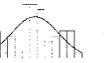
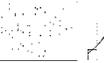
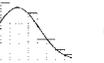
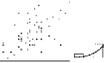
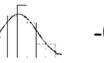
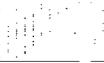
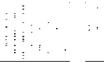
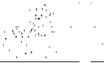
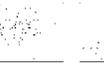
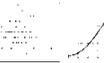
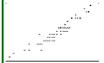
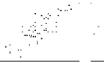
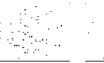
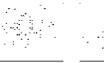
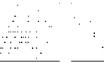
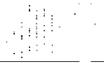
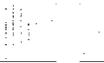
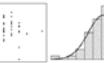
Após análise de normalidade das variáveis e de correção quando da necessidade, ou ainda supressão de variáveis, realizou-se estudo quanto à correlação das variáveis sugeridas como descritoras do fenômeno rendimento de milho, sendo estas com os valores originais ou transformados.

A Tabela 15 mostra as correlações gráficas, numéricas e os histogramas de freqüência das variáveis representativas de fertilidade química do solo.

Em uma análise de rotina de fertilidade química do solo, com algumas variações dependendo do estado da federação, devido ao fato dos solos tropicais em sua grande maioria ácidos, é dada uma atenção especial a esta variante. Na maioria das vezes são determinados; o grau de acidez do solo (pH), os principais cátions e ânions responsáveis por este potencial, alguns tóxicos para determinadas culturas, algumas relações entre estes cátions e ânions, etc. Sendo assim já era esperado que algumas dessas variáveis apresentassem correlações fortes (colinearidade), o que pode acarretar problemas na execução da análise de regressão (WERKEMA e AGUIAR, 1996; HAIR JUNIOR et al., 1998 e OPAZO, 2002).

De acordo com os coeficientes de correlação  $r$ , apresentados na Tabela 15, e o valor de  $r = 0,80$ , escolhido como valor de corte, algumas destas merecem cuidados. Observa-se entre o pH do solo e o logaritmo natural da soma de hidrogênio e alumínio um coeficiente de correlação ( $r = -0,970$ ), superior ao valor estipulado para o corte ( $r = 0,80$ ), neste caso optou-se por manter para as análises posteriores, a variável grau de acidez do solo (pH), pois, esta conceitualmente, concentra um número maior de informações.

TABELA 15 – Correlações gráficas, numéricas e histogramas de freqüência das variáveis de fertilidade química do solo.

	pH	lnHAl	CaMg	Ca	lnK	lnP	C	CTC	V%	RcaMg	lnRcaK
pH	 -0,970	0,764	0,682	0,011	0,113	0,114	-0,247	-0,947	-0,078	0,215	
lnHAl	  -0,690	-0,622	-0,008	-0,107	-0,089	-0,089	-0,948	0,061	-0,198		
CaMg	   0,962	-0,060	0,106	0,451	0,355	0,876	0,149	0,373			
Ca	    -0,010	0,166	0,480	0,394	0,820	0,408	0,339				
lnK	     0,486	-0,221	0,035	0,015	0,094	-0,943					
lnP	      -0,087	0,036	0,137	-0,422	-0,402						
C	       0,407	0,242	0,279	0,363							
CTC	        -0,127	0,254	0,092								
V%	         0,043	0,259									
RcaMg	          -0,050										
lnBask	          										

Outra correlação entre as variáveis independentes, cujo valor foi superior ao estipulado para corte foi entre os valores originais de cálcio e a soma cálcio e magnésio. Como os elementos citados compõem a análise da variável saturação por bases (V%), apresentando coeficiente de correlação também elevado com esta descritora, para as análises posteriores optou-se pela manutenção de saturação por bases (V%), pela importância desta, já discutida anteriormente. Sendo assim abdica-se das descritoras; cálcio (Ca) e soma de cálcio e magnésio (CaMg). Convém salientar que a descritora soma de hidrogênio e alumínio, transformada por logaritmo natural (lnHAl), já foi retirada da análise pela sua forte correlação com o pH.

Observa-se também na Tabela 15, um valor elevado e superior ao estipulado para corte do coeficiente de correlação entre as descritoras; grau de acidez do solo (pH) e saturação por bases (V%), porém pela importância destas, não se eliminar das análises as mesmas, adotar-se-á como estratégia a realização de duas análises de regressão múltipla, onde uma contará como uma das variáveis independentes a acidez do solo (pH) e outra análise terá como uma das variáveis independente a saturação por bases (V%).

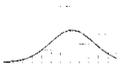
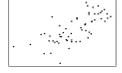
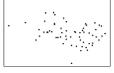
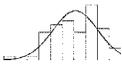
Outro valor de coeficiente de correlação elevado e superior ao sugerido como o de corte, e também esperado foi o encontrado quando da correlação das variáveis, transformadas, potássio (lnK) e a relação entre os cátions cálcio, magnésio e potássio (lnBaseK). Embora a descritora relação de cátions apresente um conjunto de informações mais complexo, esta não é tão conhecida e difundida quanto a resposta quantitativa de potássio de um solo, sendo assim a partir desta análise retira-se do estudo a variável relação de cátions (lnBaseK).

Para as variáveis de fertilidade física do solo realizou-se estudo semelhante ao já descrito, procurando identificar colinearidade entre as descritoras com este conceito. A Tabela 16 mostra as correlações gráficas, numéricas e os histogramas de frequência das variáveis de fertilidade física do solo, sendo conforme demonstrado anteriormente algumas com a utilização dos valores originais e outras com valores transformados.

Pelo simples fato de agrupar algumas variáveis em uma mesma tabela ou sob um mesmo subtítulo, fica claro que o autor espera uma certa afinidade entre as mesmas, sendo que esta afinidade pode por diversas razões ser refletida como colinearidade. Observando-se as variáveis denominadas, neste trabalho, como de fertilidade física do solo, pode-se, com exceção do resíduo vegetal em cobertura, afirmar que todas têm influência direta da formação pedogenética.

De acordo com a Tabela 16, somente as descritoras conteúdo de argila (Argila) e areia (lnAreia), esta última com os valores originais transformados, apresentaram coeficiente de correlação superior ao sugerido para corte. Como existe a influência direta das partículas de argila junto à capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo e conseqüentemente um melhor aproveitamento dos fertilizantes utilizados optou-se pela manutenção nos estudos seguintes da descritora conteúdo de argila.

TABELA 16 - Correlações gráficas, numéricas e histogramas de freqüência das variáveis de fertilidade física do solo.

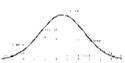
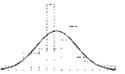
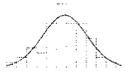
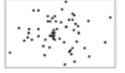
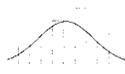
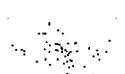
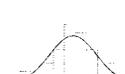
	lnAreia	Silte	Argila	ProfHorA	lnProfTotA	RaizCota	lnResid
lnAreia		-0,594	-0,835	0,009	-0,167	0,713	-0,116
Silte			0,068	-0,042	0,064	-0,315	-0,043
Arg				0,022	0,161	-0,659	0,166
ProfHorA					0,199	0,020	0,004
lnProfTotA						-0,286	0,329
RaizCota							-0,071
lnResid							

Como discutido anteriormente, pela origem das variáveis denominadas de fertilidade física do solo, esperava-se uma maior colinearidade entre estas. Valores elevados de correlação, porém não superiores ao escolhido para corte, podem ser visualizados quando da participação da variável cota dos pontos, transformada (RaizCota), o que de certa forma comprova o comentado. Uma exceção seria o coeficiente de correlação entre a variável de cota dos pontos transformada (RaizCota) e a espessura do horizonte A do solo (ProfHorA), que apresentou valores baixos, próximos a zero, isto pode ser explicado pela ação antrópica que é transformadora de camadas superficiais de solo.

Para as variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento, a Tabela 17 mostra as correlações gráficas, numéricas e os histogramas de freqüência, sendo conforme demonstrado

anteriormente algumas com a utilização dos valores originais e outras com valores transformados.

TABELA 17- Correlações gráficas, numéricas e histogramas de frequência das variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento representativas do processo na linha dois de semeadura.

	raizProfSem	População	PresPop	IndicePressão	ProbPlanta	ProbEspiga	transAltPlanta	invDmaior
raizProfSem		-0,267	-0,341	-0,309	0,134	0,165	-0,364	-0,246
População			0,917	0,148	-0,006	-0,367	0,621	0,250
PresPop				0,341	0,046	-0,368	0,734	0,389
IndicePressão					0,050	-0,243	0,345	0,320
ProbPlanta						-0,167	-0,078	-0,170
ProbEspiga							-0,285	-0,232
transAltPlanta								0,282
invDmaior								

Para o caso representado pela Tabela 17 somente a correlação entre as variáveis independentes população de plantas (População) e pressão de população (PresPop) apresentou coeficiente superior ao adotado como coeficiente de corte. Este fato já era esperado, pois, as

duas variáveis representam o mesmo fenômeno, quantidade de plantas por área, porém com metodologias diferenciadas. A população de plantas é a resposta a uma metodologia tradicional, enquanto a pressão de planta apresenta uma proposta nova e ainda não discutida na sua totalidade, porém como o objetivo do trabalho em voga é a importância do processo de semeadura na cultura do milho, optou-se pela não eliminação de nenhuma das variáveis e sim a realização de dois estudos de regressão, cada um deles com uma das descritoras de quantidade de plantas por área.

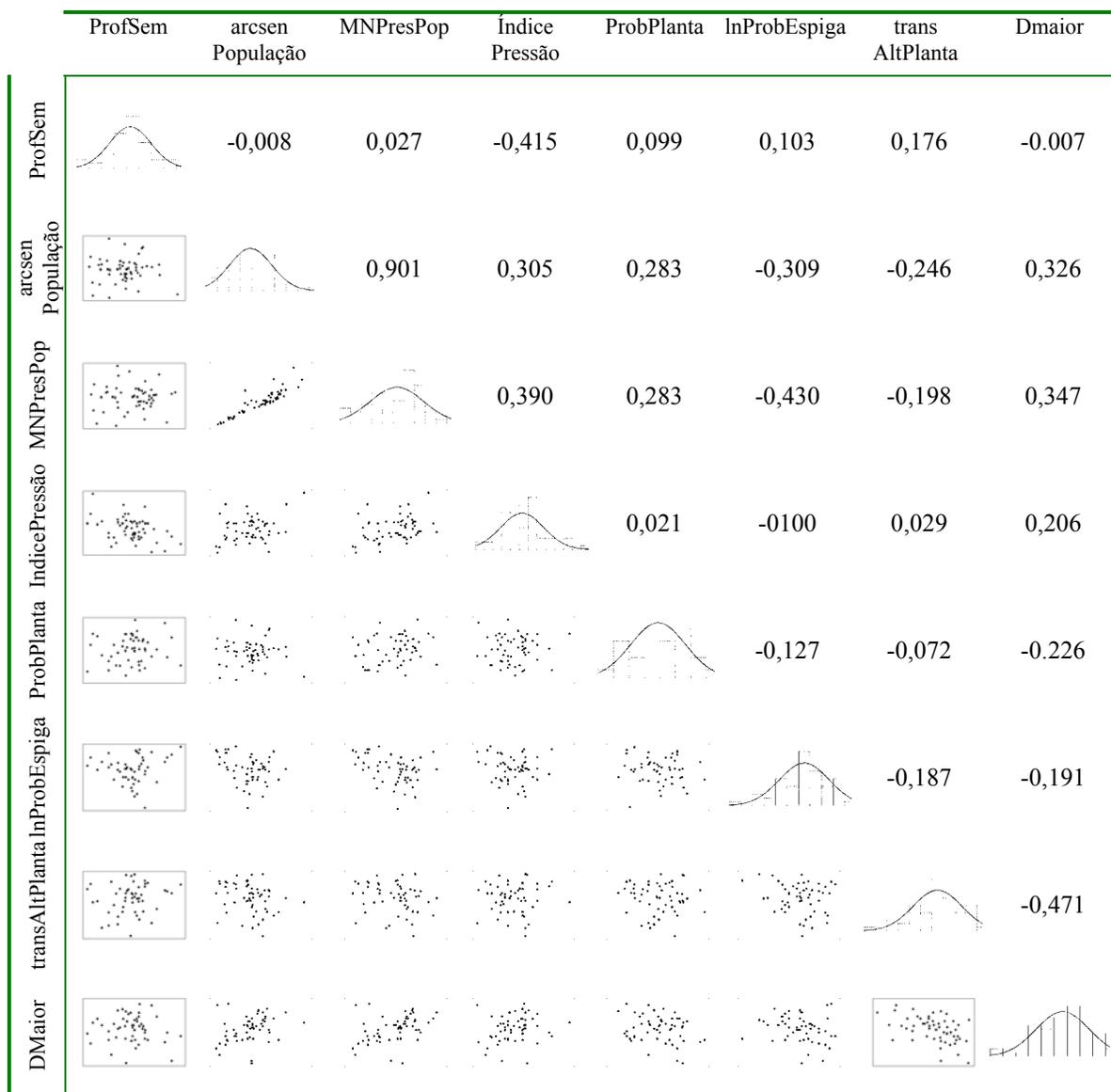
Esperava-se neste estudo coeficientes de correlação maiores entre algumas das variáveis antrópicas, tais como população e pressão de população e das variáveis de rendimento (altura de planta e diâmetro de colmo). O comentado era esperado, pois com uma maior quantidade de plantas ocupando uma mesma área de solo, eleva a competição entre as mesmas por nutrientes, água e radiação solar, o que teoricamente poderia influenciar nas descritoras de rendimento até agora discutidas. Tal fato não ficou demonstrado talvez pelos baixos valores das variáveis antrópicas descritas ou ainda pela hipótese inicial deste trabalho, onde, inúmeras componentes devem ser levantadas para descrição dos fenômenos que envolvem as culturas agrícolas.

Para as variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento, referentes a linha três do processo de semeadura, a Tabela 18 mostra as correlações gráficas, numéricas e os histogramas de frequência, sendo, conforme demonstrado anteriormente, algumas com a utilização dos valores originais e outras com valores transformados.

Os valores que representam a colinearidade para as variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento, relativas à linha três do processo de semeadura (Tabela 18), apresentam comportamento semelhante aos comentados anteriormente para a linha dois do processo de semeadura. Somente as variáveis independentes arco-seno da população de plantas ( $\arcsenPopulação$ ) e pressão de população transformada conforme MENK e NAGAI (1983) (MNPresPop) apresentaram coeficiente de correlação superior ao adotado como coeficiente de corte. Neste caso também se optou pela não eliminação de nenhuma das variáveis e sim da realização de dois estudos de regressão, cada um deles com uma das descritoras de quantidade de plantas por área.

Os comentários realizados para os baixos valores de coeficiente de correlação entre algumas variáveis antrópicas e de rendimento na análise da linha de semeadura dois são válidos para a linha de semeadura três, representada pela Tabela 18.

TABELA 18 - Correlações gráficas, numéricas e histogramas de freqüência das variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento representativas do processo na linha três de semeadura.



Como o objetivo do trabalho é estabelecer uma análise de regressão, considerando inúmeras variáveis, até o momento agrupadas e estudadas por áreas afins, é necessário um

levantamento da correlação, existência de colinearidade, entre as descritoras, já selecionadas, classificadas como grupos diferentes.

A Tabela 19 mostra as correlações numéricas entre as variáveis de interesse, classificadas para esse trabalho como de fertilidade física e química do solo. Em todas as correlações realizadas os valores do coeficiente de correlação foram inferiores ao assumido como valor de colinearidade.

TABELA 19 - Correlações numéricas das variáveis de fertilidade físicas e químicas.

	pH	lnK	lnP	C	CTC	V%	RelCaMg
Silte	0,182	-0,122	-0,121	0,206	0,173	0,229	-0,123
Arg	-0,138	-0,261	-0,338	0,554	0,536	-0,147	0,066
ProfHorA	0,075	0,084	0,239	0,026	0,128	0,115	0,111
lnProfTotA	0,222	0,118	-0,209	0,067	0,097	0,338	0,181
RaizCota	-0,270	0,285	0,255	-0,507	-0,290	-0,319	-0,050
lnResid	0,087	-0,124	-0,105	0,150	0,220	0,112	0,274

Alguns valores de coeficiente de correlação da Tabela 19 mostram um comportamento interessante das variáveis. Observa-se que existe uma certa correlação entre C, CTC, lnP, lnK e o conteúdo de argila, esperava-se um aumento da CTC conforme o aumento do conteúdo de argila. Quanto à correlação dos valores do carbono com os do conteúdo de argila, pode-se assumir que o carbono é diretamente ligado à matéria orgânica e esta pode estar ligada a uma maior produção de massa em áreas com maior conteúdo de argila e conseqüentemente CTC. Outros coeficientes de correlação interessantes são entre as variáveis de fertilidade química do solo, com exceção da relação entre Cálcio e Magnésio, e a raiz da cota do terreno. Sempre houve algum tipo de tendência quando da variação da cota do terreno.

A Tabela 20 mostra as correlações numéricas entre as variáveis de interesse, classificadas para esse trabalho como de fertilidade física e química do solo com as classificadas como antrópicas, fitotécnicas e de rendimento, sendo estas últimas representantes da linha de semeadura dois. Em todas as correlações realizadas os valores do coeficiente de correlação foram inferiores ao assumido como valor representante de colinearidade.

Em análise dos valores de coeficiente de correlação apresentados na Tabela 20, não se observou nenhum valor que indicasse algum tipo de tendência de variação ou que merecesse destaque na discussão deste trabalho.

TABELA 20 - Correlações numéricas das variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento representativas do processo na linha dois de semeadura.

	raizProfSem	População	PresPop	IndicePressão	ProbPlanta	ProbEspiga	tranAltPlanta	invDmaior
Silte	0,056	-0,158	0,143	0,088	-0,035	-0,024	-0,136	-0,016
Arg	-0,197	0,123	0,139	0,056	0,064	0,092	0,046	0,020
ProfHorA	0,100	-0,105	-0,105	0,053	-0,311	0,083	0,041	-0,152
lnProfTotA	-0,157	0,177	0,162	-0,023	-0,087	0,073	0,147	-0,119
RaizCota	0,111	-0,162	-0,193	0,026	-0,168	-0,035	0,011	0,199
lnResid	0,147	-0,015	-0,007	0,015	-0,183	0,254	-0,021	0,046
pH	0,045	-0,080	0,121	-0,072	-0,099	0,299	0,129	-0,021
lnK	0,092	-0,266	-0,348	-0,033	0,010	0,020	-0,168	-0,104
lnP	0,174	-0,221	-0,272	-0,007	-0,082	0,102	-0,221	-0,192
C	-0,100	0,324	0,350	0,109	0,014	0,019	-0,011	0,092
CTC	-0,104	-0,011	0,023	0,057	-0,044	-0,067	0,046	0,125
V%	-0,019	0,148	0,171	-0,128	-0,122	0,330	0,131	-0,031
RelCaMg	-0,044	0,073	0,042	-0,011	0,100	0,180	0,096	-0,273

A Tabela 21 mostra as correlações numéricas entre as variáveis de interesse classificadas para esse trabalho como de fertilidade física e química do solo com as classificadas como antrópicas, fitotécnicas e de rendimento, sendo estas últimas representantes da linha de semeadura três. Em todas as correlações realizadas os valores do coeficiente de correlação foram inferiores ao assumido como valor de colinearidade.

Em análise dos valores de coeficiente de correlação apresentados na Tabela 21, não se observou nenhum valor que indicasse algum tipo de tendência de variação ou que merecesse destaque na discussão deste trabalho.

TABELA 21 - Correlações numéricas das variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento representativas do processo na linha três de semeadura.

	ProfSem	arsen População	MNPresPop	Índice Pressão	ProbPlanta	lnProbEspiga	trans AltPlanta	Dmaior
Silte	0,195	-0,034	-0,097	-0,144	0,062	-0,105	-0,197	0,012
Arg	0,144	-0,161	-0,200	-0,133	0,142	0,085	-0,039	-0,053
ProfHorA	-0,065	0,107	0,073	-0,110	-0,032	-0,224	-0,066	0,087
lnProfTotA	-0,164	-0,087	-0,198	-0,231	-0,038	0,018	0,038	-0,201
RaizCota	-0,193	-0,089	0,074	0,142	-0,310	0,078	0,005	0,081
lnResid	0,148	-0,017	-0,116	0,081	-0,151	0,312	0,002	-0,037
pH	0,110	-0,066	0,013	-0,042	-0,111	0,025	-0,142	0,164
lnK	0,089	0,192	0,188	-0,110	0,104	-0,021	-0,044	0,018
lnP	0,194	0,092	0,151	-0,104	-0,032	-0,042	-0,035	0,094
C	0,353	0,082	0,025	-0,015	0,067	0,163	-0,165	0,058
CTC	0,060	0,064	0,132	-0,030	0,197	0,138	-0,116	0,040
V%	0,114	-0,103	-0,018	-0,125	-0,113	0,025	-0,172	0,132
RelCaMg	0,037	-0,034	0,040	0,050	0,064	-0,079	0,204	0,034

A Tabela 22 mostra as probabilidades conforme teste de Bartlett para a homogeneidade das variâncias entre as variáveis independentes de fertilidade química e física do solo e dependentes das duas linhas de semeadura estudadas.

De acordo com o demonstrado na Tabela 22, três análises entre as variáveis de interesse apresentaram problemas quanto a homocedasticidade. Para a linha de semeadura dois as variâncias têm poucos valores de probabilidades inferiores do valor de convenção, quando da análise das variáveis independentes; acidez do solo (pH) e teor de carbono (C), e a variável dependente diâmetro maior do colmo de milho, já transformada (invDmaior), conforme HAIR JUNIOR et al. (1998) um dos principais problemas da não observância de homogeneidade entre as variâncias de duas variáveis é a não normalidade das distribuições de frequências das mesmas. Sendo assim esperava-se para os casos que envolvessem a descritora carbono, problemas quanto a este estudo.

TABELA 22 – Probabilidades, conforme teste de Bartlett (intervalo de confiança de 95%), para homogeneidade das variâncias entre as variáveis independentes de fertilidade, química e física de solo, e dependentes representantes das duas linhas de semeadura.

	Linha dois do Processo de Semeadura			Linha três do Processo de Semeadura		
	MassaGrão	tranAltPlanta	invDmaior	Samo MassaGrão	trans AltPlanta	Dmaior
pH	0,765*	0,626	0,041	0,524	0,422	0,401
lnK	0,414	0,176	0,225	0,435	0,303	0,129
lnP	0,843	0,602	0,320	0,664	0,466	0,288
C	0,856	0,514	0,031	0,911	0,347	0,324
CTC	0,513	0,431	0,176	0,467	0,881	0,910
V%	0,904	0,632	0,369	0,605	0,747	0,093
RelCaMg	0,613	0,445	0,166	0,867	0,333	0,388
Silte	0,202	0,778	0,439	0,655	0,618	0,132
Arg	0,985	0,222	0,514	0,754	0,158	0,411
ProfHorA	0,574	0,144	0,326	0,907	0,011	0,227
lnProfTotA	0,968	0,758	0,472	0,128	0,255	0,569
RaizCota	0,973	0,283	0,750	0,822	0,324	0,760
lnResid	0,894	0,269	0,858	0,668	0,741	0,729

\* valores de probabilidade acima de 0,05 indicam que não há evidências de heterogeneidade de variância entre as variáveis testadas, conforme MINITAB (1998).

HAIR JUNIOR et al. (1998) relatam ainda que, um dos “remédios” para heterocedasticidade seria a transformação das variáveis para se alcançar a normalidade, porém no caso específico do carbono não se obteve sucesso nas transformações e optou-se pela utilização dos valores originais, porém na análise de regressão onde a variável diâmetro maior do colmo da linha dois será a variável dependente não será utilizada a variável carbono. Mesmo raciocínio pode ser utilizado para a variável grau de acidez do solo (pH), mesmo sabendo da importância desta optou-se pela sua retirada da análise de regressão subsequente, sendo interessante ressaltar a elevada correlação, indicando colinearidade, desta com o valor da variável saturação por bases (V%) (Tabela 15).

A Tabela 23 mostra as probabilidades conforme teste de Bartlett para a homogeneidade das variâncias entre as variáveis independentes; antrópicas, fitotécnicas e de rendimento e as dependentes, considerando a linha dois do processo de semeadura.

TABELA 23 – Probabilidades, conforme teste de Bartlett, para homogeneidade das variâncias entre as variáveis independentes; antrópicas, fitotécnicas e de rendimento e as dependentes representantes da linha dois do processo de semeadura.

	Linha dois do Processo de Semeadura		
	MassaGrão	transAltPlanta	invDmaior
raizProfSem	0,245*	0,836	0,536
População	0,060	0,443	0,870
PresPop	0,925	0,443	0,870
IndicePressão	0,834	0,190	0,392
ProbPlant	0,784	0,355	0,164
ProbEspiga	0,336	0,326	0,160

\* valores de probabilidade acima de 0,050 indicam que não há evidências de heterogeneidade de variância entre as variáveis testadas, conforme MINITAB (1998).

Conforme Tabela 23, não foram observados problemas quanto a presença de heterocedasticidade para as variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento representantes da linha dois do processo de semeadura estudado, todos os valores de resposta do teste de Bartlett foram superiores ao valor adotado de convenção.

A Tabela 24 mostra as probabilidades conforme teste de Bartlett para a homogeneidade das variâncias entre as variáveis independentes; antrópicas, fitotécnicas e de rendimento e as dependentes, considerando a linha três do processo de semeadura.

Para os testes de homogeneidade de variâncias com as variáveis antrópicas, fitotécnicas e de rendimento da linha três do processo de semeadura (Tabela 24), somente foi encontrado problema quando da análise das variâncias da descritora altura de planta, valores originais transformados (transAltPlanta), e a massa de grãos por planta, também com valores transformados (SamoMassaGrão).

TABELA 24 – Probabilidades, conforme teste de Bartlett, para homogeneidade das variâncias entre as variáveis independentes; antrópicas, fitotécnicas e de rendimento e as dependentes representantes da linha três do processo de semeadura.

	Linha três do Processo de Semeadura		
	Samo MassaGrão	trans AltPlanta	Dmaior
ProfSem	0,227*	0848	0,228
arscenPopulação	0,198	0,269	0,128
MNPresPop	0,600	0,273	0,502
IndicePressão	0,882	0,124	0,587
ProbPlant	0,439	0,938	0,559
lnProbEspiga	0,091	0,957	0,754

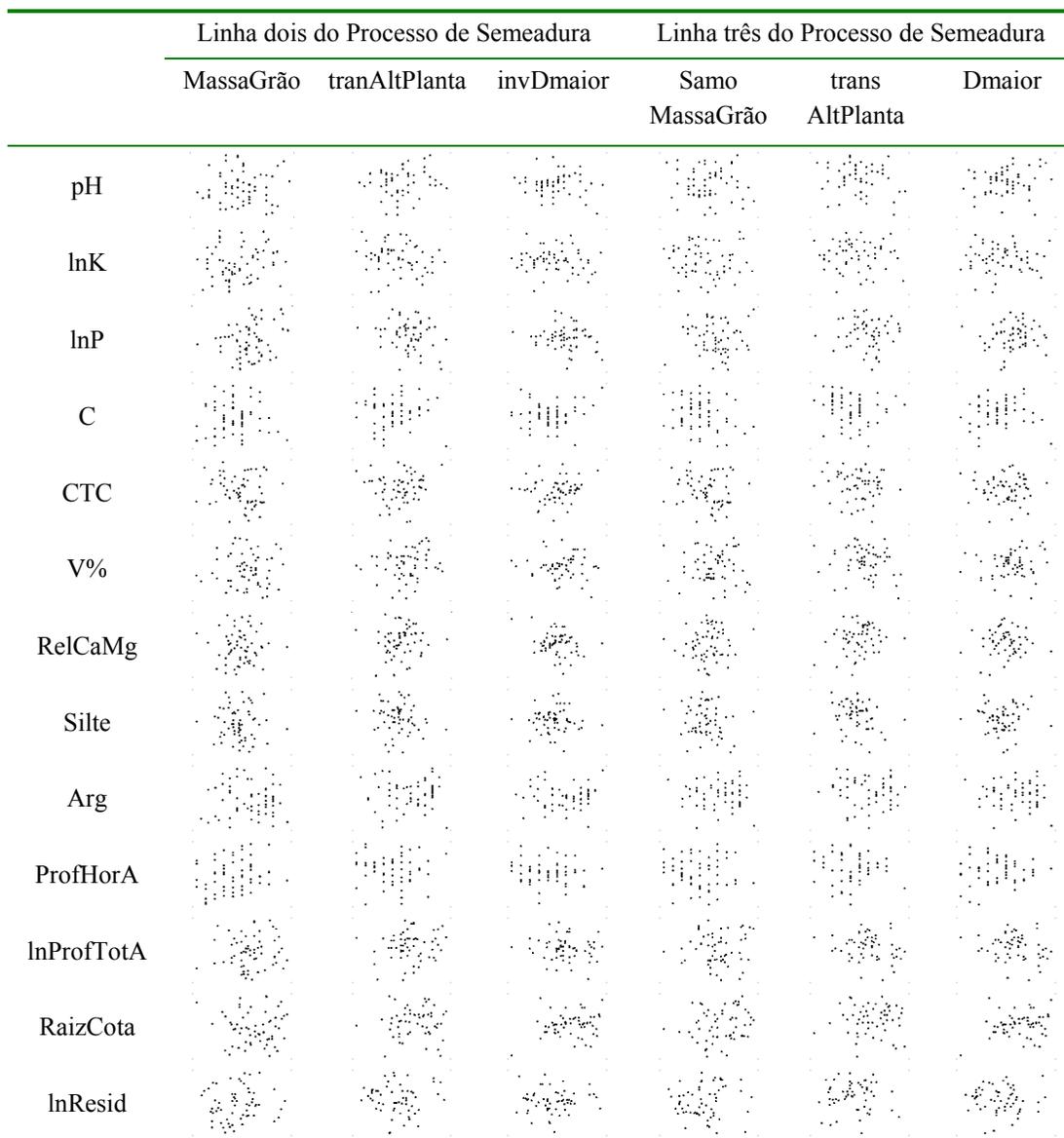
\* valores de probabilidade acima de 0,050 indicam que não há evidências de heterogeneidade de variância entre as variáveis testadas, conforme MINITAB (1998).

Para o caso descrito optou-se na retirada da análise de regressão da variável altura de planta (transAltPlanta), pois esta já esta transformada o que diminui a probabilidade de uma posterior solução para este problema, além de a mesma também ser considerada uma variável de rendimento.

Como o objetivo final deste trabalho é uma análise de regressão linear múltipla é necessário que entre as variáveis dependentes e independentes não exista correlação não linear. A Tabela 25 mostra a análise gráfica de correlação entre as variáveis independentes de fertilidade física e química do solo e as dependentes.

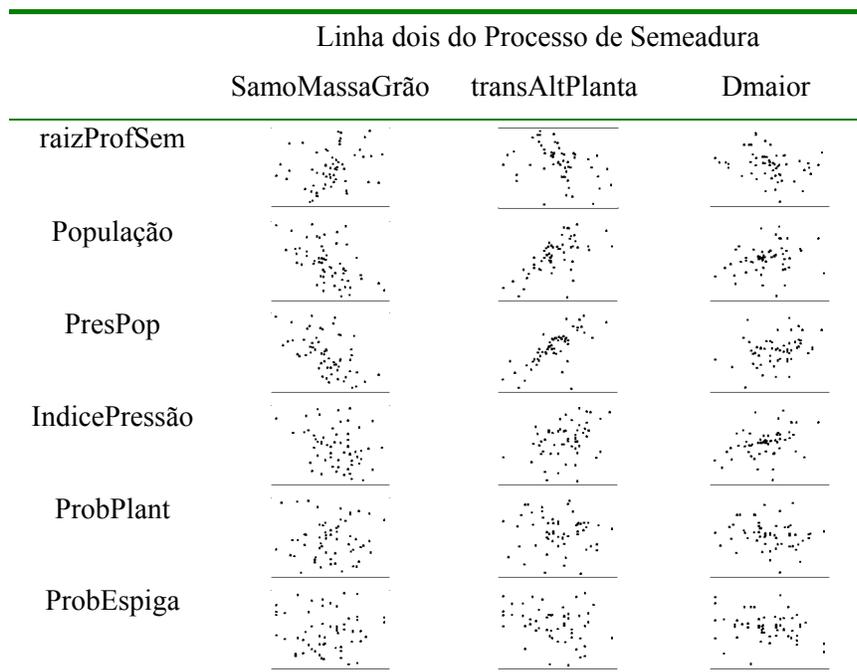
Conforme o visualizado na Tabela 25, não fica claro nenhum caso de correlação não linear entre as variáveis adotadas como de interesse, sendo assim as descritoras de fertilidade química e física podem ser utilizadas na análise de regressão linear múltipla subsequente.

TABELA 25 – Análise gráfica da linearidade entre as variáveis independentes de fertilidade química e física do solo e as dependentes adotadas no estudo.



A Tabela 26 mostra a análise gráfica de correlação entre as variáveis independentes e as dependentes antrópicas, fitotécnicas e de rendimento e as dependentes adotadas para a linha dois.

TABELA 26 – Análise gráfica da linearidade entre as variáveis independentes antrópicas, fitotécnicas e de rendimento e as dependentes adotadas para alinha dois do processo de semeadura.

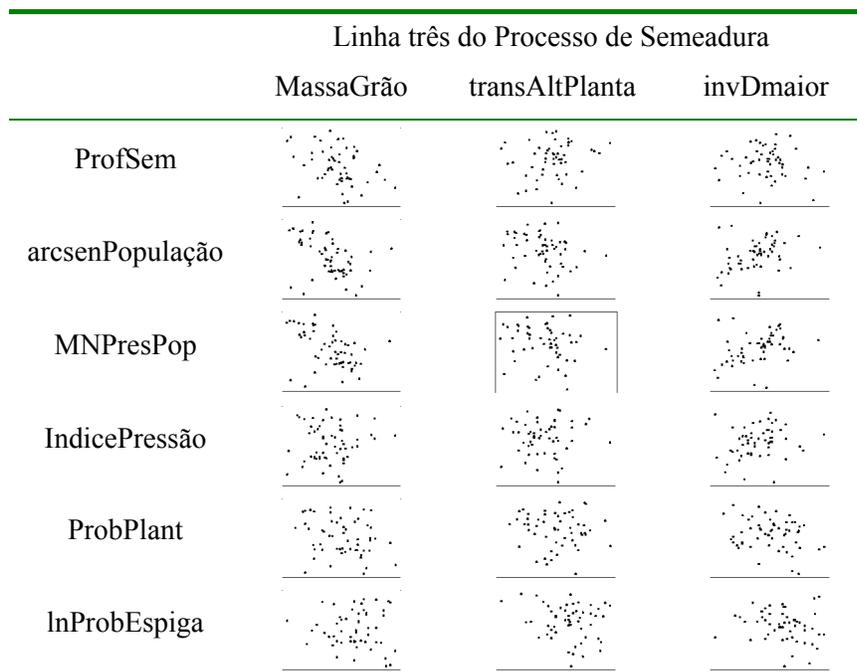


Conforme o visualizado na Tabela 26, não fica claro nenhum caso de correlação não linear entre as variáveis, sendo assim as descritoras antrópicas, fitotécnicas e de rendimento, adotadas como de interesse para a linha dois do processo de semeadura, podem ser utilizadas na análise de regressão linear múltipla subsequente.

Pode-se observar também, Tabela 26, uma correlação linear entre as variáveis que representam a quantidade de plantas por área linear, população (População) e pressão de população (PresPop), e as dependentes massa de grãos por planta (SamoMassaGrão) e altura de planta (transAltPlanta), indicando que estas deverão ter forte influência na análise de regressão subsequente.

Conforme o visualizado na Tabela 27, não fica claro nenhum caso de correlação não linear entre as variáveis, sendo assim as descritoras antrópicas, fitotécnicas e de rendimento, adotadas como de interesse para a linha três do processo de semeadura, podem ser utilizadas na análise de regressão linear múltipla subsequente.

TABELA 27 – Análise gráfica da linearidade entre as variáveis independentes antrópicas, fitotécnicas e de rendimento e as dependentes adotadas para alinha três do processo de semeadura.



Pode-se observar também, Tabela 27, uma tendência de correlação linear entre as variáveis que representam a quantidade de plantas por área linear, população (arcsenPopulação) e pressão de população (MNPresPop), e as dependentes massa de grãos por planta (MassaGrão) e diâmetro maior do colmo (invDmaior), indicando que estas deverão ter forte influência na análise de regressão subsequente.

## 5.6 Análises de Regressão

Após estudos preliminares, relativos a suposições básicas sobre as variáveis independentes e dependentes, variáveis estas escolhidas como prováveis representantes de alguns fenômenos de rendimento da cultura do milho, realizaram-se análises de regressão linear múltipla. Considerando-se os estudos preliminares, já relatados, foi observado que algumas variáveis foram transformadas e outras foram retiradas da análise de regressão. Dividiu-se o estudo final de regressão conforme a linha de semeadura de interesse. Dentro das análises de regressão de cada linha de semeadura de interesse, realizaram-se várias análises de regressão, com a utilização das variáveis independentes colineares consideradas, teoricamente,

importantes. Os casos descritos foram a utilização da acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%) e população de plantas (População) ou pressão de população de plantas (PresPop), quando da presença da pressão de população na análise de regressão utilizou-se em conjunto o índice de pressão de população.

Para o estudo final de regressão linear múltipla dois métodos foram utilizados; nos dois casos o programa computacional permitia a escolha, antes da análise, da inclusão, ou não, de uma constante no estudo.

Sendo assim chegou-se a 16 conjuntos de variáveis explicativas para cada fenômeno de rendimento da cultura do milho em cada linha de semeadura acompanhada. Para a escolha do conjunto de variáveis explicativas, adotou-se o teste estatístico t ( $\alpha = 0,05$ ) individualmente por variável para o método passo a passo (“stepwise”) e os indicadores de ajuste, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aju}$ ) e o desvio padrão entorno da linha de regressão (S) para o método melhor regressão possível (“bestsubset”). No caso do método passo a passo, após escolha das variáveis que eram individualmente significativas estatisticamente, era possível obter-se alguns indicadores de ajuste da regressão com o conjunto de variáveis significativas formado. A ordem de apresentação das variáveis nas tabelas ou no texto não indicam, necessariamente, ordem de importância das mesmas.

A Tabela 28 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno massa de grãos por planta para linha dois do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das variáveis regressoras população de plantas (População) e acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Conforme Tabela 28, o melhor conjunto de regressoras foi caracterizado pelo método melhor regressão possível quando da inclusão na análise da variável pH e utilização de uma constante, porém os indicadores (S) de ajuste do conjunto de regressoras, foram semelhantes para todas as análises. O melhor conjunto de regressoras era composto pelas variáveis; população de plantas (População), problema na espiga (ProbEspiga), conteúdo de carbono no solo (C), conteúdo de fósforo no solo transformado (lnP), conteúdo de potássio no solo transformado (lnK), profundidade de deposição da semente transformada (raizProfSem) e profundidade total do horizonte A do solo transformado (lnProfTotA).

TABELA 28 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno massa de grãos por planta para a linha dois, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; população de plantas (População) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus.	S
População e pH	Stepwise c/ constante	População, ProbEspiga, C, lnProfTotaA e raizProfSem.	45,8	-	17,4
	Stepwise s/ constante	População, ProbEspiga, lnP, raizProfSem, lnProfTotaA e C.	-	-	17,3
	Melhor Reg. possível c/constante	População, ProbEspiga, lnP, raizProfSem, lnProfTotaA e C.	48,4	40,9	17,3
	Melhor Reg. possível s/constante	População, ProbEspiga, C, lnP, raizProfSem, lnK e lnProfTotaA.	-	-	17,2
População e V%	Stepwise c/ constante	População, ProbEspiga, C, lnProfTotaA e raizProfSem.	45,3	-	17,5
	Stepwise s/ constante	lnResid, População, C, lnP, ProbEspiga, lnProfTotaA e raizProfSem.	-	-	17,3
	Melhor Reg. possível c/constante	População, ProbEspiga, lnP, raizProfSem, lnProfTotaA e C	47,2	40,9	17,3
	Melhor Reg. possível s/constante	População, ProbEspiga, lnP, raizProfSem, lnProfTotaA e C	-	-	17,3

Fica claro na análise da Tabela 28 a importância do processo de semeadura, pois em todos os conjuntos de regressoras sugeridos pelas diferentes formas e combinações de análise, estão presentes as variáveis, população de plantas e profundidade de deposição da semente, isto significa que mudanças nos valores das variáveis citadas irão promover alteração na variável dependente massa de grãos por planta da linha dois do processo acompanhado.

A presença da variável profundidade (espessura) total do horizonte A também se mostrou importante aparecendo em todos os conjuntos de regressoras, independente da forma de análise realizada. Tal resultado era esperado, pois a combinação da fisiologia radicular do milho e a formação dos solos da região dos Campos Gerais, onde são normais a existência de solos rasos e relevos ondulados, podem acarretar condições extremas para o desenvolvimento

radicular do milho. É preciso ressaltar que a viabilidade de exploração de culturas anuais nesta região só foi alcançada pela adoção do manejo do solo com o sistema plantio direto.

Quanto ao sistema radicular do milho, este segundo VIERA JUNIOR (1999) pode atingir até 3 m de profundidade embora a grande concentração de raízes geralmente encontrasse entre zero e 300 mm de profundidade, FANCELLI e DOURADO NETO (1996) relatam a existência de proporcionalidade entre a parte aérea e a subterrânea da planta de milho. SAAD (1991) ressalta que se deve observar, para a cultura do milho, a fertilidade química do solo em subsuperfície, pois o sistema radicular do milho pode, em regiões temperadas, atingir 1 m de profundidade.

No caso específico convém lembrar, conforme Tabela 9, a profundidade total do horizonte A do solo variou de 200 a 620 mm, com média de 405 mm e desvio padrão de 93 mm. FIORIN et al. (1997) correlacionando o rendimento do milho com a profundidade do horizonte A, classificou o solo com uma variação de profundidade de 300 a 500 mm como um solo raso.

A variável problema na espiga (ProbEspiga) também se fez presente em todos os conjuntos de regressoras, independente da forma de análise sugerida, Tabela 28. Visualmente esta foi a variável que mais influenciou na massa de grãos por planta, pois a geração desta era realizada com a visualização direta dos problemas apresentadas pelas espigas, tais como o ataque de insetos e fungos, problemas de polinização e problemas nutricionais. Seria interessante, que em uma segunda análise, esta variável ser considerada como dependente.

Conforme outros estudos realizados na região (GARBUIO, 2002 e COLET, 2003), o conteúdo de carbono no solo sempre se mostrou significativo no rendimento da massa de grãos na cultura do milho, isto pode ser explicado pelas suas várias funções no solo, sendo estas físicas, biológicas e químicas. Seu efeito era esperado devido a baixa fertilidade natural dos solos dos Campos Gerias, onde o sistema plantio direto teve sua ação no incremento de matéria orgânica tanto em superfície como na seqüência natural no solo, com conseqüente aumento no carbono do solo. Considerando um conteúdo elevado de carbono como o superior a  $50 \text{ g dm}^{-3}$  (SINGH et al., 1992; TOMÉ JUNIOR, 1997 e LAL, 2000), e observando os valores encontrados neste estudo, valor médio de  $21,1 \text{ g dm}^{-3}$  e desvio padrão de  $2,10 \text{ g dm}^{-3}$ , pode-se concluir que existe coerência no aparecimento da variável carbono do solo nos conjuntos de regressoras explicativas da massa de grãos por planta.

Dos oito conjuntos de variáveis explicativas, Tabela 28, em seis destes a variável conteúdo de fósforo do solo transformada ( $\ln P$ ) apareceu como significativa na explicação da variabilidade da massa de grãos por planta da linha dois do processo de semeadura acompanhado, sendo que estes conjuntos foram os mais explicativos. Os valores do conteúdo de fósforo, através dos valores médios apresentados para área em estudo, Tabela 7, podem ser classificados como médios para MUZILLI et al. (1978) e CFS RS/SC (1994). Porém conforme relatado no capítulo Material Métodos, o responsável técnico recomendou e aplicou uma razão de  $P_2O_5$  menor que a indicada. Fato este comprovado em estudo de variabilidade espacial realizado com os mesmos valores adotados para este trabalho, onde SCHIMANDEIRO et al. (2001) concluíram que neste ano agrícola houve um déficit na área em estudo, aproximadamente 9,6 ha, de 175 kg de  $P_2O_5$ .

Outra variável presente em um conjunto de regressoras foi o conteúdo de potássio transformado ( $\ln K$ ). Comprando-se quantitativamente o aplicado, conforme técnico responsável, observa-se que o mesmo é coerente com MUZILLI et al. (1978) e WIETHÖLTER (2002) e seria menor que o recomendado por FORNASIERI FILHO (1992) e CFS RS/SC (1994). SCHIMANDEIRO et al. (2001) concluíram, considerando a variabilidade espacial do conteúdo de potássio no solo, que foi aplicado na área em estudo que foi aplicado 138,9 kg de  $K_2O$  a mais que o recomendado por MUZILLI et al. (1978). Pelo comentado não se esperava que o conteúdo de potássio no solo contribuísse para explicar o fenômeno rendimento de massa de grãos na linha dois de semeadura, porém é interessante salientar dois fatores que podem justificar tal fato; um é que, segundo TOMÉ JUNIOR (1997), o potássio é o segundo elemento em importância de extração pela cultura do milho, e outro é a grande variabilidade do conteúdo de potássio no solo encontrado na área em estudo, dados originais com  $CV = 50,3\%$ .

Ainda relativo ao fenômeno rendimento da massa de grãos por planta da linha dois do processo de semeadura estudado, a Tabela 29 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas, quando da inclusão na análise das regressoras pressão de população de plantas (PresPop), índice de pressão de população de plantas (ÍndicePressão) e acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

TABELA 29 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno massa de grãos por planta para a linha dois, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; Pressão de População (PresPop), Índice de Pressão de População (ÍndicePressão) e acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus.	S
Pressão de População índice de Pressão de População e pH	Passo a passo c/ constante	PresPop, C, ProbEspiga, lnProfTotaA.	47,6	-	17,2
	Passo a passo s/ constante	lnResid, PresPop, C, lnP, ProbEspiga e lnProfTotaA.	-	-	17,3
	Melhor Reg. possível c/constante	PresPop, ProbEspiga, C, lnP, lnK, ÍndicePressão e lnProfTotaA.	51,8	44,7	16,7
	Melhor Reg. possível s/constante	PresPop, ProbEspiga, C, lnP, lnK, raizProfSem e lnProfTotaA.	-	-	16,9
Pressão de População, Índice de Pressão de População e V%	Passo a passo c/ constante	PresPop, C, ProbEspiga e lnProfTotaA e raizProfSem.	47,5	-	17,4
	Passo a passo s/ constante	lnResid, PresPop, C, lnP, ProbEspiga e lnProfTotaA.	-	-	17,4
	Melhor Reg. possível c/constante	PresPop, ProbEspiga, C, lnP, lnK, ÍndicePressão e lnProfTotaA.	51,8	44,7	16,7
	Melhor Reg. possível s/constante	PresPop, ProbEspiga, C, lnP, lnK, ÍndicePressão e lnProfTotaA.	-	-	16,9

Observa-se na Tabela 29 uma tendência das mesmas variáveis que se mostraram significativas para o rendimento da massa de grãos por planta para a linha 2 quando da inclusão nas análises de regressão da variável população de plantas (População), Tabela 28. É óbvio que a mudança mais significativa foi a presença nos conjuntos de regressoras das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de população (ÍndicePressão) em substituição da variável população de plantas (População).

Conforme Tabela 29, o melhor conjunto de regressoras foi caracterizado pelo método melhor regressão possível com utilização de uma constante, não importando a inclusão na análise da variável acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). O melhor conjunto de regressoras era composto pelas variáveis; pressão de população de plantas (PresPop), índice de pressão de população (ÍndicePressão), problema na espiga (ProbEspiga), conteúdo de carbono

no solo (C), conteúdo de fósforo no solo transformado (lnP), conteúdo de potássio no solo transformado (lnK) e profundidade do horizonte A do solo transformado (lnProfTotA).

Além da troca de variáveis regressoras que representam a distribuição de sementes, população por pressão de população de plantas e índice de pressão de população, observou-se, Tabela 29, também que a variável profundidade de deposição de sementes transformada (raizProfSem) apareceu em uma menor quantidade de conjuntos de regressoras explicativas. Inclusive não apareceu no conjunto considerado, através dos indicadores de ajuste da análise de regressão, como o mais explicativo da variabilidade do fenômeno. Esperava-se pela análise inicial do processo de semeadura que esta variável se mostrasse mais importante no fenômeno rendimento de massa de grãos por planta. Talvez esta não ficou evidente pela tendência da existência de uma correlação não linear entre tal variável e a massa de grãos, que embora não tenha se mostrada explícita na análise de linearidade entre as variáveis relatadas, Tabela 26, fica esta correlação sugerida na análise entre a profundidade de deposição da semente e o tempo necessário para a emergência das plântulas de milho para as linhas dois e três, Figura 5, do processo acompanhado.

Como já comentado quando da realização da análise de regressão, podê-se optar pela inclusão ou não de uma constante na equação final. Embora no caso em estudo, isto é, fenômeno rendimento da cultura de milho, a inclusão de uma constante não tenha validade prática, pois, quando todos os multiplicadores das variáveis independentes tivessem o valor nulo, existiria um rendimento de milho igual a constante indicada pela análise, o que não seria verdadeiro, também realizou-se análise com a inclusão de uma constante. No caso em estudo não se trabalhou com intervalo das variáveis que contemplasse o valor nulo, sendo assim quando da decisão de incorporação da constante na análise de regressão, entende-se essa como uma minimização do erro da análise na explicação da variabilidade das variáveis adotadas como representantes do rendimento da cultura de milho.

As Tabelas 28 e 29 mostram que a inclusão da constante na análise de regressão, conforme a inclusão ou supressão de variáveis, sempre melhorou os indicadores de ajuste dos conjuntos com as variáveis regressoras. O melhor conjunto de variáveis foi quando da inclusão das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de plantas (ÍndicePressão) em detrimento da variável população de plantas (População), sem distinção

quando da inclusão das variáveis; grau acidez do solo (pH) ou saturação por bases V(%), e com utilização de constante na equação final de regressão.

Ainda observando as Tabelas 28 e 29, em especial atenção aos indicadores de ajuste dos conjuntos regressores, observa-se através dos valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que as variáveis adotadas não apresentaram explicação razoável do fenômeno rendimento da massa de grãos por planta para a linha dois de semeadura. Os valores máximos alcançados foram de  $R^2 = 51,8$ , isto é 51,8% da variabilidade dos valores de massa de grãos por planta, para linha dois, são explicados pelo conjunto de variáveis; pressão de população de plantas (PresPop), índice de pressão de população (ÍndicePressão), problema na espiga (ProbEspiga), conteúdo de carbono no solo (C), conteúdo de fósforo no solo transformado (InP), conteúdo de potássio no solo transformado (InK) e profundidade total do horizonte A do solo transformado (InProfTotA).

Este baixo valor pode ser devido a não inclusão na análise de regressão de outras variáveis que seriam importantes, tais como indicadores da estrutura física do solo, geralmente de metodologias complexas e/ou onerosas. Outro aspecto que deve ser considerado é a natureza biológica do fenômeno estudado, geralmente fenômenos desta natureza são complexos, com interação entre as variáveis, o que a lógica matemática muitas vezes não consegue dimensionar. Neste caso específico, com  $R^2 = 51,8$ , não seria interessante utilizar a equação com o conjunto de variáveis escolhidas para a predição da dependente massa de grãos por planta.

Comparando-se as Tabelas 28 e 29, verifica-se que a inclusão das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de plantas (ÍndicePressão) em detrimento da variável população de plantas (População) mostraram-se mais interessantes, melhorando os valores dos indicadores de ajuste. Este fato pode ter explicação, que mesmo trabalhando com uma média por ponto, a variável pressão de população é dimensionada considerando-se individualmente as plantas, o que talvez seja uma representação mais realista da distribuição de plantas no espaço. Deve-se considerar também que a variável pressão de população de plantas (PresPop) é acompanhada da variável índice de pressão de plantas (ÍndicePressão) o que poderia melhorar a explicação da variabilidade da dependente em estudo pois, como este tipo de variável se mostrou interessante, neste caso com duas variáveis

relacionadas a uma mesma parte do fenômeno, tende a uma maior explicação da variabilidade da massa de grãos.

A Tabela 30 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno massa de grãos por planta para linha três do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras população de plantas transformada ( $\arcsenPopulação$ ) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Conforme Tabela 30, o melhor conjunto de regressoras foi caracterizado pelo método melhor regressão possível com a utilização de uma constante, não diferindo quanto a inclusão na análise da variável acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). Os indicadores de ajuste do conjunto de regressoras mostraram-se muito influenciáveis com o uso de constante na análise de regressão, sendo os valores de qualidade de ajuste mais interessantes quando da presença desta. O melhor conjunto de regressoras era composto pelas variáveis; população de plantas transformada ( $\arcsenPopulação$ ), problema na espiga (ProbEspiga), conteúdo de carbono no solo (C), conteúdo de potássio no solo transformado (lnK) e relação cálcio e magnésio (RelCaMg). A variável relação cálcio e magnésio (RelCaMg) foi indicada poucas vezes como regressora de importância, porém se fez presente no conjunto regressor que apresentou os melhores valores de indicadores de ajuste.

Embora a variável problemas na espiga (ProbEspiga) para linha três apresente valores diferentes em relação a mesma variável para a linha dois do processo acompanhado, esta se mostrou altamente significativa para explicar o fenômeno massa de grãos por planta, estando presente em todas os conjuntos sugeridos como explicativos, conforme Tabelas 30 e 31. Para o caso da linha três esperava-se que esta variável se mostrasse explicativa, pois, os valores originais para a variável problemas na espiga referentes a linha três foram ligeiramente superiores as valores referentes a linha dois do processo. Este fato talvez tenha correlação, também, com o estresse inicial sofrido pela cultura quando do maior período para a emergência das plântulas.

Os valores apresentados pela variável relação cálcio e magnésio (RelCaMg), conforme Tabela 7, são inferiores aos considerados interessantes por MALAVOLTA (1980) porém coerentes segundo SÁ (1993b), lembrando ainda que os valores de cálcio e magnésio, Tabela 7, foram considerados elevados, o que para TOMÉ JUNIOR (1997) permitiria que a

cultura alcance alto rendimento. Conforme relatado acima não se esperava que esta variável se mostrasse como uma das consideradas significantes.

TABELA 30 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno massa de grãos por planta para a linha três, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; população de plantas transformada (arcsenPopulação) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus	S
População e pH	Passo a passo c/ constante	arcsenPopulação, C, ProbEspiga e RelCaMg.	48,8	-	0,0452
	Passo a passo s/ constante	lnResiduo, ProbEspiga, pH, raizCota, Argila, ProbPlant e lnProfTotaA.	-	-	0,1020
	Melhor Reg. possível c/constante	arcsenPopulação, C, lnK, ProbEspiga e RelCaMg.	48,6	42,7	0,0451
	Melhor Reg. possível s/constante	lnResiduo, ProbEspiga, pH, lnP, raizCota, Argila, Silte, ProbPlant, lnProfTotaA e arcsenPopulação.	-	-	0,0995
População e V%	Passo a passo c/ constante	arcsenPopulação, C e RelCaMg.	43,5	-	0,0463
	Passo a passo s/ constante	lnResiduo, ProbEspiga, Silte, raizCota, Argila e lnProfTotaA.	-	-	0,1110
	Melhor Reg. possível c/constante	arcsenPopulação, C, lnK, ProbEspiga e RelCaMg.	48,6	42,7	0,0451
	Melhor Reg. possível s/constante	lnResiduo, ProbEspiga, lnP, lnK, ProbPlant, lnProfTotaA, Silte Argila, raizCota e ProfHorA.	-	-	0,1079

Para o fenômeno rendimento da massa de grãos por planta da linha três do processo de semeadura estudado, a Tabela 31 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas, quando da inclusão na análise das regressoras pressão de população de plantas transformada (PresPop), índice de pressão de população de plantas (ÍndicePressão) em da população de plantas transformada (arcsenPopulação) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

TABELA 31 - Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno massa de grãos por planta para a linha três, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; pressão de população transformada(MNPresPop), Índice de pressão de população (ÍndicePressão) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Tipo de Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus	S
Pressão de População índice de Pressão de População e pH	Passo a passo c/ constante	MNPresPop, C, RelCaMg, ÍndicePressão e ProbEspiga.	44,9	-	0,0456
	Passo a passo s/ constante	lnResiduo, ProbEspiga, lnP, pH, ProbPlant, lnProfTotaA, Silte, Argila, raizCota, MNPresPop e ÍndicePressão.	-	-	0,0928
	Melhor Reg. possível c/constante	MNPresPop, C, RelCaMg, ÍndicePressão e ProbEspiga.	44,9	38,4	0,0456
	Melhor Reg. possível s/constante	lnResiduo, ProbEspiga, lnP, pH, ProbPlant, lnProfTotaA, Silte, Argila, raizCota, MNPresPop e ÍndicePressão.	-	-	0,0928
Pressão de População, Índice de Pressão de População e V%	Passo a passo c/ constante	MNPresPop, C, RelCaMg, ÍndicePressão e ProbEspiga.	44,9	-	0,0456
	Passo a passo s/ constante	lnResiduo, ProbEspiga, lnP, ProbPlant, lnProfTotaA, Silte, Argila, raizCota, MNPresPop e ÍndicePressão.	-	-	0,0976
	Melhor Reg. possível c/constante	MNPresPop, C, RelCaMg, ÍndicePressão e ProbEspiga.	44,9	38,4	0,0456
	Melhor Reg. possível s/constante	lnResiduo, ProbEspiga, lnP, ProbPlant, lnProfTotaA, Silte, Argila, raizCota, ProfHorA, MNPresPop e ÍndicePressão.	-	-	0,0975

De acordo com a Tabela 31, quando da inclusão das variáveis pressão de população de plantas transformada (MNPresPop) e índice de pressão de população (ÍndicePressão) em substituição da variável população de plantas transformada (arcsenPopulação), não se observa diferenças significativas na utilização na análise das variáveis; grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). Semelhante ao caso anterior, Tabela 30, quando da adoção de uma

constante na análise de regressão, os valores indicadores de ajuste mostraram-se mais interessantes.

Ao contrário do descrito para linha dois do processo de semeadura, o melhor conjunto regressor para a massa de grãos por planta, contava com a presença da variável população de plantas transformada ( $\arcsenPopulação$ ), Tabelas 30 e 31. Neste caso, através das duas metodologias utilizadas para dimensionamento do número de plantas por área, a linha dois apresentou valores próximos ao recomendado como ideal e superiores aos encontrados para a linha três de semeadura (Tabelas 11 e 13). Os valores determinados para linha três foram inferiores ao recomendado, sendo assim a competição intraespecífica fica reduzida, o que pode tornar a variável população de plantas, pelo seu enfoque quantitativo, mais explicativo que a variável pressão de população de plantas.

Quando da não utilização na análise de regressão de uma constante, os valores dos indicadores de ajuste desta foram inferiores aos com a inclusão da constante, porém considerando discussão anterior sobre a validade deste valor, os conjuntos de regressoras obtidos pelas análises sem esta constante merecem atenção. Observa-se nas Tabelas 30 e 31 que sem a inclusão da constante, um grande número de independentes compõem o conjunto que vem a explicar a variabilidade da massa de grãos por planta para a linha três, além das regressoras já discutidas tendem a assumir importância: a quantidade de resíduo em superfície transformada ( $\lnResid$ ), problemas na planta ( $ProbPlant$ ), cota dos pontos estudados transformada ( $raizCota$ ), conteúdo de silte no solo ( $Silte$ ) e conteúdo de argila no solo ( $Argila$ ).

Considera-se a quantidade de resíduo em superfície pouco influente na variabilidade da massa de grãos por planta, porém a quantidade de massa da cultura de inverno, cujo manejo cultural não conta com a correção da fertilidade química do solo, seria um bom indicativo das condições de fertilidade física, biológica e de química, neste último caso principalmente em subsuperfície. Sendo assim deve existir uma tendência do rendimento de massa seca da cultura de inverno se correlacionar com o rendimento da cultura de verão, sendo este subsequente temporalmente. Este fato pode explicar o aparecimento, em grande parte dos conjuntos regressores, da variável quantidade de resíduo em superfície. Esta variável também se mostrou explicativa com certa frequência para a massa de grãos por planta para a linha dois, conforme Tabelas 28 e 29.

Pelos valores apresentados, quando do seu dimensionamento, a variável problemas na planta (ProbPlanta), onde os valores para a linha três se mostraram superiores aos da linha dois, conforme Tabelas 11 e 13, tal fato pode ter explicação pois devido a um estresse que as plantas da linha três foram submetidas ocasionados pela profundidade de deposição da semente e conseqüente maior tempo para emergência das plântulas, ficou a impressão de um maior ataque de pragas nas folhas das plantas desta linha, o qual foi expresso em parte pelos valores da variável discutida.

A variável cota dos pontos transformada (raizCota) também se mostrou importante na tentativa de explicação da variabilidade da massa de grãos por planta da linha três. O talhão utilizado para o experimento possui localização predominante com face para sudeste. Considerando que o ponto 1 seria a coordenada 0; 0; 0, para este estudo, o ponto 60, de menor cota, possuía uma diferença de nível de 19,49 m. Sabendo da importância da radiação solar para cultura do milho, relatada por MEROTTO JUNIOR et al. (1998) e FANCELLI & DOURADO NETO (2000), bem como da possível correlação da cota do terreno com outras variáveis do solo, as quais podem não ter ficado explícitas nas análises matemáticas expressas neste trabalho, esperava-se que esta variável se mostrasse presente nos conjuntos de variáveis explicativas dos fenômenos de rendimento do milho.

As variáveis de fertilidade física do solo, conteúdo de silte (Silte) e argila (Argila), também assumiram importância na explicação da variabilidade da massa de grãos por planta da linha três, Tabelas 30 e 31. A variável silte poderia representar indicadores da magnitude da interperização sofrida pelo solo e a argila seria a interface entre a fertilidade física e química do solo. GARBUIO (2002) e COLET (2003) em trabalhos considerando a variabilidade espacial da região dos Campos Gerias, indicaram o conteúdo de argila do solo como uma das variáveis mais importantes para o rendimento do milho. Pelo baixo conteúdo de argila nos solos da região, bem como no trabalho em estudo esperava-se que esta variável estivesse presente em mais conjuntos de variáveis explicativos da variabilidade do rendimento do milho.

Conforme já observado, para a análise de regressão da massa de grãos por planta da linha dois, os valores indicadores de ajuste da análise para a massa de grãos para a linha três também foram pequenos, por exemplo, o melhor conjunto de variáveis independentes apresentou um coeficiente de determinação  $R^2 = 48,6$ ; isto é, apenas 48,6% da variabilidade

do rendimento da massa de grãos para linha três são explicados. Sendo este conjunto composto por cinco variáveis de um total de 17 sugeridas como regressoras.

No caso específico da linha três do processo acompanhado, como já discutido, as plantas de milho foram submetidas a um estresse inicial, o que pode ter um comportamento de variável de controle, influenciando na ação e interação das variáveis dependentes e independentes. Embora se atribua o estresse inicial comentado a profundidade de deposição da semente (ProfSem), as análises não indicaram esta nos conjuntos de regressoras explicativas do fenômeno massa de grãos por planta da linha três, Tabelas 30 e 31, ao contrário do que aconteceu com a linha dois, onde a variável profundidade de deposição da semente transformada (raizProfSem) apresentou tendência de aparecer nos conjuntos regressores explicativos.

A Tabela 32 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno altura de planta para linha dois do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras: população de plantas (População) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). Para esta análise houve efeito significativo da inclusão da variável grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%), sendo que a saturação por bases (V%) mostrou-se mais interessante na explicação da variabilidade do rendimento da altura de planta transformada (tranAltPlanta) da linha dois do processo acompanhado.

Para a análise de regressão linear múltipla de rendimento altura de planta não se considerou a variável problemas na espiga (Probespiga), pois esta temporalmente não teria influencia.

O melhor conjunto regressor para variável altura de planta da linha dois, quando da inclusão na análise da variável população de plantas (População), em detrimento das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de população de plantas (índicePres), obteve-se com a utilização da variável saturação por bases do solo (V%) em detrimento ao grau de acidez do solo (pH). Conforme Tabela 32, este era composto pelas variáveis população de plantas (População), profundidade de deposição da semente transformada (raizProfSem), profundidade total do horizonte A do solo transformada (lnProfTotA), conteúdo de carbono no solo (C), conteúdo de silte no solo (Silte), capacidade de troca de cátions do solo (CTC) e saturação por bases (V%).

TABELA 32 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno altura de planta para a linha dois, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; população de plantas (População) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus.	S
População e pH	Passo a passo c/ constante	População, C, pH, CTC, lnP, raizProfSem e Silte.	55,7	-	4,57
	Passo a passo s/ constante	lnResid, pH, raizCota, Argila, ProbPlant, CTC, lnProfTotaA e População.	-	-	7,42
	Melhor Reg. possível c/constante	C, CTC, lnP, raizCota, Silte, raizProfSem, pH e População.	56,8	49,2	4,56
	Melhor Reg. possível s/constante	lnResid, pH, raizCota, Argila, ProbPlant, CTC, lnProfTotaA e População.	-	-	7,42
População e V%	Passo a passo c/ constante	População, C, V%, CTC, lnP, raizProfSem e Silte.	56,9	-	4,58
	Passo a passo s/ constante	lnResid, V%, raizCota, Argila, ProbPlant, CTC e lnProfTotaA e População.	-	-	8,60
	Melhor Reg. possível c/constante	C, CTC, Silte, V%, População, raizProfSem e lnProfTotaA.	58,4	51,1	4,54
	Melhor Reg. possível s/constante	CTC, lnProfTotaA, raizCota, Argila, lnResid, ProbPlant, V% e População.	-	-	8,59

Mesmo com a baixa variabilidade, CV=2,8% conforme Tabela 7, dos valores da variável de rendimento altura de planta, as variáveis que representam o processo de semeadura (antrópicas) mereceram destaque na explicação do fenômeno, Tabela 32. Pela competição para interceptação da radiação solar esperava-se que a variável mostrasse dependência das variáveis que representam o número de plantas por área. O valor do indicador de ajuste, coeficiente de determinação R<sup>2</sup> = 58,4; de certa forma demonstra o descrito.

Das variáveis independentes para este caso, além das já discutidas, aparecem a capacidade de troca de cátions do solo (CTC) e a saturação por bases do solo (V%). Não se esperava que estas variáveis contribuíssem para a explicação dos fenômenos de rendimento neste estudo, pois os valores da estatística descritiva, Tabela 7, mostram que estas variáveis

possuem valores elevados quando comparados com FONTOURA (2002) e GARBUIO (2002) e classificadas por IAC (1997) e CFS MG (1998).

A Tabela 33 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno altura de planta para linha dois do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras: pressão de população de plantas (PresPop) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). Para esta análise também houve efeito significativo da inclusão da variável grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%), sendo que o V% mostrou-se mais interessante na explicação da variabilidade do rendimento da altura de planta transformada (tranAltPlanta) da linha dois do processo acompanhado.

TABELA 32 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno altura de planta para a linha dois, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; Pressão de População(PresPop), Índice de Pressão de População (ÍndicePressão) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus.	S
Pressão de População índice de Pressão de População e pH	Passo a passo c/ constante	PresPop, C, raizProfSem e Silte.	66,2	-	3,87
	Passo a passo s/ constante	lnResid, pH, PresPop, CTC, raizCota, ProbPlant, e Argila.	-	-	7,15
	Melhor Reg. possível c/constante	C, CTC, RelCaMg, Silte, pH, lnResid, ProbPlant, PresPop, ÍndicePres.	64,5	55,2	4,28
	Melhor Reg. possível s/constante	CTC, lnProfTotaA, raizCota, Argila, lnResid, ProbPlant, pH, PresPop, ÍndicePres.	-	-	7,14
Pressão de População, Índice de Pressão de População e V%	Passo a passo c/ constante	PresPop, C, CTC e V%.	69,1	-	3,79
	Passo a passo s/ constante	lnResid, V%, PresPop, CTC, raizCota, ProbPlant, Argila, lnProfTotaA e ÍndicePressão..	-	-	8,05
	Melhor Reg. possível c/constante	C, CTC, RelCaMg, Silte, V%, lnResid, ProbPlant, PresPop, ÍndicePres e lnP.	74,7	68,3	3,66
	Melhor Reg. possível s/constante	CTC, lnProfTotaA, raizCota, Argila, lnResid, ProbPlant, pH, e ÍndicePres.	-	-	7,91

O melhor conjunto regressor para variável altura de planta da linha dois, quando da inclusão na análise das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de população de plantas (ÍndicePres) em detrimento da variável população de plantas, também obteve-se com a utilização da variável saturação por bases do solo (V%) em detrimento ao grau de acidez do solo (pH). Conforme Tabela 33, este era composto pelas variáveis pressão de população de plantas (PresPop), índice de pressão de população de plantas (ÍndicePres), profundidade total do horizonte A do solo transformada (lnProfTotA), conteúdo de fósforo no solo transformada (lnP), conteúdo de silte no solo (Silte), relação cálcio e magnésio (RelCaMg), a quantidade de resíduo em superfície transformada (lnResid), problemas na planta (ProbPlant), capacidade de troca de cátions do solo (CTC) e saturação por bases (V%).

Pelos valores dos indicadores de ajuste da regressão, Tabelas 32 e 33, a inclusão das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de população de plantas (ÍndicePres) mostrou-se claramente mais interessante na tentativa de explicar o fenômeno altura de planta para a linha dois de semeadura. Para este caso o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) alcançou valores razoáveis, no caso do melhor conjunto regressor este conseguiu explicar 74,7% da variabilidade altura de plantas da linha dois do processo acompanhado.

Quando da não utilização na análise de regressão de uma constante, os valores dos indicadores de ajuste desta foram inferiores aos com a inclusão da constante, porém considerando discussão anterior sobre a validade deste valor, os conjuntos de regressoras obtidos pelas análises sem esta constante merecem atenção. Observa-se nas Tabelas 32 e 33 que sem a inclusão da constante, um grande número de independentes compõem o conjunto que vem a explicar a variabilidade da altura de planta para a linha dois.

Semelhante ao demonstrado pelas análises de regressões para a variável massa de grãos por planta da linha dois do processo estudado, embora não apareça no melhor conjunto explicativo, a variável profundidade de deposição da semente transformada (raizProfSem) tendeu a aparecer em várias análises como regressora significativa. O relatado demonstra a importância da atividade antrópica de semeadura mesmo em um processo, linha dois, que pode ser considerado de elevado rendimento da cultura de milho.

A Tabela 34 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno altura de planta para linha três do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras: população de plantas transformada (arcsenPopulação) e o grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). Para esta análise houve efeito significativo no caso das duas últimas variáveis comentadas, sendo que o grau de acidez do solo (pH) mostrou-se mais interessante na explicação da variabilidade do rendimento da altura de planta transformada (tranAltPlanta) da linha três do processo acompanhado.

TABELA 34 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno altura de planta para a linha três, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; população de plantas transformada (arcsenPopulação) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus	S
População e pH	Passo a passo c/ constante	arcsenPopulação, C, lnP, Silte, ProfSem, lnResid e RelCaMg.	36,0	-	2,99
	Passo a passo s/ constante	lnResid, pH, raizCota, Argila, ProbPlant e lnProfTotaA.			8,02
	Melhor Reg. possível c/constante	lnP, RelCaMg, Silte, lnResid, ProfSem, C e arcsenPopulação	36,0	25,4	2,99
	Melhor Reg. possível s/constante	lnP, lnK, ProbPlant, raizCota, lnProfTotaA, Argila, lnResid, pH e ProfSem.	-	-	7,88
População e V%	Passo a passo c/ constante	arcsenPopulação, C, Silte, ProfSem, lnResid e RelCaMg.	28,2	-	3,09
	Passo a passo s/ constante	lnResid, raizCota, Argila, lnP, Silte e lnProfTotaA.	-	-	8,65
	Melhor Reg. possível c/constante	lnP, RelCaMg, Silte, lnResid, ProfSem, C e arcsenPopulação	32,6	21,6	3,03
	Melhor Reg. possível s/constante	lnP, lnK, ProbPlant, raizCota, lnProfTotaA, Argila, Silte, lnResid, e ProfSem.	-	-	8,52

Devido a problemas de homogeneidade de variâncias omitiu-se das análises de regressões a variável profundidade do horizonte A (ProfHorA).

Os melhores conjuntos regressores para a altura de planta da linha três, quando incluídos na análise a variável população de plantas transformada (arcsenPopulação), em detrimento das variáveis pressão de população de plantas transformada (MNPresPop) e índice de pressão de população de plantas (ÍndicePres), obteve-se com a utilização da variável grau de acidez do solo (pH) em detrimento a saturação por bases do solo (V%), embora não houve presença desta variável no melhor conjunto regressor. Conforme Tabela 34, este é composto pelas variáveis; população de plantas transformada (arcsenPopulação), profundidade de deposição da semente transformada (raizProfSem), conteúdo de fósforo no solo transformada (lnP) conteúdo de carbono no solo (C), conteúdo de silte no solo (Silte), relação cálcio e magnésio (RelCaMg) e a quantidade de resíduo em superfície transformada (lnResid).

A Tabela 35 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno altura de planta para linha três do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras: pressão de população de plantas transformada (MNPresPop) e o grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). Para esta análise houve efeito significativo na inclusão das variáveis que indicam a acidez do solo, sendo que o grau de acidez do solo (pH) mostrou-se mais interessante na explicação da variabilidade do rendimento da altura de planta transformada (tranAltPlanta) da linha três do processo acompanhado.

Para a análise em discussão, Tabela 35, os indicadores de ajuste apontam dois conjuntos regressores importantes, um onde o coeficiente de determinação foi maior ( $R^2 = 39,2$ ) e outro onde o desvio padrão em relação a linha de regressão foi menor ( $S = 3,00$ ).

Através da visualização das Tabelas 34 e 35, ficam evidentes os baixos valores do coeficiente de determinação conforme os conjuntos regressores sugeridos pelas diferentes formas de análise de regressão utilizadas. O maior coeficiente de determinação não ultrapassou 39,2; isto é, as variáveis regressoras neste caso explicaram apenas 39,2% da variabilidade da altura de plantas da linha três de semeadura. No caso específico da linha três do processo acompanhado, como já discutido, as plantas de milho foram submetidas a um estresse inicial, o que pode ter um comportamento de variável de controle, influenciando na ação e interação das variáveis dependentes e independentes.

TABELA 35 - Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno altura de planta para a linha três, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; pressão de população transformada(MNPresPop), índice de pressão de população (ÍndicePressão) e o grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus	S
Pressão de População índice de Pressão de População e pH	Passo a passo c/ constante	MNPresPop, RelCaMg, CTC, ProfSem e lnResid.	26,0	-	3,17
	Passo a passo s/ constante	lnResid, CTC, raizCota, Argila, lnProfTotaA, PrfSem e ÍndicePressão.	-	-	7,70
	Melhor Reg. possível c/constante	C, Silte, ProfSem, lnResid, MNPresPop, RelCaMg, lnP, lnProfTotaA e ÍndicePressão.	39,2	24,8	3,02
	Melhor Reg. possível s/constante	MNPresPop, CTC, ProfSem, pH, lnResid, raizCota, Argila, ÍndicePressão, ProbPlant e lnProfTotaA.	-	-	7,23
Pressão de População, Índice de Pressão de População e V%	Passo a passo c/ constante	MNPresPop, RelCaMg, CTC, ProfSem, C, V%, lnResid e ÍndicePressão.	36,8	-	3,09
	Passo a passo s/ constante	lnResid, Silte, raizCota, Argila, lnProfTotaA, PrfSem e ÍndicePressão.			7,40
	Melhor Reg. possível c/constante	MNPresPop, RelCaMg, ProfSem, C, V%, lnResid, ÍndicePressão e lnProfTotaA.	36,8	24,1	3,00
	Melhor Reg. possível s/constante	lnP, RelCaMg, lnProfTotaA, lnResid, ProfSem, V%, MNPresPop e ÍndicePressão.	-	-	7,19

Ao contrário do descrito para linha dois do processo de semeadura, Tabelas 32 e 33, não fica claro qual das variáveis sugeridas como representante do número de plantas por área é a que melhor explicaria o fenômeno altura de planta para a linha três, Tabelas 34 e 35. Neste segundo caso o melhor conjunto regressor, matematicamente escolhido (S = 2,99), para a altura de planta, contava com a presença da variável população de plantas transformada (arcsenPopulação). Lembrando que, através das duas metodologias utilizadas para dimensionamento do número de plantas por área, a linha dois apresentou valores próximos ao recomendado como ideal e superiores aos encontrados para a linha três de semeadura (Tabelas

9 e 11). Os valores determinados para linha três foram inferiores ao recomendado, sendo assim a competição intraespecífica fica reduzida, o que talvez torne a variável população de plantas, pelo seu enfoque quantitativo, mais explicativo que a variável pressão de população de plantas.

Para os dois estudos, linhas dois e três, a inclusão de uma constante na análise de regressão melhorou os indicadores de ajuste de equação dos conjuntos regressores para o fenômeno de rendimento altura de plantas.

A Tabela 36 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno de rendimento diâmetro de colmo para linha dois do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras: população de plantas (População) e saturação por bases (V%).

Para a análise de regressão linear múltipla de diâmetro de colmo, não se considerou a variável problemas na espiga (Probspiga), pois esta, temporalmente, não teria influencia.

Devido a problemas quanto a homogeneidade de variância, foram omitidas da análise de regressão para o diâmetro do colmo para a linha dois, as variáveis conteúdo de carbono no solo (C) e grau de acidez do solo (pH).

TABELA 36 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno diâmetro de colmo para a linha dois, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; população de plantas (População) e saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus	S(10 <sup>-3</sup> )
População e V%	Passo a passo c/ constante	População, RelCaMg, raizCota e CTC.	29,5	-	0,91
	Passo a passo s/ constante	CTC, RelCaMg, raizCota, Argila, lnResid, ProbPlant, V% e População.	-	-	1,26
	Melhor Reg. possível c/constante	CTC, RelCaMg, raizCota, lnResid,, raizProfSem e População.	36,9	25,9	0,90
	Melhor Reg. possível s/constante	CTC, RelCaMg, raizCota, Argila, lnResid, ProbPlant, V% e População.	-	-	1,26

O melhor conjunto regressor para o diâmetro de colmo da linha dois, quando da inclusão na análise da variável população de plantas (População), em detrimento das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de população de plantas (ÍndicePres), conforme Tabela 36, este é composto pelas variáveis população de plantas (População), profundidade de deposição da semente transformada (raizProfSem), relação cálcio e magnésio (RelCaMg) e a quantidade de resíduo em superfície transformada (lnResid) e cota dos pontos estudados transformada (raizCota).

A Tabela 37 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno diâmetro de colmo para linha dois, quando da inclusão na análise da: pressão de população de plantas (PresPop) e ou saturação por bases (V%).

TABELA 37 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno diâmetro do colmo para a linha dois, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; Pressão de População (PresPop), Índice de Pressão de População (ÍndicePressão) e saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus	S(10 <sup>-3</sup> )
Pressão de População, Índice de Pressão de População e V%	Passo a passo c/ constante	PresPop, CTC, raizCota e RelCaMg.	39,3	-	0,85
	Passo a passo s/ constante	lnResid, V%, PresPop, CTC, raizCota, ProbPlant, Argila, ÍndicePressão e RelCaMg.	-	-	1,17
	Melhor Reg. possível c/constante	CTC, RelCaMg, raizCota,, PresPop, ÍndicePressão, V% e ProfHorA.	44,7	36,3	0,84
	Melhor Reg. possível s/constante	CTC, RelCaMg, raizCota, Argila, lnResid, ProbPlant, V%, PresPop e ÍndicePressão.	-	-	1,17

O melhor conjunto regressor para o diâmetro de colmo da linha dois, quando da inclusão na análise das variáveis pressão de população de plantas (PresPop) e índice de pressão de população de plantas (ÍndicePresão) em detrimento da variável população de plantas (População) conforme Tabela 37, é composto pelas variáveis população de plantas (População), profundidade de deposição da semente transformada (raizProfSem), relação cálcio e magnésio (RelCaMg) e a quantidade de resíduo em superfície transformada (lnResid) e cota dos pontos estudados transformada (raizCota).

Fica claro, nas análises apresentadas para a variável diâmetro maior do colmo transformada (invDmaior) da linha dois, que entre as variáveis que representam a distribuição de plantas por área a pressão de população de plantas (PresPop) mostra-se também mais significativa.

A Tabela 38 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno de rendimento diâmetro de colmo para linha dois do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras: população de plantas (População) e acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%). Para esta análise houve efeito significativo da inclusão da variável acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%), sendo que o grau de acidez do solo mostrou-se ligeiramente mais interessante.

TABELA 38 – Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno diâmetro do colmo para a linha três, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; população de plantas transformada (arcsenPopulação) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus	S
População e pH	Passo a passo c/ constante	arcsenPopulação e ProbPlant.	22,5	-	0,97
	Passo a passo s/ constante	lnResid, arcsenPopulação, pH, CTC e raizCota.	-	-	1,23
	Melhor Reg. possível c/constante	LnProfTotA, Argila, pH, ProfSem, arcsenPopulação e ProbPlant.	33,0	23,8	0,94
	Melhor Reg. possível s/constante	lnP, raizCota, Silte, Argila, lnResid, ProfSem, pH e arcsenPopulação.	-	-	1,15
População e V%	Passo a passo c/ constante	arcsenPopulação e ProbPlant.	22,5	-	0,96
	Passo a passo s/ constante	lnResid, arcsenPopulação, V%, Silte, Argila e raizCota.	-	-	1,25
	Melhor Reg. possível c/constante	LnProfTotA, Argila, V%, ProfSem, arcsenPopulação e ProbPlant.	33,4	24,6	0,93
	Melhor Reg. possível s/constante	CTC, raizCota, Silte, Argila, lnResid, ProfSem, V% e arcsenPopulação.	-	-	1,24

O melhor conjunto regressor para o diâmetro de colmo da linha três, quando da inclusão na análise da variável população de plantas transformada ( $\arcsenPopulação$ ), em detrimento das variáveis pressão de população de plantas transformada ( $MNPresPop$ ) e índice de pressão de população de plantas ( $ÍndicePres$ ), obteve-se com a utilização da variável saturação por bases do solo ( $V\%$ ) em detrimento ao grau de acidez do solo ( $pH$ ). Conforme Tabela 38, este é composto pelas variáveis; população de plantas transformada ( $\arcsenPopulação$ ), profundidade de deposição da semente transformada ( $raizProfSem$ ), conteúdo de argila no solo ( $Argila$ ), saturação por bases ( $V\%$ ), profundidade total do horizonte A do solo transformada ( $lnProfTotA$ ) e problemas na planta ( $ProbPlant$ ).

Embora as variáveis; saturação por bases do solo ( $V\%$ ) e grau de acidez do solo ( $pH$ ), apareçam nos conjuntos regressores, os indicadores de ajuste destes não indicam diferenças significativas, Tabela 38.

A Tabela 39 mostra os conjuntos de variáveis regressoras consideradas as mais explicativas para o fenômeno diâmetro de colmo para linha três do processo acompanhado, quando da inclusão na análise das regressoras: pressão de população de plantas transformada ( $MNPresPop$ ) e acidez do solo ( $pH$ ) ou saturação por bases ( $V\%$ ). Para esta análise houve efeito significativo da inclusão da variável acidez do solo ( $pH$ ) ou saturação por bases ( $V\%$ ), sendo que a saturação por bases mostrou-se mais interessante na explicação da variabilidade do rendimento do diâmetro de colmo ( $Dmaior$ ) da linha três do processo acompanhado.

O melhor conjunto regressor para o diâmetro de colmo da linha três, quando da inclusão na análise das variáveis pressão de população de plantas transformada ( $MNPresPop$ ) e índice de pressão de população de plantas ( $ÍndicePres$ ) em detrimento da variável população de plantas transformada ( $\arcsenPopulação$ ), obteve-se com a utilização da variável saturação por bases do solo ( $V\%$ ) em detrimento ao grau de acidez do solo ( $pH$ ). Conforme Tabela 39, este é composto pelas variáveis; pressão de população de plantas transformada ( $MNPresPop$ ), conteúdo de argila no solo ( $Argila$ ), profundidade total do horizonte A do solo transformada ( $lnProfTotA$ ) e problemas na planta ( $ProbPlant$ ).

TABELA 39 - Principais conjuntos de variáveis regressoras para explicação do fenômeno diâmetro do colmo para a linha três, obtidos pelos métodos “passo a passo” e “melhor regressão”, quando da utilização das variáveis diferenciadas independentes; pressão de população transformada (MNPRESPOP), índice de pressão de população (ÍndicePressão) e grau de acidez do solo (pH) ou saturação por bases (V%).

Variáveis Diferenciadas	Análise de Regressão	Conjunto de variáveis de melhor ajuste	Indicador de ajuste		
			R <sup>2</sup>	Rajus.	S
Pressão de População índice de Pressão de População e pH	Passo a passo c/ constante	MNPRESPOP, ProbPlant e Argila.	28,1	-	0,94
	Passo a passo s/ constante	MNPRESPOP, pH, raizCota, Argila, CTC, e ÍndicePressão.	-	-	1,14
	Melhor Reg. possível c/constante	MNPRESPOP, pH, ProfSem, lnProfTotA, ProbPlant e Argila.	34,0	24,6	0,94
	Melhor Reg. possível s/constante	raizCota, Silte, Argila, lnResid, pH, MNPRESPOP e ÍndicePressão.	-	-	1,13
Pressão de População, Índice de Pressão de População e V%	Passo a passo c/ constante	MNPRESPOP, ProbPlant e Argila.	28,4	-	0,93
	Passo a passo s/ constante	lnResid, MNPRESPOP, Argila, Silte, raizCota, V% e ÍndicePressão.	-	-	1,21
	Melhor Reg. possível c/constante	lnProfTotA, ProbPlant, MNPRESPOP e Argila.	30,9	24,7	0,92
	Melhor Reg. possível s/constante	lnP, RelCaMg, lnProfTotA, raizCota, Silte, Argila, CTC, lnResid, MNPRESPOP, ÍndicePressão e ProPlant.	-	-	1,19

Quando da explicação do fenômeno de rendimento diâmetro de colmo para as duas linhas de semeadura acompanhadas, os indicadores de ajuste das análises de regressão alcançaram valores que podem ser considerados pequenos.

## 5.7 Discussão Final

Para a explicação da variabilidade dos valores de rendimento da linha três (massa de grãos por planta, altura de planta e diâmetro de colmo), os indicadores de ajuste da regressão sempre se mostraram semelhantes quando da adoção de um conjunto de regressoras com a

presença da variável população de plantas transformada ( $\arcsenPopulação$ ) ou com a presença da pressão de população de plantas transformada ( $MNPresPop$ ). Esse fato talvez seja explicado pelos valores de tendência central das variáveis representativas de plantas por área, para linha três, serem inferiores ao recomendado. Com este baixo número de plantas a competição intraespecífica ficaria reduzida, não sendo, portanto diferenciada pelo dimensionamento das duas metodologias. Não fica claro, quais das variáveis que representam a quantidade de plantas de milho por área que melhor explicaria o fenômeno do diâmetro maior do colmo.

Para todas as variáveis de rendimento, houve sempre uma tendência de os conjuntos regressores sugeridos como descritores do fenômeno apresentarem valores mais elevados dos indicadores para os estudos da linha dois em comparação com a linha três do processo estudado. Tal fato talvez tenha relação com o estresse inicial sofrido pela cultura na linha três, o que teria um efeito de variável de controle, provocando interações diferenciadas entre as variáveis independentes sugeridas como explicativas.

A variável profundidade de deposição da semente, sugerida como regressora e representante do processo antrópico de semeadura, se fez presente em alguns conjuntos regressores sugeridos para as variáveis dependentes de rendimento. Interessante neste caso é que esta presença foi em maior número de vezes quando o estudo era a respeito da linha dois do processo, linha esta onde tal variável apresentou valores de tendência central considerados mais próximos do ponto de emergência mais rápida. Sendo assim esperava-se maiores problemas para a linha três do processo, o que de certa forma pode ser visualizado nas Figuras 5a e 5b, porém, não ficou explícita esta resposta nas análises de regressões das variáveis de rendimento da linha três do processo estudado.

Para os dois estudos, linhas dois e três, a inclusão de uma constante na análise de regressão melhorou os indicadores de ajuste de equação dos conjuntos regressores para o fenômeno de rendimento diâmetro de colmo.

## 6 – CONCLUSÕES

As variáveis representativas da quantidade de plantas por área, população de plantas e pressão de população de plantas, sempre se mostraram importantes para a explicação dos fenômenos de rendimento do milho.

A variável profundidade de deposição da semente mostrou-se importante para o tempo de emergência de plântulas, porém apareceu com certa frequência como explicativa dos fenômenos de rendimento de milho, apenas, em uma das linhas de semeadura estudada.

As principais variáveis explicativas para o fenômeno massa de grãos por planta foram: os problemas na espiga, conteúdo de carbono, de potássio, e de fósforo do solo; profundidade do horizonte A somado as transições, relação entre os cátions cálcio e magnésio e uma das variáveis representativas da quantidade de plantas por área.

As principais variáveis explicativas para o fenômeno altura de planta foram: conteúdo de carbono, de fósforo, e de silte do solo; quantidade de resíduo em cobertura e uma das variáveis representativas da quantidade de plantas por área.

As principais variáveis explicativas para o fenômeno diâmetro de colmo foram; uma das variáveis representativas da profundidade de solo e uma das variáveis representativas da quantidade de plantas por área.

Os coeficientes de ajuste, portanto de explicação do fenômeno variaram de 33,4% para o diâmetro de colmo da linha três a 74,7% para altura de planta da linha dois.

## 7.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAD, G.; TORRES, C. V. Regressão múltipla “stepwise” e hierárquica em psicologia organizacional, aplicações, problemas e soluções. Estud. Psicol. Vol. 7(número especial) p. 19-29, 2002.

ADDISCOTT, T. M. Simulation modeling and soil behavior. Geoderma, v.60, p.15-41, 1993.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico Vermelho-Amarelo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, v.20, p151-7, 1996.

AMADO, T. J.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo sob sistema plantio direto. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v. 26, p.241-8, 2002.

ANDREOLI, C.; ANDRADE, R. V.; ZAMORA, D. C.; GORDON, M. Qualidade da semente e densidade de semeadura afetam o estande e a produtividade de milho. CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998. Recife, PE. Anais..., Recife, PE: UFRPE, 1998. CD-Rom.

ANTUNES, P. M.; DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Método prático para estimativa de índice de área foliar na cultura de milho ( *Zea mays* L.) In: Workshop on special topics about soil physics and crop modeling and simulation. Piracicaba, 1997. Anais... Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1997.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BECHREGARAY, V. Distribuição de adubo na semeadura do milho em plantio direto: Efeito sobre rendimento de grãos e seus componentes. CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998. Recife, PE. Anais..., Recife, PE: UFRPE, 1998. CD-Rom.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. . Determinação da granulometria em fertilizantes e corretivos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1977. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT Fertilizantes, corretivos e condicionadores de solo (NBR 5776). Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1994. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Projeto de norma 12:02.06-004 – Semeadora de precisão – Ensaio de laboratório. São Paulo: Sistema Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial, 1989. 21p.

ATHERTON, B. C.; MORGAN, M. T.; SHEARER, S. A.; STOMBAUGH, T. S.; WARD, A. Site-specific farming: A perspective on information needs, benefits and limitations. J. Soil and Water Cons., 54(2), p.455-61, 1999.

BAKHSH, A.; JAYNER, D. B.; COLVIN, T. S.; KANWAR, R. S. Spatio-temporal analysis of yield variability for a corn-soybean field in Iowa. Trans. ASAE. v.43(1), p.31-8, 2000.

BAKHSH, A.; COLVIN, T. S.; JAYNER, D. B.; KANWAR, R. S.; TIM, U. S. Using soil attributes and GIS for interpretation of spatial variability in yield. Trans. ASAE. v.43(4), p.819-28, 2000

BALASTREIRE, L. A.; COELHO, J. L. D. Aplicação mecanizada de fertilizantes e corretivos. São Paulo: Associação nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas. 1992. 47p. (Boletim Técnico 7)

BALASTREIRE, L. A.; VASARHELYI, A.; MARQUES, R. T. Estudo comparativo do desempenho de dosadores de sementes de disco horizontal e inclinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19, Piracicaba, 1990. Anais... Piracicaba, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1990. p. 980-94.

BARTZ, H. R. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto. IN: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM, 5, Santa Maria, 1998. Palestras... Santa Maria, UFSM/Ed. Pallotti, 1998.

BATEMAN, H. P. Planter metering, soil and plant factors affecting corn ear populations. Trans. ASAE, St. Joseph, MI., v.15(6), p.1013-20, 1972.

BAYER, C. Manejo da matéria orgânica e seus reflexos na melhoria química de solos em Plantio Direto e na qualidade ambiental. IN: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5. 2002. Guarapuava, PR. Resumos de Palestras..., Guarapuava, PR: Cooperativa Agrária, 2002.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba: Ceres, 1985. 329p.

BOLLER, W.; GAZOLA, O.; SEVERO, J. L. BERBER, D. C.; SQUILLJEE, E. Avaliação e efeitos de mecanismos dosadores de semeadoras sobre danos mecânicos e fisiológicos em sementes de soja (*Glycine Max* L. Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, Londrina, 1991. Anais... Londrina. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991, p.1181-92.

BORGES, R. e MALLARINO, A. P. Field-scale variability of Phosphorus and Potassium uptake by no-tillage corn and soybean. Soil Sci. Soc. Am. J., v.61, p.846-53, 1997.

BOYER, D. G.; WRIGHT, R. J.; FELDHAK, C. M.; BLIGH, D. P. Soil spatial variability relationships in a steeply sloping acid soil environment. Soil Science. Vol. 161(5), p.78-87, 1996.

BRASKALB. Boletim Informativo. sd. 57p.

BRUBAKER, S. C.; JONES, A. J.; LEWIS, D. T.; FRANK, K. Soil properties associated with landscape position. Soil Sci. Soc. Am. J., v.57, p.235-9, 1993.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. 301p.

BURROUGH, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assesment. New York: Oxford University Press, 1986. 193p.

CALEGARI, A. Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: ASPTA, 1992. 346p.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F. e KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil proprieties in Central Iowa Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 58, p.1501-11, 1987.

CARAMORI, P. H. et. al. Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 1991. 40p. Boletim Técnico n° 36, março 1991.

CARNEIRO, G. E. S. e GERAGE, A. G. A cultura do Milho no Paraná: Densidade de semeadura. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná/IAPAR, 1991. p.63-70.

CASÃO JUNIOR et al. Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora Magnum 285-PD. Londrina:IAPAR, 1998. 47p. (Circular 105).

CASÃO JUNIOR et al. Desempenho da semeadora-adubadora AS 13500-Vence Tudo em solos argilosos. Londrina:IAPAR, 2000. 46Pp (Circular 110).

CASÃO JUNIOR et al. Desempenho das semeadoras-adubadoras MPS-1600 e MPS-1000 Imasa em solos argilosos. Londrina:IAPAR, 2000. 44p. (Circular 111).

CERETTA, C. A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia/milho. In: II Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo no sistema plantio direto. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1998. 103p.

CHARNET, R.; FREIRI, C. A. D.; CHARNET, E. M. R.; BONVINO, H. Análise de modelos de regressão linear, com aplicações. Campinas: Editora da Unicamp. 1999. 355p.

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação das máquinas para a semeadura. IN: MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas, Ensaio e certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

COELHO, R. M.; LEPESCH, I. F.; MENK, J. R. F. Relações solo-relevo em uma encosta de transição arenito-basalto em Itu-SP. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v.18, p125-37, 1994.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-MG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-Quarta Aproximação. Lavras, 1989. 159p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Região Sul, 1994. 224p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/CONAB. Indicadores da Agropecuária. Brasília: Ministério da Agricultura. Volume 8 (10), out. 1999.

COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; KURACHI, S. A. H.; MORAES, R. A. D. M.; MOREIRA, C. A.; RIBEIRO, M. F. S. Efeito da velocidade de deslocamento sobre características operacionais de semeadoras. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1984. 13p. (Boletim técnico 97).

COUTO, J. R. F. F.; SHLEDER, J. B.; JUNIOR, A. F., BONO, J. A. M. Saturação por bases em tres tipos de solo no estado do Mato Grosso do Sul para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. Anais... Brasília: SBCS, 1999. CD

CUNHA, A. J.; MORAIS, A. R.; SOUZA, R. J.; RAMOS, C. R. B. A. Testes F para modelos mistos de grupos de experimentos em cultivares avaliadas em diferentes fases da lua, meses e anos. Ciênc. agrotec., Lavras, v.25(1), p. 77-85, jan/fev., 2001.

CUNHA, G. R. Balanço Hídrico Climático. IN: BERGAMASCHI, H. Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. 125p.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1995. 45p. (Circular Técnica, 21).

CRUZ, I. Manejo de pragas da parte aérea da cultura do milho. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. Milho: Estratégia de manejo para Região Sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209p.

DAVANZO, G. A cultura do milho (*Zea mays* L). A granja. Julho, p.45-6, 1997.

DELAFOSE, R. M. Máquinas semeadoras de grano grueso. Santiago: Oficina Regional de la FAO para América Latina e Caribe, 1986. 48p.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIMAS, N.; KÜPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: IAPAR/GTZ, 1991. 268p.

DRUMMOND, S. T.; SUDDUTH, K. A.; BIRRELL, S. J. Analysis and correlation methods for spatial data. St. Joseph: ASAE, 1995. 22p.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo bruno álico. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v.13, n3, p241-5, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná. Brasília: EMBRAPA/SNLCS, 1984. 413p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: SPI/EMBRAPA/CNPS, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Brasília: SPI/EMBRAPA/CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2ª.ed. Brasília: SPI/EMBRAPA/CNPMS, 1996. 204p.

FANCELLI, A. L. Plantas Alimentícias: Guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”. ESALQ/USP, 1986. 131p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. Milho: Estratégia de manejo para Região Sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209p.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BOSOLI, E. A. C. Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)(J.E. Smith) na cultura do milho. Neotrop. Entomol., v. 30(4), p.681-9, dez. 2001.

FEY, E. Desempenho de mecanismos sulcadores utilizados para a semeadura sob a palha em solo de textura argilosa com diferentes teores de água. UNIOESTE, 2000. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agroindustriais). Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel.

FIORIN, J. E.; REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A. Armazenamento de água no solo e crescimento e produção de milho R. bras. Ci. Solo. Campinas, v.21,p. 249-55, 1997.

FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamento e população na cultura do milho. Revista Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 12(2), p.28-31, jun. 1999.

FONTOURA, S. M. V. Produtividade de culturas e fertilidade do solo na região de abrangência da Cooperativa Agrária. IN: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5. 2002. Guarapuava, PR. Resumos de Palestras..., Guarapuava, PR: Cooperativa Agrária, 2002.

FORNASIERI FILHO, D. A cultura do milho. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.

FRANÇA, G. E.; OLIVEIRA, A. C.; IMANASU, R. Y.; MANTOVANI, E. C.; AVALLAR, G.; GOMIDE, R. L.; LUCHANE JUNIOR, A. Análise de variabilidade de atributos do solo e altitude dentro de zonas de manejo . In: AVANÇOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL NO PERÍODO DE 1999-2001. Piracicaba: Trabalhos. 2001. CD-Rom.

FUCKS, S. D. Novos modelos para mapas derivados de informações de solos. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de informações geográficas. Brasília: SPI/EMBRAPA/ CPAC, 1998. 434p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Cartas climáticas para o Paraná. Londrina: IAPAR, 1978. 67p.

GARBUIO, P. W. Correlações de variáveis químicas e físicas do solo com o rendimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) considerando-se variabilidade espacial regional. Ponta Grossa: Curso de Agronomia/UEPG, 2002, 52p. (Monografia de Conclusão de Curso). Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama), Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002.

GASSEN, D. N. Manejo de pragas de solo em milho. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. Milho: Estratégias de manejo para região Sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209p.

GODOY, L. C. Levantamentos das potencialidades minerais do município de Ponta Grossa. Ponta Grossa: Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. 1991. 24p.

GONZÁLES, M. A. S. Colinearidade de variáveis estatísticas. Disponível em: <http://www.inf.unisimos.br/~gonzales/valor/infersenc/pressup/colinear.html>. Acesso em: 28 nov. 2003.

GUPTA, S. C.; SCHENEIDER, E. C.; SWAN, J. B. Planting depth and tillage interactions on corn emergence. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 52. p. 1122-7. 1988.

HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK; W. C. Multivariate data analysis. Upper Saddle River. Printice Hall. 1998. 731p.

HAMLETT, J. M.; HORTON, R. e CRESSIE, N. A. C. Resistant and Exploratory tecniques for use in semivariogram analyses. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 50, p.868-75, 1986.

HERRERA, M. D. L. Resposta de rendimento do milho (*Zea mays* L.) conforme variabilidade do conteúdo de argila do solo. Ponta Grossa: Curso de Agronomia/UEPG, 2003, 35p. (Monografia de Conclusão de Curso). Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama), Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Draft standard methods of test for sowing equipment. Part 1. Single seed drafts. ISO/DIS 725/1/1982. Geneva, Switz.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS-IAC. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Edi. Van Raij, B.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A. M. C. 2 ed. rev. atu. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC. 1997. 285p.

JANKE, J.; ERBACH, L. Seed depth distribution in no-till and strip till. St. Joseph, MI: ASAE, 1985. 12p. Paper ASAE, #85-1013.

JOHANN, J. A; URIBE-OPAZO, M. A ; ROCHA, J. V.; SOUZA, E. G. Modelagem da correlação espacial entre mapas de produtividade da soja e mapas de atributos do solo por meio de análise de componentes principais. Eng. Agríc. Jaboticabal, 2001. (no prelo).

JONES, A. J.; MIELKE, L. N.; BARLES, C. A.; MILLER, C. A. Relationship of landscape position and properties to crop production. Soil and Water Cons., v.44(4), p.328-32, 1989.

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. Principles of farm machinery. Westport, Connecticut: Avi Publishing. Third printing. 1978. 232p.

KIEHL, E. L. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba. Ed. Ceres. 1985. 492p.

KLIMIONTE, M. A.; WEIRICH NETO, P. H.; SCHIMANDEIRO, A.; GOMES, J. A., SANTOS, S. R., FEY, E. Influência da distribuição longitudinal de plantas na produtividade de milho (*Zea mays* L.), considerando-se variabilidade espacial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu, 2001. Anais... Cascavel. UNIOESTE/SBEA, 2001, trabalho número. CD-Rom.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. de S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: Tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. Bragantia, Campinas, v. 48(2), p. 249-62, 1989.

LAL, R. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. . Soil Science. v. 165(3), p. 191-207, march 2000.

LANDIM, P. M. B. Análise Estatística de Dados Geológicos. São Paulo: Editora da Unesp. 1998. 225p.

LANGDALE, G.W.; SHRADER, W. D.; Soil Erosion Effects on Soil Productivity of Cultivated Cropland. J. Soil Water Conserv. V. 34. p. 226-8. 1997.

LEMONS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3ª ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1983. 175p.

LIBARDI, P. L.; PREVEDELLO, C. L., PAULETTO, E. A.; MORAES, S. O. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v. 10, p. 85-90, 1986.

LOPES, A. S.; COX, F. R.; Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrados. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v. 03, p. 82-8, 1979.

LUZ, W. C. da. Diagnose e controle das doenças da espiga de milho no Brasil. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995, 28p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 5)

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. Fisiologia da planta de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 p.(EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres. 1980. 254p.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J. O potássio e a planta. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O. e USHERWOOD, N. R. Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba: Potafos, 1982. 162p.

MANTOVANI, E. C. e BERTAUX, S. Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) no campo. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS/ ABIMAQ-SINDIMAQ, 1990. 49p.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. Pesquisa agropec. bras.. Brasília, v.27(12), p.1579-86, dez 1992.

MALLARINO, A. P. Spatial variability patterns of phosphorus and potassium in no-tilled soils for two sampling scales. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 60, p. 1473-81, 1996.

MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H. Manejo da vegetação espontânea para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto e preparo convencional do solo. Energia na Agricultura. Botucatu, v. 15(1), p. 13-26, 2000.

MARQUES JUNIOR, J.; CORÁ, J. E. Atributos do solo para agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. da; BORGES, P. H. de M. Mecanização e agricultura de precisão. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. 244p.

MASSAD, E.; SILVEIRA, P. S. P. Disciplina de Métodos Quantitativos em Medicina. Faculdade de Medicina de São Paulo/USP. Disponível em: <http://www.usp.br/fm/dim/Darwin/index.htm>. acesso em: 22/nov/2000.

MATA, J. D. da; GONÇALVES, C. A.; VIEIRA, S. R.; FOLEGATTI, M. V. Relação entre produtividade e resistência à penetração em área irrigada por pivô central, sob dois sistemas de preparo. Acta Scientiarum, Maringá, v. 21(3), p.519-25, 1999.

- MATZENAUER, R.; Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: HOMERO, B.; et. al. Agrometeorologia aplicada à irrigação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 1999.
- McCOY, E. L. Sand and organic amendment influences on soil physical properties related to turf establishment. Agron. J. v.90, p. 411-9, 1998.
- MEHRING, A. L.; CUMINGS, G. A. Factors affecting the mechanical application of fertilizers to the soil. USDA/ARS. Washington, DC. 1930. (Technical Bulletin, 182).
- MELHORANÇA, A. L.; CONSTANTIN, J.; PEREIRA, F. A. R. Plantas Daninhas. IN: EMBRAPA-CPAO. Milho:Informações Técnicas. Dourados:EMBRAPA-CPAO, 1997. 222P. (Boletim Técnico # 5).
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Bern: Potash Institute, 1987. 687p.
- MENK, J. R. F.; NAGAI, V. Estratégia para caracterizar a variabilidade de dados de solos com distribuição não-normal. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v. 07, p. 311-6, 1983.
- MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOL, L.; ALMEIDA, M. L.; HAVERROTH, H. S. Interação entre a desuniformidade de emergência e a população de plantas em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998. Recife, PE. Anais..., Recife, PE: UFRPE, 1998. CD-ROM.
- MILANI, M.; OSUNA, J. T. A.; BARBOSA, J. C.; MARTINS, V. F. Comportamento de cinco cultivares em dois espaçamentos e três densidades de semeadura. CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998. Recife, PE. Anais..., Recife, PE: UFRPE, 1998. CD-Rom.
- MILLER, M. P.; SINGER, M. J.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 52, p. 1133-41, 1988.
- MINITAB. Tutorial. Minitab Release 12.2 (Direitos reservados Minitab Inc.) 1998. Documento eletrônico.
- MOHANTY, B. P.; KANWAR, R. S. Spatial variability of residual Nitrate-Nitrogen under to tillage systems in Central Iowa: A composite three dimensional resistente and exploratory approach. Water Resources Research. v. 30(2), p.237-51, 1994.
- MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte 1-O que é? E estado de arte em sensoriamento. Eng. Agric. Jaboticabal, v. 17(2), p. 97-107, 1997.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: Claudio Monegat, 1991. 337p.

MOREIRA, C. A.; NOVA, J. C.; PEREIRA, A. MENEZES, J. F.; COSTA, J. A. Mecanismos dosadores-distribuidores de sementes. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 22p. (Circular 90)

MORISON JUNIOR, J. E.; GERIC, T. J. Planter depth control: II – Emperical testing and plant responses. Trans. ASAE. v. 28(6), p. 1744-48, 1985.

MOULIN, A. P.; ANDERSON, D. W.; MELLINGER, M. Spatial variability of wheat yield, soil properties and erosion in hummocky terrain. Can. J. Soil. Sci. v.74:219-28, 1994.

MULA, D. J.; SCHEPERS, J. S. Key processes and propriertes for site-specific soil and crop management. In: Pierce, F. J. E SADLER, E. J. The state of site-specific management for agriculture. ASA Misc. Publ. ASA, CSSA e SSSA, Madison, WI, 1997, p. 1-18.

MUNSELL COLOR. Munsell Soil Color Charts. Baltimore: Kollmorgen Corporation.

MUZILLI, O.; LANTMANN, A. F.; PALHANO, J. B.; OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S.; COSTA, A.; CHAVES, J. C. D.; ZOCOLER, D. C. Análise de solos: Interpretação e recoemendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1978. 49p. (Circular IAPAR, 9).

NAFZIGER, E. D.; CARTER, P. R.; GRAHAM, E. E. . Response of corn uneven emergence. Crop Science. v 31, p. 811-5, 1991.

NDIAYE, J. P.; YOST, R. S. Corn response to spatial variability of residual potassium. Soil Science. v. 148(1), p. 1-7, july 1989.

NETTO, D. A. M.; OLIVEIRA, A. C.; AMARAL, R. V. Análise da variabilidade genética da coleção nuclear de milho tipo duro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24. Florianópolis, 2002. Anais... Sete Lagoas: ABMS/EMBRAPA, Milho e Sorgo/EPAGRI, 2002. CD-Rom.

NICOLODI, M.; SALET, R. L.; BISSO, F. P. Variabilidade da amostragem com trado no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, 2000. Santa Maria. Anais... Santa Maria: FERTIBIO, 2000. CD

NIZEYIMANA, E.; OLSON, K. R. Chemical mineralogical and physical property differences between moderately and severely eroded Illinois Soils. Soil. Sci. Soc. Am. J. Madison. V. 52(6), 174-8. 1988.

OLIVEIRA, J. J.; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E.; LUNA, J. G. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo Salino-Sódico. R. bras. Ci. Solo. Campinas, v. 23, p.783-9, 1999.

- OLIVEIRA, M. L.; VIEIRA, L. B.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, C. M.; DIAS, G. P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. Pesquisa agropec. bras. Brasília, v.35(7), p.1455-63, jul. 2000.
- OPAZO, M. A. U. Modelagem Estatística. Disciplina de Modelagem Estatística, Curso de Pos-Graduação em Engenharia de Sistemas Agroindustriais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). 2002. 50p.
- OYEDELE, D. J.; AINA, P. O. A study of soil factors in relation to erosion and yield of maize on Nigerian soil. Soil and Tillage Research. v.48(5), 115-25, 1998.
- PARKIN, T. B. Spatial variability of microbial processes in soil—a review. J. Environ. Qual. v. 22, p.409-17, 1993.
- PASTERNAK, H.; PEIPER, U. M.; PUTTER, J. A method of evaluating seeding uniformity. Canadian Agricultural Engineering. v. 29(1). p. 35-7. 1987.
- PAVEI, J. N. Importância do plantio no resultado do milho. Jornal da área de assistência técnica. Carambeí, #84, p.39-40, julho/agosto, 1991.
- PEIXOTO, R. T. dos G. Matéria orgânica: Influência em propriedades químicas. IN: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO. Castro. 1995. Anais... Castro, Fundação ABC, 1995.
- PEREIRA, J. C. R. Análises de dados qualitativos: Estratégias metodológicas para as Ciências da Saúde, Humanas e Sociais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2001. 157 p.
- PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Produtividade e índice de espiga de três cultivares de milho em sistema de consórcio com feijão comum. Pesquisa agropec. bras. Brasília, v.26(5), p.745-51, maio 1991.
- PIONNER. Novas dicas sobre preparo do solo, plantio e população de plantas. Informe Técnico. #11. Janeiro/Fevereiro, 1995.
- PITTA, G. V. E.; CORLHO, A. M.; ALVES, V. M. C.; FRANÇA, G. E.; MAGALHÃES, J. V. Cultivo de Milho: Calagem e Gessagem do solo. Comunicado Técnico 53, CNPMS/EMBRAPA, 2002.
- PORTELLA, J. A. Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas. Passo Fundo:Embrapa-CNPT, 1997. 40p. (Documentos, 41).
- PORTELLA, J. A.; SATTLER, A.; FAGANELLO, A. Regularidade da distribuição de sementes e de fertilizantes em semeadoras para plantio direto de trigo e soja. Eng. Agric. Jaboticabal, v.17(4), p.57-64, 1998.
- POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M.; GALVÃO J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo de milho safrinha. Bragantia. Campinas, v. 60(2), p. 79-82, 2002.

POTAFOS (INSTITUTO DA POTASSA E FOSFORO) Manual Internacional de Fertilidade do Solo. Trad. Alfredo Scheid Lopes. 2 ed. Piracicaba:Potafos, 1998. 177p.

PÖTTKER, D. Recentes avanços no manejo químico do solo para cultura do milho. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. Milho: Estratégia de manejo para Região Sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209p.

PRADO, H. Manejo dos solos: Descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel, 1991. 117p.

PRADO, R. M.; TORRES, J. L.; ROQUE, C. G.; COAN, O. Semente de milho sob compressão do solo e profundidades de semeadura: influencia no índice de velocidade de emergência. Scientia Agrária. v. 2(1), p. 45-9, 2001.

PRESINOTTI, A. F. Manual de procedimentos analíticos: Procedimentos para determinação das propriedades físicas de fertilizantes. São Paulo: IPT. 1981. 24p.

QUEIROZ NETO, J. P. Solos da região dos cerrados e suas interpretações. . R. bras. Ci. Solo. Campinas, v.6(1), p.1-12, 1982.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/Potafos. 1991. 343p.

REICHARDT, K.; VIEIRA, S. R.; LIBARDI, P. L. Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, v.10, p.1-6, 1986.

REIS, A. V.; ALONÇO, A. S. Comparativo sobre a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil entre os anos de 1989-2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu, 2001. Anais... Cascavel. UNIOESTE/SBEA, 2001, trabalho número XXX. CD-Rom.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Manual de identificação e controle de doenças de milho. Passo Fundo: Aldeia Norte. 1996. 78p.

RIBEIRO JUNIOR, P. J. Métodos Geoestatísticos no Estudo da Variabilidade Espacial de parâmetros de Solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995, 166p. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1995.

RIZZARDI, M. A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. Pesq. agropec. bras. Brasília, v. 35(8), p. 1231-6, agosto, 1994.

ROBERTS, T. Precision Agriculture. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 6, 1998, Brasília. Resumos..., Goiânia: APDC/FBPDNP, 1998.

- ROCHA, F. E. C.; MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; GARCIA, J. C. Comparação de semeadoras adubadoras de milho com relação a preços de aquisição e eficiência operacional. Pesq. agropec. bras. Brasília, v. 27(5), p. 751-7, maio, 1992.
- ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R.; BRINHOLL, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. Pesq. agropec. bras Brasília, v.19(12), p.1443-8, dezembro. 1984.
- RUSSO, D.; BRESLER, E. Hydraulic properties as stochastic processes: I – An analysis of field spatial variability. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 45, p. 682-7, 1981.
- SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo em plantio direto. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.
- SÁ, J. C. de M. Sistema de produção de milho visando alta produtividade na Região dos Campos Gerais no Centro Sul do Paraná. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. 301p.
- SÁ, J. C. de M. Estratégias de adubação das culturas em sistemas de produção sob plantio direto. IN: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE EM PLANTIO DIRETO,2. 1998, Passo Fundo. Resumos..., Passo Fundo: Revista Plantio Direto, 1998.
- SÁ, M. M. F. Influência do material de origem, superfícies geomórficas e posição na vertente nos atributos do solo da região dos Campos Gerais, PR. Curitiba: Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), 1995. 205p.
- SÁ, M. M. F. Abordagem quantitativa na predição espacial de atributos do solo e geração de zonas de manejo agrícola. Piracicaba: ESALQ/USP. 2001, 117p.Tese (Doutorado).
- SAAD, A. M. Uso do tensiômetro no controle da irrigação por pivô central. Piracicaba. ESALQ/USP, 1991. 141p. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SADLER, E. J.; BUSCHER, W. J.; BAUER, P.J.; KARLEN, D. L. Spatial scale requirements for precision farming: a case study in the southeastern USA. Agron. J. v.90, p.191-7, 1998.
- SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAVAREK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. R. Bras. Ci. Solo. v. 22, p. 115-22, 1998.
- SAMOHYL, R. Curso de Análise Experimental. Disciplina de Modelagem Estatística, Curso de Pos-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 2001.
- SANDINI, I. E. A cultura de milho na Cooperativa Agrária. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. Milho: estratégias de manejo para Região Sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209p.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Influência do arranjo de plantas e da época de semeadura sobre características agronômicas de milho e feijoeiro consorciados. Pesq. agropec. bras. Brasília, v.28(10), p.1173-81, out. 1993.

SANGOI, L. SALVADOR, R. J. Agronomic performace of male-sterile and fertile maiz genotypes at two plant populations. Ciência Rural. v. 26, p. 377-88, 1996.

SANTOS, H. L.; VASCONCELOS, C. A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. R. bras. Ci. Solo. v. 11, p. 87-100, 1987.

SANTOS, A. O.; PALLONE FILHO, W. J.; UNGARO, M.R.G.; LINO, <sup>a</sup> C. L; RADIN, B. Prospecção de zonas potenciais para manejo diferenciado em agricultura de precisão utilizando-se padrões de solo-planta-clima. R. Bras. Eng. Agr. Ambiental. v. 7(3), p. 463-8, 2003.

SANTOS, S. R. dos; WEIRICH NETO, P. H. Estado de arte do processo de distribuição longitudinal de milho (*Zea mayz* L.) da Cooperativa Agrária Mista de Entre Rios Ltda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, Pelotas, 1999. Anais... Pelotas, UFPel/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola –SBEA, 1999. CD-Rom.

SANTOS, S. R. dos; WEIRICH NETO, P. H.; SATTLER, R. WOBETO,C; DENGLER; R. U.; TANABE, A. Distribuição de sementes de soja (*Glycine Max* (L) Merrill), sob diferentes discos perfurados e velocidades de avanço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA,1, Londrina, 1999. Anais... Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, 1999. p. 343.

SANTOS, S.R. dos; WEIRICH NETO, P. H.; OPAZO, M. A. U. Avaliação do tamanho amostral de sementes de milho (*Zea mays* L.) para determinação de suas dimensões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu, 2001. Anais... Cascavel, UNIOESTE/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola –SBEA, 2001. CD-Rom.

SATTLER, A. Controle automático de profundidade de semeadura. Campinas: Unicamp, 1992. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1992.

SATTLER, A.; PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A. Avaliação do desempenho de semeadoras de precisão em plantio direto de milho. Revista Plantio Direto, Passo Fundo. p. 27, maio/junho 1996.

SATTLER, A.; PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A. Estudo preliminar da vazão de um fertilizante sólido em semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA GARÍCOLA, 27. 1999. Pelotas, 1999. Anais... Pelotas: UFPel/ Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola –SBEA, 1999. Cd.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. Pesq. agropec. bras. v. 30 (5). P.683-6, 1995.

SCHIMANDEIRO, Avaliação do processo de semeadura de milho (*Zea Mays L.*) na região de atuação da fundação ABC. Ponta Grossa, 2001. Relatório (Estágio), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2001, 14p.

SCHIMANDEIRO, A.; WEIRICH NETO, P. H.; SVERZUT, C. B. Estudo comparativo visando taxa variável de reposição (TVR) de fertilizantes e calcário, em sistema de plantio direto. In PREMIO SERRANA: INCENTIVO À DIFUSÃO DO PLANTIO DIRETO, 1., 2001. Trabalhos apresentados... Ponta Grossa, 2002.

SCHIMANDEIRO, A.; WEIRICH NETO, P. H. Variabilidade espacial de argila e silte conforme diferentes métodos de interpolação e seus padrões de utilização. In: AVANÇOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL NO PERÍODO DE 1999-2001. Piracicaba: Trabalhos. 2001. CD-Rom.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB)/ DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL (DERAL). Comparativo de área, produção e produtividade – 00/01/ - 01/02 - 02/03. Disponível em: <http://www.pr.gov.Br/celepar/seab/deral>. Acessado em: 10/05/2003.

SEGANFREDO, R.; BUZATI, W.; MOLIN, R. Respostas de híbridos de milho em solos com mais de oito anos de plantio direto. CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998. Recife, PE. Anais..., Recife, PE: UFRPE, 1998. CD-Rom.

SENA JUNIOR, D. G. de.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C. Algoritmo para classificação de plantas de milho atacadas pela lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*, Smith.) em imagens digitais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB: v. 5. n. 3. p. 502-09, 2001.

SENAY, G. B.; WAND,A.; LYON, J. G.; FASEY, N. R.; NOKES, S. E. Manipulation of high spatial resolution aircraft remote sensing data for using in site-specific farming. Trans. ASAE, v.41(2), p.489-95, 1998.

SILOTO, R. C.; VENDRAMINI, J. D.; RAGA, A. Avaliação de danos da lagarta-do-cartucho em genótipos de milho, em três municípios no estado de São Paulo. . In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24. Florianópolis, 2002. Anais... Sete Lagoas: ABMS/EMBRAPA, Milho e Sorgo/EPAGRI, 2002. CD-Rom.

SILVA, E. A. A. Aplicação de um estimador robusto na análise de variabilidade espacial de um Latossolo Roxo. Cascavel: UNIOESTE, 2000. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agroindustriais). Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel.

SILVA, J. B. Controle de Plantas Daninhas. IN: EMBRAPA/CNPMS. Recomendações técnicas para cultura do milho. Brasília:EMBRAPA-SPI, 1997. 204p.

SILVA, P. S. L.; FREITAS, C. D. de. Dispersão efetiva de pólen de milho. Revista Ceres. v. 41(233). P. 94 – 101, 1994.

SILVA, P. S. L.; SILVA, J. Amostragem e tamanho amostral na estimação de caracteres do milho. CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22, 1998. Recife, PE. Anais..., Recife, PE: UFRPE, 1998. CD-Rom.

SINGH, K. K.; COLVIN, T. S.; ERBACH, D. C.; MUGHAL, A. Q. Tilth Index: an approach quantifying soil tilth. Trans. ASAE, v.35(6), p.1777-85, 1992

SIQUEIRA, O. J. F.; SCHERER, E.; TASSINARI, G. et al. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo: Embrapa-CPPT, 1987. 100p.

SOUZA, L. da S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. R. Bras. Ci. Solo. v. 21, p. 367-72, 1997.

SOUZA, L. da S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo. v.22, p.77-86, 1998.

SOUZA, E. G.; JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; RIBEIRO, S. R.; SILVA, M. S.; URIBE-OPAZO, M. A.; MOLIN, J. P.; OLIVEIRA, E. F. e NÓBREGA, C. H. P. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em um Latossolo Roxo distrófico da Região de Cascavel-PR. Eng. Agric. Jaboticabal, v.18(3), p.80-92, 1999.

STEIN, A.; BROUWER, J.; BOUNA, J. Methods for comparing spatial variability patterns of millet field and soil data. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 61, p. 861-70, 1997.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. R. Bras. Ci. Solo. Campinas v.15, p.229-35, 1991.

SWAN, J. B.; SHAFFER, M. J.; PAULSON, W. H.; PETERSON, A. E. Simulating the effects of soil depth and climate factors on corn yield. Soil. Sci. Soc. Am. J. v. 51. p. 1025-32, 1987.

TIMLIN, D. J.; PACHEPSKY, YA.; SNYDER, V. A.; BRYANT, R. B. Spatial and temporal variability of corn grain yield on a hillslope. Soil. Sci. Soc. Am. J. v. 62. p. 764-73, 1998.

TOMÉ JUNIOR, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TOURINO. M. C. C. A semente no lugar certo. A Granja. Porto Alegre, v. 42(461), p. 36-40, jun. 1986.

- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; WADE, M. K. VEHARA, G.; SUDJADI, M. Spatial variation of soil proprieties and rice yield on recently cleared land. Soil Sc. Soc. Am. J. v.51. p. 668-74, 1987.
- VALENTE, J. M. G. P. Geomatemática – Lições de Geoestatística. Ouro Preto: Fundação Gorceix. Volume 4, 1982. p. 714-1061.
- VAN UFFELEN, C. G. R.; VERHAGEN, J.; BOUMA, J. Comparison of simulated crop yield patterns for site-specific management. Agric. Syst. v. 54, p.207-22, 1997.
- VERHAGEN, A.; BOOLTINK, H. W. G.; BOUMA, J. Site-specific management: Balancing production and environmental requirements at farm level. Agricultural Systems. v.49, p.369-84, 1995.
- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas-SP. Bragantia. Campinas. v. 56(1), p.181-90, 1997.
- VIEIRA, S. R.; CASTRO, O. M.; TOPP, G. C. Spatial variability of the soil physical properties in three soils of São Paulo, Brazil. Pesqu. agropec. bras. v. 27(2) p. 333-41, 1992.
- WEIRICH NETO, P. H. Máquinas agrícolas em Sistema de Semeadura sob a palha (Plantio Direto): Atualização. In: PAULETTI, V. e SEGANFREDO, R. Plantio Direto: Atualização tecnológica. Campinas: Fundação Cargill/Fundação ABC, 1999. 171p.
- WEIRICH NETO, P.H.; BUZOLINI JUNIOR, O.; ROCHA, J. V.; BORGHI, E.; SVERZUT, C. B. Variabilidade espacial do teor de areia, utilizando diferentes métodos de interpolação. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 24, 2000. Santa Maria. Trabalhos Apresentados... Santa Maria: UFSM/SBCS, 2000. CD-ROM.
- WENDROTH, O; AL-OMEAN, A. AL.; KIRDA, C.; REICHARDT, K.; NIELSEN, R. State-space approach to spatial variability of crop yield. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 56, p. 801-7, 1992.
- WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S. Análise de regressão: Como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1996. 384p. Série Ferramentas da Qualidade, volume 7.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no Sistema de Plantio Direto. . IN: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5. 2002. Guarapuava, PR. Resumos de Palestras..., Guarapuava, PR: Cooperativa Agrária, 2002.
- WOLLENHAUPT, N. C.; WOLKOWSKI, R. P. Grid soil sampling. Better Crops with Plant Food. v. 78(4), p.6-9, 1994.
- YANG, C.; PETERSON, C. L.; SHROPSHIRE, G. J.; OTAWA, T. Spatial variability of field topography and Wheat yield in the Palouse Region of the Pacific Northwest. Trans. ASAE. v.41(1), p.17-27, 1998.

YORINORI, N. A.; SADA, S. Y.; PISAIA, A. E. Efeito da profundidade de semeadura e do envelhecimento precoce de sementes de milho-pipoca (*Zea mays* L.) sobre a emergência e vigor de plantas. Agrárias. Curitiba, v.16(2), p. 173-8, 1996.

YULE, I. J.; CAIN, P. J.; EVANS, E. J.; VENUS, C. A. Spatial inventory approach to farm planning. Computers and Eletronics in Agriculture. v. 14, p.151-61, 1996.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. Revista Planta Daninha. v. 18(1) p. 145-53, 2000.