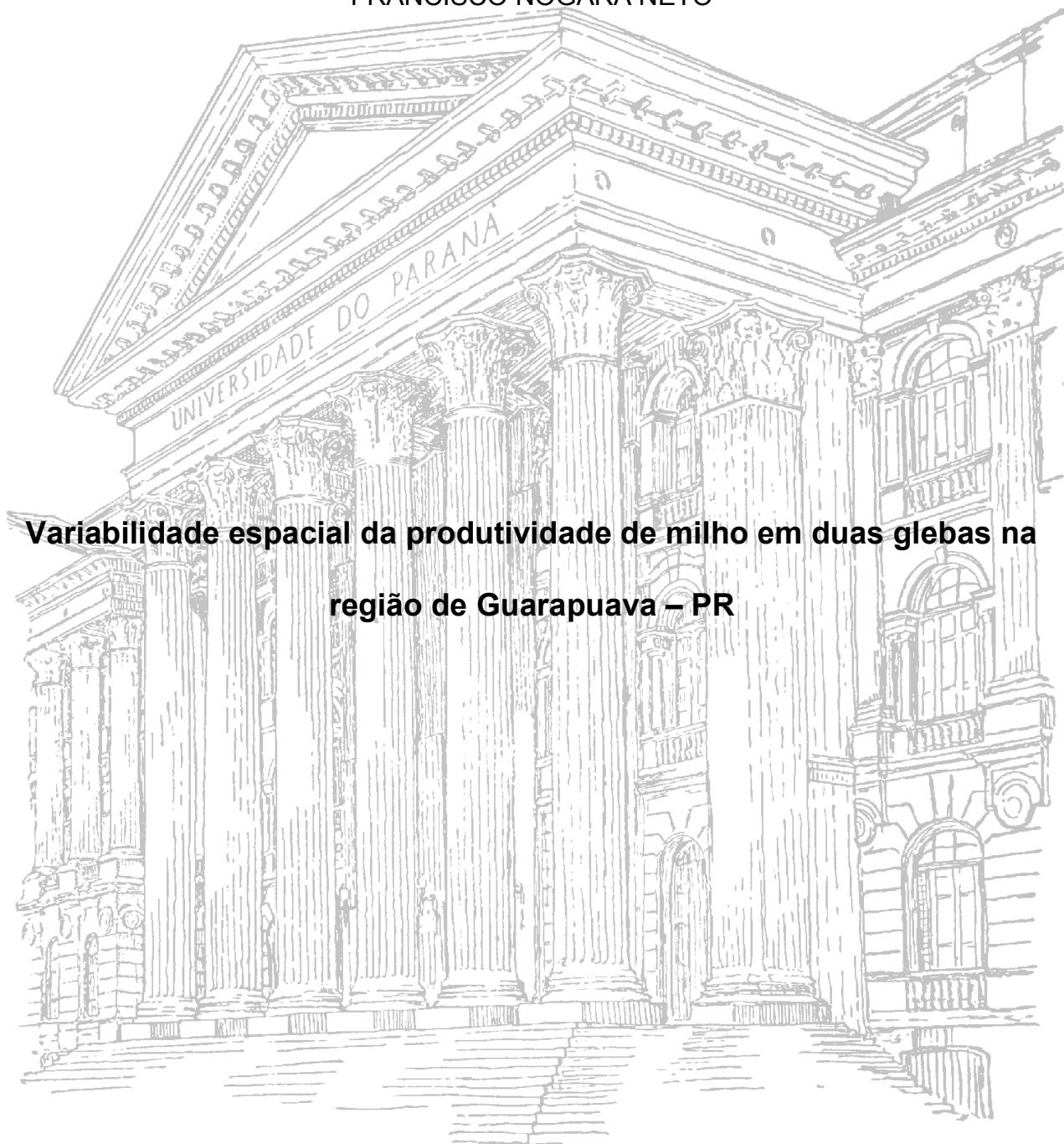


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCISCO NOGARA NETO



Variabilidade espacial da produtividade de milho em duas glebas na região de Guarapuava – PR

CURITIBA
2007

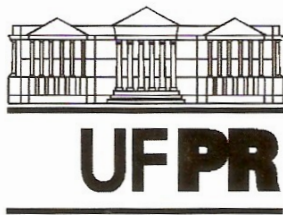
FRANCISCO NOGARA NETO

Variabilidade espacial da produtividade de milho em duas glebas na região de Guarapuava – PR

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Pedologia e Manejo do Solo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Jeferson Dieckow
Co-Orientador: Prof. Glaucio Roloff

CURITIBA
2007



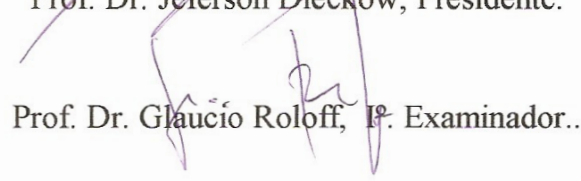
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcisolo@ufpr.br


PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **FRANCISCO NOGARA NETO**, sob o título: "**Causas da variabilidade espacial da produtividade de milho em duas glebas na região de Guarapuava-PR**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Qualidade e Sustentabilidade Ambiental"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 27 de agosto de 2007.


Prof. Dr. Jeferson Dieckow, Presidente.


Prof. Dr. Glaucio Roloff, Iº. Examinador..


Prof. Dr. Antonio Carlos Vargas Motta, IIº. Examinador.



À:
Ingrid, Plínio e Roberta
que durante o período do mestrado
nunca me deixaram de apoiar
com seu carinho e compreensão
Dedico

AGRADECIMENTOS

- A UFPR/Setor de Ciências Agrárias/Departamento de Solos e Engenharia Agrícola e ao Curso de pós-graduação em Ciência do Solo por ter me acolhido como aluno de mestrado.

- Aos professores e funcionários do Departamento de solos que me apoiaram e toleraram a constante divisão entre o mestrado e minhas atribuições profissionais.

- Especial agradecimento aos professores Gláucio Roloff e Jeferson Dieckow, pela orientação, apoio, dedicação e motivação.

- As Famílias Cruz e Stutz,, um agradecimento especial pois cederam suas áreas e máquinas imprescindíveis para o desenvolvimento do trabalho.

- Ao amigo Flávio Borbulhan e sua equipe de profissionais que muito me auxiliaram no levantamento topográfico e confecção dos mapas de declividade.

- Ao pessoal da Massey-Ferguson , AGCO, por terem me apoiado com o suporte técnico indispensável a realização deste trabalho.

- Agradeço aos meus familiares por terem me apoiado, compreendido e tolerado minha ausência.

- Agradecimentos especiais ao companheiro Antonio Marcos Peterlini, valoroso colaborador em todas as coletas e no desempenho de minhas atribuições profissionais.

Aos colegas de trabalho que além de tolerarem eventuais ausências, me deram apoio.

-Ao Simepar que gentilmente cedeu os dados climáticos da estação metereológica do distrito de Entre Rios, no município de Gurapuava-PR.

Variabilidade espacial da produtividade de milho em duas glebas na região de Guarapuava – PR.

RESUMO

O Paraná é o maior produtor Brasileiro de milho e a região de Guarapuava uma dentre as maiores produtoras no estado. Um dos desafios para a produção de milho de alta produtividade no Brasil reside na melhoria dos sistemas produtivos, ajustando-os as peculiaridades locais, de modo a causar o menor impacto ambiental possível. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da produtividade da cultura do milho com o emprego de ferramentas da agricultura de precisão, bem como estabelecer as relações de causa:efeito entre produtividade e 33 atributos em duas glebas comerciais cultivadas com milho na safra 2005/06. Para o levantamento dos dados a gleba Jordãozinho (J) com 18 ha e a gleba Santa Cruz (SC) com 18,5 ha, foram divididas em malha georreferenciada de 0,5 ha, nestas foram coletadas informações referentes a atributos de planta, e químicos e físicos do solo. Partes dos atributos não se ajustaram a distribuição normal, levando ao uso dos testes estatísticos não paramétricos: correlação de Spearman, árvores de regressão e *K-means*; os quais permitiram selecionar dentre os atributos avaliados as mais significativas com a produtividade. Os resultados foram bem diferenciados entres as glebas, para a gleba J com maior produtividade média, o elemento Mg e suas relações com outros cátions e CTC do solo (T), foram os fatores mais significativos na relação com a produtividade explicando 61% da sua variabilidade para a amostragem de solo realizada na profundidade de 0-20cm. Na gleba SC os fatores que mais explicaram a variabilidade da produtividade foram o teor de C, o N, avaliado por intermédio do clorofilômetro, a relação Ca:Mg e T, explicando 71% da variabilidade para amostragem de 0-20 cm. Os resultados deixam clara a variabilidade de interações existentes dentro de cada sistema produtivo, e demonstram a importância da agricultura de precisão para aumentar a compreensão destes sistemas complexos.

Palavras chave: Variabilidade espacial do milho; Agricultura de precisão.

Spatial variability of corn yield on two fields from the Guarapuava (PR) region.

ABSTRACT

Paraná is the largest corn producer in Brazil and Guarapuava region is among the highest yielding in the state. One of the challenges for high-yield corn production in Brazil is the improvement of production systems and their adaptation to local peculiarities so as to minimize environmental impacts. In this study, the spatial variability of corn yield was established using precision agriculture tools, which were also used to establish cause-effect relationships between yield and 33 independent variables from two commercial fields with corn in the 2005/6 season. Jordãozinho (J) field, with 18.0 ha, and Santa Cruz (SC) field, with 18.5 ha, were sampled, using a 0.5 ha grid, for plant and chemical and physical soil attributes. Some of the attributes were not normally distributed, leading to the use of the non-parametric statistical tests: Spearman correlation, regression trees and K-means, which allowed the selection of the attributes more significantly correlated to yield. Results were quite different between fields. For field J, with the greatest average yield, Mg content and its relation with other cations and soil CEC (T) were the most significant attributes related to yield, explaining 61% of its variability, for 0-20 cm soil samples. For the SC field, attributes that were best related to yield variability were C content, N estimated by a chlorophyll meter, Ca:Mg ratio and T, which together explained 71% of yield variability for the 0-20 cm soil samples. Results indicate a clear variability of the interactions present within each productive system and demonstrate the importance of precision agriculture to increase understanding of such complex systems.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURA.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO GERAL.....	3
2.1 OBJETIVOS GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	4
3.1.1 Visão Global.....	4
3.1.2 Situação Nacional.....	6
3.1.3 Amostragem.....	7
3.1.4 Colheita.....	9
3.1.5 Agricultura de precisão em sistemas de produção de milho e soja.....	10
3.2 CULTURA DO MILHO.....	12
3.2.1 Aspectos Gerais.....	12
3.2.2 Nutrição mineral do milho.....	15
3.2.3 Pragas e doenças do milho.....	18
3.2.4 Características do solo da região para o plantio direto de milho.....	19
3.3 ESTATÍSTICA.....	21
3.3.1 Introdução.....	21
3.3.2 Teste de normalidade.....	22
3.3.3 Correlação de Spearman.....	22
3.3.4 Árvores de regressão.....	23
3.3.5 Análise de Cluster.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS GLEBAS DE CAMPO.....	26

4.2 MAPEAMENTO DAS GLEBAS E ESTABELECIMENTO DA MALHA E PONTOS.....	29
4.3 VARIÁVEIS AVALIADAS.....	29
4.3.1 Declividade do terreno.....	32
4.3.2 Atributos de planta e de cultivo.....	32
4.3.3. Atributos químicos e físicos do solo.....	37
4.3.3.1 Amostragem de solo e determinação da profundidade efetiva.....	37
4.3.3.2 Análises químicas e físicas.....	37
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	39
5.1 PROCESSAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	39
5.2 ANALISE GERAL DOS RESULTADOS.....	41
5.2.1 Resultados de colheita.....	41
5.3 GLEBA JORDÃOZINHO.....	49
5.3.1 Atributos de planta e de cultivo.....	49
5.3.2 Atributos químicos e físicos de solo.....	50
5.4 GLEBA SANTA CRUZ.....	80
5.4.1 Atributos de planta e de cultivo.....	80
5.4.2 Atributos químicos e físicos de solo.....	81
5.5 USO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE.....	103
5.6 POSSIBILIDADES PRÁTICAS DE MANEJO COM AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	105
6 CONCLUSÃO.....	106
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Conteúdo de nutrientes na parte aérea da cultura do milho e a exportação dos mesmos pelos grãos em produtividade de 9,1 t/ha.....	15
Tabela 2 – Tabela resumo do teste Kolmogorov-Smirnov para verificação da normalidade das variáveis avaliadas.....	40
Tabela 3- Dados de colheita das áreas: umidade, grãos ardidos, produtividade do talhão e produtividade avaliada pelo sensor da colhedora.....	41
Tabela 4. Classe de declividade e atributos de planta e cultivo nos pontos avaliados na gleba Jordãozinho.....	42
Tabela 5 - Classe de declividade e atributos de planta e cultivo nos pontos avaliados na gleba Santa Cruz.....	43
Tabela 6 - Dados Climáticos da Região de Guarapuava no ano 2005/06 – Fonte SIMEPAR.....	45
Tabela 7 - Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-10 cm da gleba Jordãozinho.....	54
Tabela 8 -. Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-20 cm da gleba Jordãozinho.....	56
Tabela 9 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-10 cm, nos pontos avaliados na gleba Jordãozinho.....	58
Tabela 10 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-20 cm, nos pontos avaliados na gleba Jordãozinho.....	61
Tabela 11 - Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-10 cm da gleba Santa Cruz.....	86
Tabela 12 - Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-20 cm da gleba Santa Cruz.....	88
Tabela 13 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-10 cm, nos pontos avaliados na gleba Santa Cruz.....	90
Tabela 14 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-20 cm, nos pontos avaliados na gleba Santa Cruz.....	93
Tabela 15 - Resultados médios de alguns atributos químicos para duas profundidades de coleta de amostras das duas áreas do projeto.....	105

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores que afetam a produção vegetal em um determinado local, adaptado Beaufils 1973.....	13
Figura 2 - Árvore de decisão binária.....	24
Figura 3 – Localização geográfica das áreas do projeto.....	28
Figura 4 – Mapa da gleba Jordãozinho com a distribuição dos pontos de amostragem.....	30
Figura 5 - Mapa da gleba Santa Cruz com a distribuição dos pontos de amostragem.....	31
Figura 6 - Mapa de declividade da gleba Jordãozinho.....	33
Figura 7 – Mapa de declividade da gleba Santa Cruz.....	33
Figura 8 - Mapa de classes de declives e da gleba Jordãozinho.....	34
Figura 9 – Mapa de classes de declives da gleba Santa Cruz.....	34
Figura 10 a – Mapa dos dados de produtividade filtrados da gleba Jordãozinho (kg ha^{-1}).....	64
Figura 10 b – Mapa dos dados de produtividade filtrados e transformado em 35 m em torno dos pontos de coleta da gleba Jordãozinho (kg ha^{-1}).....	65
Figura 10 c – Mapa da relação Ca : Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm.....	66
Figura 10 d – Mapa da relação Ca : Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm.....	67
Figura 10 e – Mapa da relação Mg : K da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm.....	68
Figura 10 f – Mapa da relação Mg : K da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm.....	69
Figura 10 g – Mapa da concentração de Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).....	70
Figura 10 h – Mapa da concentração de Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).....	71
Figura 10 i – Mapa da saturação de Mg em T da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm (%).....	72

Figura 10 j – Mapa da saturação de Mg em T da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm (%).....	73
Figura 10 k – Mapa da soma de bases da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).....	74
Figura 10 l – Mapa da soma de bases da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).....	75
Figura 10 m – Mapa da concentração de P da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm (mg dm^{-3}).....	76
Figura 10 n – Mapa da concentração de P da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm (mg dm^{-3}).....	77
Figura 11 – Árvore de regressão da gleba Jordãozinho, para as camadas de 0-10 (a) e 0-20 (b). Produtividade (kg ha^{-1}); DP – desvio padrão (kg ha^{-1}); N-número de pontos.....	78
Figura 12 – Grupamentos homogêneos gerados pela proximidade Euclidiana entre os valores padronizados dos atributos selecionados, através do método K-means, gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem de 0-10 (a) e 0-20 cm (b). A linha tracejada indica a média dos atributos e as linhas horizontais representam sua amplitude.....	79
Figura 13 a – Mapa dos dados de produtividade filtrados da gleba Santa Cruz (kg ha^{-1}).....	96
Figura 13 b – Mapa dos dados de produtividade filtrados e transformado em 35 m em torno dos pontos de coleta da gleba Santa Cruz (kg ha^{-1}).....	96
Figura 13 c – Mapa do teor de C da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-10 cm (g dm^{-3}).....	97
Figura 13 d – Mapa do teor de C da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-20 cm (g dm^{-3}).....	97
Figura 13 e – Mapa da leitura do clorofilômetro da gleba Santa Cruz.....	98
Figura 13 f – Mapa da relação Ca : Mg da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-20 cm (g dm^{-3}).....	98
Figura 13 g – Mapa da CTC total (T) da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-20 cm (g dm^{-3}).....	99
Figura 14 a – Árvore de regressão da gleba Santa Cruz,	

profundidade de amostragem 0-10 cm. Produtividade (kg ha^{-1}); DP – desvio padrão (kg ha^{-1}); N-número de pontos.....	100
Figura 14 b – Árvore de regressão da gleba Santa Cruz, profundidade de amostragem 0-20 cm. Produtividade (kg ha^{-1}); DP – desvio padrão (kg ha^{-1}); N-número de pontos.....	101
Figura 15 – Grupamentos homogêneos gerados pela proximidade Euclidiana entre os valores padronizados dos atributos selecionados, através do método K-means, gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem de 0-10 (a) e 0-20 cm (b).....	102

ANEXOS

Anexo 1 – Balanço hídrico estimado para cultura do milho com germinação aproximada em 1° de outubro de 2005.....	116
Anexo 2 – Balanço hídrico estimado para a cultura do milho com germinação aproximada em 10 de outubro de 2005.....	117

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do milho possui importância sócio-econômica em diversas regiões do Brasil, contribuindo para a geração de renda tanto nos empreendimentos rurais como nos mais diversos segmentos industriais e comerciais do agronegócio brasileiro. A utilização do milho como uma das mais importantes matérias primas na alimentação de aves e suínos gera um significativo número de postos de trabalho na agroindústria, além de gerar importantes divisas para o País através da exportação de carnes e derivados. Outro ponto importante é a exportação direta do grão, como observada recentemente em função dos baixos estoques mundiais do grão e da alta demanda em função da produção de etanol nos Estados Unidos.

O Paraná destaca-se na produção nacional de grãos, sendo responsável por 35 % da mesma, e é o maior estado produtor de milho, com 12,9 milhões de toneladas produzidas na safra 2005/06, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento. No cenário estadual, a região de Guarapuava destaca-se na produção paranaense de milho, em especial na primeira safra, conhecida por safra de verão, com a produção de 683,3 mil toneladas, numa área de 141.400 ha, conforme dados da SEAB/DERAL para a safra 2005/06. Isso corresponde a aproximadamente 9 % do total produzido no Estado na safra de verão.

Embora expressivas, essas produções ainda apresentam potencial para aumento, principalmente considerando a possibilidade de adoção de tecnologias avançadas como a agricultura de precisão. Estudos de alguns dos componentes da agricultura de precisão, como a variabilidade espacial, são citados no Brasil desde a década de 1980 (ROLOFF & FOCHT, 2006). Porém, somente após a realização do primeiro Simpósio Brasileiro de Agricultura de Precisão, em 1996, é que a pesquisa e a implementação a campo dessa tecnologia ganharam maior expressão.

No Estado do Paraná, as primeiras ações de pesquisa em agricultura de precisão foram realizadas em 1998. Na ocasião, uma parceria foi firmada entre a Fundação ABC, ESALQ/USP, UFPR e a empresa Insolo. Essa parceria deu início a um projeto de pesquisa que visava investigar a viabilidade técnica e econômica da agricultura de precisão na região dos Campos Gerais do Paraná (GIMENEZ, 2004).

A região de Guarapuava, apesar de se constituir num importante pólo tecnológico na produção de grãos no País, nunca foi alvo de trabalho de pesquisa que envolvesse a agricultura de precisão. Embora algumas tentativas de sua adoção ocorreram a partir de 2000, somente nos dois últimos anos alguns produtores de um grupo de assistência técnica da Cooperativa Agrária Mista de Entre Rios tem investido de forma consistente na adoção da tecnologia.

Um dos desafios para a produção de milho no Brasil reside na melhoria dos sistemas produtivos, ajustando-os às necessidades locais através da racionalização dos custos, da redução do impacto ambiental provocado pelo uso inadequado de insumos (fertilizantes, agroquímicos e combustíveis), ou ainda pela redução na abertura de novas áreas visando atender a crescente demanda mundial por grãos. As ferramentas disponibilizadas pela agricultura de precisão são seguramente uma das melhores opções para o entendimento de um sistema produtivo, para a compreensão da variabilidade espacial dos vários fatores envolvidos no processo, para a racionalização de custos e uso de insumos e, desta forma, para minimizar o impacto ambiental provocado pela agricultura.

A hipótese desse trabalho é que fatores ambientais e de manejo da cultura apresentam diferentes graus de influência na variabilidade espacial da produtividade de milho. Para a compreensão do grau de influência de alguns destes fatores, foram escolhidas, dentro do município de Guarapuava, duas glebas de cultivo comercial de grãos, nas quais foram avaliadas 36 variáveis de solo, planta e manejo.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Identificar as principais causas da variabilidade espacial da produtividade de grãos de milho em duas glebas comerciais na região de Guarapuava (PR), a fim de subsidiar a tomada de decisão num plano de agricultura de precisão, sobre quais devem ser as práticas de manejo para corrigir eventuais fatores limitantes à produtividade da cultura.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a influencia de atributos químicos e físicos de solo sobre a produtividade da cultura do milho.
- Analisar a influência de atributos de planta e de cultivo sobre a produtividade da cultura do milho.
- Avaliar a agricultura de precisão como forma de interpretar a produtividade de uma cultura.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. AGRICULTURA DE PRECISÃO

3.1.1. Visão Global

No Brasil, a expressão empregada com maior frequência para o termo “site-specific” é "agricultura de precisão", possivelmente devido à imagem de modernidade que esta induz (ROLOFF & FOCHT, 2006). Segundo SRINIVASAN (2006), a agricultura de precisão (AP) pode ser definida como o conjunto de estratégias holísticas e ambientais nas quais os produtores rurais podem variar os métodos de cultivo e a utilização de insumos comparando as variações espaciais de fatores de produção e a produtividade do talhão. Entre as várias definições de AP disponíveis na bibliografia, a grande maioria deixa claro que três elementos são essenciais: informação, tecnologia e manejo.

A AP difere das formas tradicionais de agricultura, pois envolve a identificação e localização com maior exatidão das variações de produtividade e dos diversos fatores que a afetam, sugerindo assim ações de manejo localizado. Estas práticas conduzem aos produtores rurais e a seus assistentes técnicos a uma nova forma de visualizar todo o sistema produtivo, fazendo que haja perspectivas concretas de redução no custo de produção, de otimização da produtividade, de melhor gerenciamento no uso de fatores de produção e conseqüente proteção ambiental.

Com esta visão, a AP ganha uma perspectiva ampliada, podendo ser considerada uma nova forma de gerenciamento da produção agrícola e dos recursos envolvidos. Assim num futuro próximo poderá tornar-se diferencial para o controle da qualidade dos alimentos produzidos e da segurança alimentar. Portanto, a AP poderá significar o equilíbrio entre o conhecimento tradicional em agricultura e as novas tecnologias de informação e manejo intensivo (SRINIVASAN, 2006).

Alguns critérios são importantes para a implantação da AP, como: (i) a evidência de variação espacial e temporal dos fatores que influenciam a produção de lavoura para lavoura e entre lavouras da região; (ii) identificar e quantificar esta

variação existente; (iii) capacidade de locar a aplicação de insumos e práticas de manejo.

As ferramentas que compõe a AP são: (i) sistema de posicionamento geográfico, no caso o sistema de posicionamento global (GPS, do inglês "global positioning system"); (ii) sistema de informação geográfica (SIG); (iii) sistemas de sensoriamento próximo ou remoto e (iv) mecanismos para aplicação de insumos em taxa variável.

O GPS é formado por uma constelação de 24 satélites e suas estações de base e possibilita a identificação das coordenadas geográficas de uma posição. Em maio de 2000, a decisão do governo Norte-Americano em desligar o sinal seletivo, que reduzia a precisão do posicionamento em até 100 m, aumentou a acurácia dos sistemas de navegação por GPS. Porém, a correção diferencial ainda é necessária para erros menores que 1 m (SRINIVASAN, 2006), sendo esta precisão importante para a aplicação de insumos em taxas variáveis, especialmente para as aplicações de herbicidas e operações de semeadura/plantio (MOLIN, 2004).

Um SIG é um programa de informática responsável pelo armazenamento, recuperação, transformação e análises das informações obtidas a campo. Várias são as opções comerciais destes programas, porém cabe ao usuário ter a real dimensão da relação custo/benefício que cada um destes pode lhe trazer.

Para a AP, os sistemas sensores são instrumentos capazes de adquirir informações aplicáveis no diagnóstico de variáveis avaliadas a campo. Podem ser classificados, quanto a proximidade do alvo, como remotos ou próximos, sendo que os sensores remotos estão locados normalmente em aviões e satélites. Os sensores próximos são empregados a curta distância ou diretamente sobre o alvo. Um exemplo deste tipo de equipamento é o clorofilômetro, capaz de avaliar o teor de clorofila em folhas de plantas sem danificá-las (ARGENTA, 2005). Outro sistema sensor fundamental para a AP é o mecanismo de colheita com registros georreferenciados da produtividade.

Mecanismos de aplicação em taxa variável são sistemas montados em veículos em que a distribuição localizada de insumos é realizada seguindo as recomendações feitas com base no diagnóstico espacial realizado em etapas anteriores. Estes equipamentos normalmente são utilizados para aplicações de

calcário, fertilizantes NPK, herbicidas, inseticidas e fungicidas.

Apesar das perspectivas promissoras da agricultura de precisão para a automação de algumas tarefas, visando à aplicação de insumos em taxas variáveis, por enquanto a pesquisa ainda se ressentir da necessidade de identificar o complexo de fatores de produção espacialmente dominantes e limitantes em cada sistema específico (MOLIN, 2004). A compreensão deste complexo de fatores envolve os conhecimentos integrados dos diversos campos da Agronomia, sendo, por isso mesmo, fundamental o trabalho de equipes interdisciplinares a fim de se obter as respostas necessárias e suficientes ao desenvolvimento da agricultura de precisão.

3.1.2. Situação Nacional

Quando introduzida no Brasil, a AP gerou grande expectativa, principalmente pela possibilidade de aplicação de doses variáveis de fertilizantes e sementes. Essa grande expectativa inicial foi acompanhada do ceticismo de muitos técnicos e produtores, pois além da demanda por novos equipamentos técnicos e treinamento de pessoas, as primeiras experiências não redundaram em benefícios claros (ROLOFF & FOCHT, 2006). Outros fatores apontados pelos autores, como responsáveis pela perda de entusiasmo dos pioneiros em AP são: (i) alto custo dos equipamentos empregados em AP, principalmente devido às taxas e despesas de importação; (ii) crises econômicas freqüentes na produção de grãos, sejam pelas baixas nos preços das commodities agrícolas, sejam por estiagens e aumento de custos; (iii) a incerteza nos benefícios econômicos da AP; (iv) o elevado grau de aprendizagem necessário a consultores, produtores e seus funcionários.

No mesmo trabalho, ROLOFF & FOCHT (2006) indicam o custo baixo das análises de solo e o crescente aumento nos custos de fertilizantes como fatores que favorecem a implantação da AP no País. Apesar de parecer paradoxal ao fator citado, no segundo item acima, como limitante ao crescimento da AP, as crises econômicas freqüentes na agricultura brasileira selecionam os produtores rurais mais eficientes na administração de suas atividades. Sendo, também, a AP um sistema de gerenciamento no uso de insumos, uma possível redução nos custos de

aquisição de equipamentos sua adoção será decisiva na sustentabilidade do empreendimento agrícola.

No Brasil a produção agropecuária está localizada em vários tipos de solos e climas, com propriedades variando de poucos a milhares de hectares, porém a grande maioria dos solos são intemperizados, as argilas que os constituem são predominantemente compostas de óxidos e de caulinita. Estas características implicam na maior dependência destes solos a aplicações apropriadas de fertilizantes e calagem.

A aplicabilidade da AP no Brasil pode ter valor inestimável, diante da extensão territorial do País aliada à grande variação edafoclimática. Os diferentes padrões de manejo aplicados nas diversas explorações e a importância econômica que a agropecuária representa na economia do país podem tornar o conjunto de práticas da AP altamente interessantes para a evolução do agronegócio nacional.

3.1.3. Amostragem

Estratégias de amostragem de solo e outros atributos para AP são motivo de discordância entre pesquisadores, usuários e assistentes técnicos. As duas principais correntes são: (i) amostragem em malha e (ii) amostragem em zonas de manejo (ROLOFF & FOCHT, 2001). A amostragem em malha é feita dividindo-se o talhão em células com tamanho pré-determinado e com intervalos regulares, não exige conhecimento prévio de características da área como, por exemplo, a produtividade. No sistema de coleta de amostras em zonas de manejo é fundamental o conhecimento prévio da variabilidade do talhão, seja por intermédio do mapeamento da produtividade, experiência do produtor, da interpretação de imagens ou por valores obtidos em algum tipo de amostragem. Neste procedimento a amostragem é dirigida às regiões de manejo pré-definidas.

As duas linhas de ação têm origem nos Estados Unidos, onde, no início da AP, foi definida informalmente como padrão a amostragem em malhas (ROLOFF & FOCHT, 2001). As pesquisas realizadas naquele país, como citado por DOERGE (1999), recomendavam a área máxima de um hectare para a malha a fim de que amostragem de solo e o interpolador utilizado pudessem ter melhor

representatividade. Com esta recomendação, os custos de amostragem ficaram altos, contribuindo para o surgimento de alternativas, gerando assim o conceito de zonas de manejo.

Para a definição destas zonas de manejo, DOERGE (1999), listou características a serem consideradas, entre elas a variação de produtividade, topografia, atributos do solo, drenagem, experiência do produtor entre várias outras. Porém o zoneamento proposto nem sempre resultou em melhora na representatividade da amostragem.

Segundo FERGUSON & HERGERT (2000), os seguintes critérios analisados servem para a escolha do sistema de amostragem a ser utilizado nos Estados Unidos.

Zona de manejo é recomendada quando: (i) dados do monitor de produtividade ou de sensoriamento remoto demonstram relação com a paisagem e estas são consistentes; (ii) não houve aplicações de esterco no talhão; (iii) níveis de fertilidade são baixos ou a aplicação de nutrientes não móveis é realizada em baixa quantidade; (iv) nutrientes móveis são fundamentais, exemplo nitrogênio.

Malhamento é recomendado quando: (i) o histórico da gleba é desconhecido; (ii) se têm níveis altos de fertilidade e altas taxas de fertilização; (iii) foi aplicado esterco; (iv) glebas menores foram incorporadas em glebas maiores; (v) nutrientes não móveis como P e K são importantes.

No Brasil, analisam ROLOFF & FOCHT (2001), a origem dos solos, o manejo e o histórico os tornam muito diferente dos solos norte-americanos, conferindo aos nossos solos parâmetros diferentes para a escolha do método de amostragem. Continuando seu trabalho, os autores acima relatam que nas condições brasileiras o custo dos dois sistemas não difere muito, principalmente devido ao alto custo para importação de equipamentos e sistemas que são aplicados para definição das zonas de manejo.

É evidente que quanto mais densa a amostragem maior será a representatividade dos dados coletados, porém é importante analisar o custo antes de fazer a opção pela divisão do talhão em malhas pequenas. Por outro lado, as amostragens espaçadas podem comprometer o entendimento da relação causa efeito, ambas as situações dificultam o alcance dos benefícios da AP.

É evidente que existe a necessidade de mais pesquisas no País a fim de contribuir para o melhor entendimento da situação, indicando qual o sistema e a densidade de coleta de amostras a ser empregado em cada situação. Porém, ROLOFF & FOCHT (2001), considerando a tecnologia disponível do Brasil, sugerem que na adoção da AP a amostragem seja feita em malhas para a melhor compreensão da distribuição espacial de atributos analisados, com posterior coleta pelo sistema de zonas de manejo.

3.1.4. Coheita

A colheita é outra importante forma de coleta de dados para auxiliar aos envolvidos na AP nas tarefas de análise e decisão. O monitoramento da produtividade é realizado através de máquinas colhedoras dotadas de sensores capazes de armazenar dados relativos a colheita, permitindo o processamento e mapeamento destes dados com auxílio de programas de informática específicos.

Porém existem limitações inerentes ao próprio equipamento, de modo que os fabricantes de monitores de produtividade em geral apontam para um erro tolerável em torno de 2 a 3% (GIMENEZ & MOLIN, 2004). Os erros podem ser originados com o modelo do monitor de produtividade, modelo da colhedora, características da área colhida, sistema de posicionamento, erros de operação, embuchamento, variações bruscas de velocidade, entre outros. Estes erros prejudicam a elaboração de mapas de produtividade e sugerem a adoção de práticas de filtragem dos dados obtidos (SCHIEBELBEIN *et al.*, 2006).

Esta análise dos dados envolve a remoção de dados dissonantes (MENEGATTI & MOLIN, 2004), porém a filtragem das informações obtidas deve ser criteriosa a fim de evitar que real variabilidade seja expressa. A metodologia examinada por SCHIEBELBEIN *et al.* (2006) envolve a remoção do banco de dados de valores nulos, negativos e os considerados irreais. Posteriormente são eliminados os valores considerados discrepantes, conforme metodologia que elimina os dados situados 1,5 vezes acima e abaixo da amplitude interquartilica (ROCHA, 2004 *apud* SCHIEBELBEIN *et al.* 2006).

Outro procedimento empregado para reduzir falhas no registro da

colheita, após a filtragem dos mesmos, é o cálculo da produtividade média em torno do ponto da amostragem (ROLOFF *et al.*, 2006). Os dados assim obtidos sofrem menor influência de possíveis erros, tornando os valores obtidos prontos para serem exportados para o programa de informática que fará as respectivas análises estatísticas.

3.1.5. Agricultura de Precisão em sistemas de produção de milho e soja.

Dentre as principais fontes de variação de produtividade em um talhão ocupado com culturas diversas, podem ser citadas o clima, as relações solo água e planta, propriedades químicas do solo; inclinação do terreno; presença de insetos, doenças e plantas daninhas; os elementos presentes nas bordaduras do cultivo; os insumos utilizados e ainda o histórico da área e práticas culturais (DOERGE, 1999). Segundo MOLIN (2004), as correlações entre efeito e possíveis causas da variabilidade espacial têm sido muito estudadas, mas os dados científicos obtidos são insuficientes e por vezes conflitantes. Por isso, é mais interessante definir inicialmente o grau de influência de cada fator em uma dada condição de cultivo.

Nos trabalhos científicos que visam compreender a influência dos diversos fatores na variação espacial da produção de milho são apontados como causas mais freqüentes dessa variação a população de plantas e sua distribuição (VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2004; MOLIN, 2000), a quantidade e a qualidade da aplicação de nitrogênio (BONGIOCANNI, 2000), fatores ligados à topografia, como a inclinação da área (KARLEN, 1998; TIMILIN, 1998), e a capacidade do solo em reter e disponibilizar água (VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2004; LOGSDON *et al.*, 1998).

COLVIN (2006) relata a pesquisa desenvolvida desde 1989 pelo USDA (United States Department of Agriculture), ARS (Agricultural Research Service) e NSTL (National Soil Tilth Laboratory), cujo objetivo inicial era determinar as variações de produtividade em vários pontos da lavoura e relacioná-los com fatores de produtividade no espaço e no tempo. A pesquisa foi desenvolvida em 224 talhões de 16 ha na região central do estado de Iowa nos Estados Unidos, nos quais as culturas de milho e soja foram cultivadas em anos alternados. Após seis anos, as primeiras conclusões indicavam que mais tempo era necessário para que fosse

possível a determinação de um padrão de variabilidade e zonas de manejo. Na mesma publicação, a cultura da soja parecia ter maior estabilidade produtiva do que a cultura de milho, porém para a estatística a soma da variabilidade das culturas avaliadas não foi significativa.

O mesmo trabalho analisado após onze anos demonstrou a necessidade da elaboração de modelos estatísticos específicos separando anos com chuvas acima da média e abaixo da média, pois, dados acumulados em anos de estiagem houve 78% de explicação para variação espacial da produtividade nas culturas avaliadas.

Apesar de serem avaliadas em diversos trabalhos, as variações espaciais dos teores de nutrientes essenciais para a cultura e determinados pelas análises de solo de rotina como o fósforo, potássio, cálcio, magnésio, não têm tido uma maior apreciação de suas correlações significativas com a variabilidade espacial da produtividade do milho. Esta falta de correspondência é possivelmente devida a algum dos fatores citados anteriormente como causa de variabilidade para a cultura, apresentarem maior influência nas áreas estudadas, ou, então, por problemas advindos dos processos de análise estatística insuficiente aplicada aos dados obtidos. Para COLVIN (2006), é necessário que a pesquisa apresente resultados de lavoura, nos quais se determine as curvas de resposta à aplicação de nutrientes e de manejo. Para REETZ & FIXEN (2007), o manejo localizado é a ferramenta desenvolvida para a agricultura que demanda maior conhecimento técnico. Seu sucesso depende do conhecimento agrônomo e dos sistemas produtivos manejados.

3.2. CULTURA DO MILHO

3.2.1. Aspectos Gerais

Recorrendo ao âmbito da fisiologia vegetal para definir produtividade de culturas agrícolas, tem-se que a mesma implica na interação de vários fatores internos e externos à planta, como: genética, hormonal e ambiental; ou ainda de processos como fotossíntese, respiração e fotorrespiração (FLOSS, 2004). A capacidade produtiva das culturas, então, dependerá do equilíbrio entre diversos fatores que determinarão o tamanho da superfície fotossintetizante, taxa de fotossíntese líquida, taxa de transporte e distribuição de fotoassimilados, e o número e tamanho dos grãos, ou as partes vegetativas de interesse.

O milho (*Zea mays* L.) apresenta características fisiológicas extremamente favoráveis no que se refere à eficiência da bioconversão da energia solar. Nesta espécie, a grande eficiência de transformação de energia luminosa em energia química deve-se ao processo fotossintético do tipo “C₄” (MAGALHÃES *et al.*, 1987; FANCELLI & DOURADO, 2000; FLOSS, 2004). Esta característica favorável torna a planta um dos mais importantes cultivos no mundo, com uma produção anual de algo em torno de 600 milhões de toneladas. Por este motivo, é uma das plantas cultivadas com maior conhecimento agrônomo, conhecimento esse fundamental para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema de cultivo (FANCELLI & DOURADO, 2000).

Uma lavoura de milho pode ser comparada a uma “fábrica” complexa e altamente eficiente (RITCHIE, *et al.*, 2003), as matérias primas são a água e nutrientes extraídos do solo, o dióxido de carbono e oxigênio extraídos da atmosfera e como fonte de energia é a luz solar. Sendo, portanto, o potencial produtivo definido pela interação entre a genética e as condições ambientais no qual está inserida a lavoura.

REETZ & FIXEN (2007), considerando sistemas produtivos de maneira geral, comentam o desafio que o manejo localizado, referindo-se a agricultura de

precisão, terá para compreender a interferência e a interação dos diversos fatores envolvidos na produtividade e qualidade das plantas. No mesmo trabalho os autores exploram o esquema da Figura 1, elaborado por BEAUFILS (1973) modificado pelos mesmos, no qual evidenciam a complexidade dos sistemas produtivos. No esquema proposto os diferentes fatores podem interferir de forma isolada ou em conjunto no metabolismo vegetal. Complementando, citam que quanto mais a esquerda está o fator na figura, menor a possibilidade de ação do produtor.

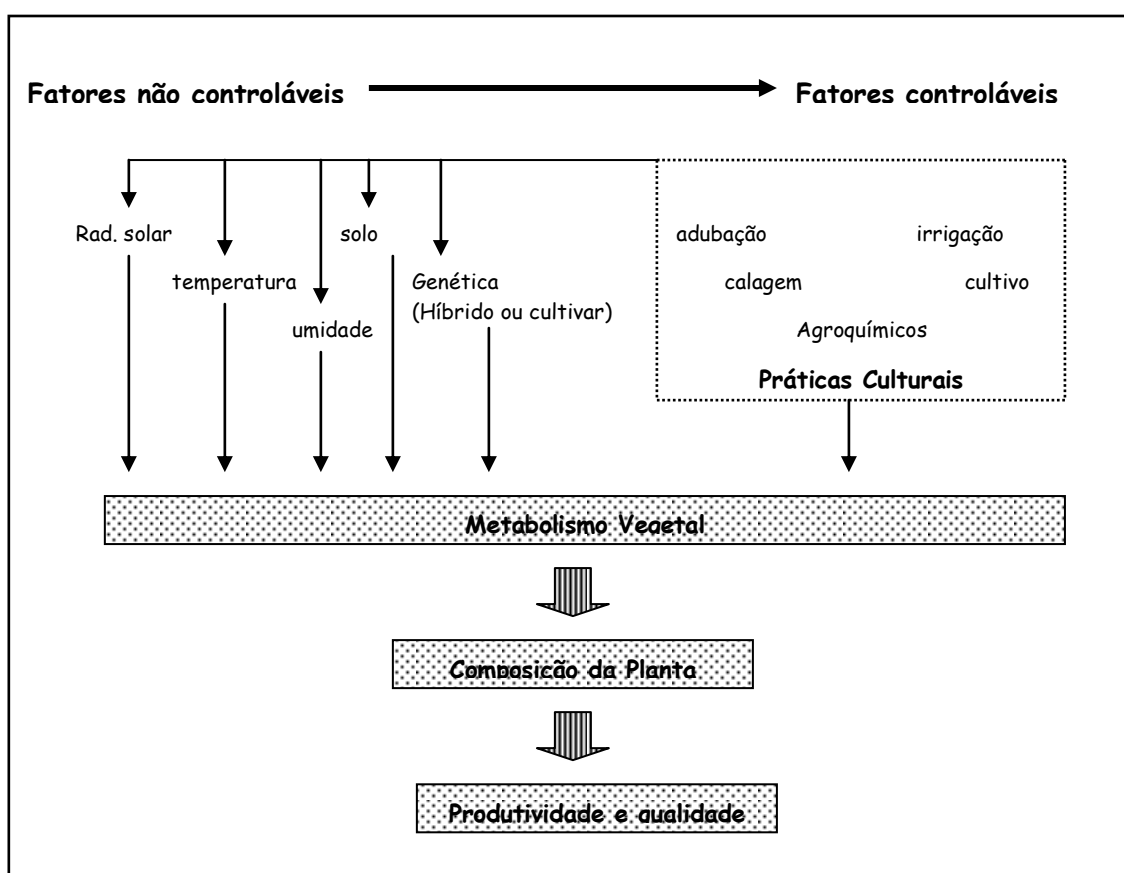


Figura 1. – Fatores que afetam a produção vegetal em um determinado local, adaptado Beaufils 1973

Embora o ambiente exerça a maior influência no crescimento e na produtividade, um produtor pode contribuir através de práticas de manejo recomendadas pela pesquisa. Estas práticas envolvem a calagem, fertilização, práticas de cultivo, controle de pragas, doenças, plantas daninhas entre outras.

Os componentes da produtividade da cultura do milho são o número de grãos por unidade de área e respectivo peso destes. O número de grãos por área

está na dependência da população de plantas por área e do número de grãos por planta, o qual é influenciado por eventos que ocorram entre a emissão da 4^a e 10^a folha, além da ação ambiental durante o período da floração (FANCELLI & DOURADO, 2000).

Segundo VIEIRA JUNIOR *et al* (2004), a distribuição de plantas pode ser traduzida como a uniformidade do Índice de Área Foliar (IAF) na cultura, sendo que uma distribuição de plantas uniforme reduz a extinção da luz no dossel, resultando em maior produtividade. Quanto ao aumento do número de plantas por área, a consequência é a redução do número de espigas por planta e do número de grãos por espigas. Esta redução é maior para alguns híbridos do que para outros, mas a produção de grãos por hectare aumentará com o aumento do número de plantas por área até que a vantagem do maior número de plantas por hectare seja suplantada pela redução do número de grãos por planta. A população de plantas ótima é diferente para diferentes híbridos e diferentes condições ambiental (RITCHIE, *et al.*, 2003).

FANCELLI & DOURADO (2000), citam em seu trabalho a importância que o IAF possui na produtividade do milho. Os autores mencionam que estudos realizados no “Corn Belt” americano indicaram como IAF ideal a faixa de 3 a 5. No mesmo trabalho propuseram a medida da altura de plantas como método indireto e prático para avaliação da área foliar.

Entre os fatores ambientais que mais se destacam na produtividade da cultura do milho temos a temperatura. Durante a germinação, a faixa ideal de temperatura do solo indicada por FANCELLI & DOURADO (2000) seria a de 25 a 30 °C, sendo que as temperaturas do solo abaixo de 10 °C e acima 42 °C prejudicam a germinação. Temperaturas acima de 32 °C durante o período de floração prejudicam a germinação do grão de pólen afetando o número de grãos, bem como temperaturas noturnas superiores a 24 °C também desfavorecem o potencial produtivo da cultura.

Outro fator importante citado por FANCELLI & DOURADO (2000) e MAGALHÃES, *in* RESENDE *et al* (2003), é a disponibilidade de água, apontando uma necessidade média de 600 mm de precipitação. Os autores citam também que dois dias de estresse hídrico no período de florescimento diminuem o rendimento em

mais de 20%, aumentado o período para 4 a 8 dias as perdas aumentam para 50%.

Também é importante considerar que a lavoura de milho deverá estar livre da concorrência com plantas invasoras até o estágio de oito folhas com o colar visível. Se controladas até esse ponto, a planta por suas características tem condições de se manter livre de competição.

3.2.2 Nutrição mineral do milho

A demanda por nutrientes está relacionada à produtividade da planta, como se observa na Tabela 1, na qual consta a extração de nutrientes pela cultura do milho em alto rendimento bem como a exportação através dos grãos.

Tabela 1. Conteúdo de nutrientes na parte aérea da cultura do milho e a exportação dos mesmos pelos grãos em produtividade de 9,1 t/ha.

Nutriente	Conteúdo	Exportação
	----- kg ha ⁻¹ -----	
Nitrogênio (N)	190	129
Fósforo (P)	39	31
Potássio (K)	196	39
Cálcio (Ca)	40	0,9
Magnésio (Mg)	44	11
Enxofre (S)	21	12
Cloro (Cl)	81	4,5
	----- g ha ⁻¹ -----	
Ferro (Fe)	2.110	110
Manganês (Mn)	340	60
Cobre (Cu)	110	20
Zinco (Zn)	400	200
Boro (B)	170	40
Molibdênio	9	6,3

Fonte: Phillips & Lessman (1972), citados por Gamboa (1980), In BÜLL (1993).

Na tabela observa-se que a extração de nutrientes e a exportação seguem as seguintes ordens:

- Extração: N>K>Cl>Mg>Ca=P>S>Fe>Zn=Mn>B>Cu>Mo.

- Exportação: N>K>P>S=Mg>Cl>Ca>Zn>Fe>Mn>B>Cu>Mo.

Constituindo moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos, citocromos e especialmente a clorofila, o nitrogênio (N) ocupa papel de destaque entre os nutrientes essenciais (BÜLL, 1993). O N está presente no solo predominantemente na forma orgânica (95%) (FONTOURA, 2005). Apesar da sua importância, é evidente a falta de parâmetros analíticos para o estabelecimento das quantidades de a serem aplicadas. A recomendação da adubação deverá ser efetuada considerando-se o teor de matéria orgânica, o histórico da área e a sucessão de culturas. O contato íon-raiz deste nutriente se dá, quase que totalmente, através do fluxo de massa, restando uma pequena proporção para processo de contato íon-raiz.

O potássio (K) é o nutriente catiônico presente em maior quantidade na planta, porém não constitui nenhum metabólito. Está presente no citosol e no vacúolo como íon livre e em altas concentrações (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Exerce a função de ativador de uma série de enzimas encontradas nas células vegetais, está relacionado com a assimilação de CO₂ e N e com a síntese, translocação e armazenamento de açúcares. Ao contrário do N, o K possui parâmetros analíticos confiáveis para a recomendação da adubação. O contato íon-raiz deste nutriente é predominantemente realizado pelo processo de difusão, mas o fluxo de massa contribui significativamente, em torno de 25% (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Para BÜLL (1993), conforme trabalhos revisados por HUBBER & ARNY (1985), o adequado suprimento de potássio para as plantas de milho resultam em menor incidência de algumas doenças, entre estas as podridões de colmo (*Fusarium moliniforme* Sheldon; *Giberela zae* (Schw.) Petch; *Diplodia zae* (Schw.) Lev.). Também são conhecidos os efeitos do K na redução do acamamento de plantas, atribuído a manutenção adequada de nutrientes no colmo decorrente do favorecimento que este nutriente acarreta na produção e transporte de fotoassimilados.

O fósforo (P) é parte integrante de moléculas dos ácidos nucléicos, fosfolipídios, coenzimas NAD e NADP, ATP e uma série de outros compostos (EPSTEIN, 2006). Apesar da menor exigência da planta de milho em relação ao N e

K, as respostas à aplicação de P são freqüentes, sendo as doses recomendadas consideradas altas em razão da baixa disponibilidade deste nutriente nos solos brasileiros e a baixa eficiência no seu aproveitamento (VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2004). A baixa mobilidade do nutriente no solo é outra característica importante, especialmente para o sistema de plantio direto, pois existe uma tendência clara que após as adubações sucessivas o nutriente se concentre na camada superficial. A forma de contato íon-raiz do P predominante é a difusão, sendo responsável por mais de 90% do total assimilado pela planta.

O enxofre (S) compõe poucos aminoácidos e várias coenzimas. Segundo BÜLL (1993), participa da formação da clorofila e, através dos grupos sulfidrilo (-SH), parece aumentar a resistência do tecido vegetal ao frio e a seca. Mesmo sendo baixo o volume de S exportado pelo milho, com a crescente utilização de fertilizantes de alta concentração de N, P e K existe uma tendência deste mostrar-se deficiente. A absorção do S é basicamente feita na forma de sulfato, sendo o fluxo de massa responsável por 95% do contato íon-raiz.

Uma das principais funções do magnésio (Mg) é constituir a molécula de clorofila. O Mg ativa mais enzimas do que qualquer outro nutriente mineral e entre estas estão aquelas envolvidas na transferência de energia via ATP (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Além do mais, o Mg funciona como transportador de fósforo dentro da planta (NEPTUNE, 1984 *apud* BÜLL, 1993). O fornecimento do Mg, assim como o de Ca, é normalmente feito pela correção da acidez do solo através da calagem. VIEIRA JÚNIOR *et al.* (2004) sugerem uma relação ideal entre o cálcio e o magnésio de três a cinco, com reflexos principalmente sobre a absorção do potássio. O fluxo de massa é responsável por 87% pelo contato íon-raiz, sendo o íon Mg^{2+} a forma absorvida. MARSCHENER (1997), cita que a taxa de absorção de Mg^{2+} pode ser fortemente diminuída pela presença de outros cátions como: K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} e Mn^{2+} , e em solos muito ácidos pela presença de H^+ . Comenta, ainda, que sua deficiência induzida pela competição com outros cátions é um fato comum e amplamente distribuído nas regiões agrícolas do planeta.

O cálcio (Ca) exerce funções na absorção de íons, manutenção da integridade da membrana plasmática, formação da parede celular, divisão celular, processos metabólicos celulares, germinação do grão de palem e crescimento do

tubo polínico. Segundo EPSTEIN & BLOOM (2006), o Ca é o único elemento cuja ausência do meio causa tal prejuízo imediato de uma função da planta. A adição de Ca se dá, assim como no Mg, através da calagem. A absorção do nutriente ocorre predominantemente na forma de íons Ca^{2+} , e o contato íon-raiz se dá por fluxo de massa e responde por aproximadamente 71%, a interceptação radicular responde pelo restante do contato.

Os demais nutrientes minerais exercem funções importantes para o metabolismo da planta, mas carecem de mais trabalhos que demonstrem correlação com as metodologias analíticas empregadas. A planta de milho é considerada como indicadora de deficiência para de N, P, K e para os micronutrientes zinco (Zn) e cobre (Cu) (MALAVOLTA *et al.* 1989).

Elevadas produtividades na cultura do milho estão relacionadas a altas aplicações de fertilizantes, que em muitas ocasiões podem resultar em suprimento desbalanceado de nutrientes e com conseqüente redução na produtividade. Para BÜLL (1993), dois ou mais fatores interagem quando a influência individual de um deles é modificada pela presença de outros fatores. Quando os fatores em combinação resultam em resposta maior do que a soma dos seus efeitos individuais, a interação é positiva (sinergismo), quando o resultado é inferior é negativa (antagonismo); a aditividade indica ausência de interações. Na literatura são exemplos de interações entre nutrientes para a cultura do milho; N × P; N × K; N × S; Ca, × Mg × K; P × Zn.

3.2.3. Pragas e doenças do milho

As doenças e pragas da cultura prejudicam o milho desde a fase de germinação, reduzindo a sua população, durante todo o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, se estendendo até o produto armazenado. Os danos podem ser diretos ou indiretos, entre os danos diretos citamos como exemplo a perda da área foliar, que resulta na perda de produtividade. Entre os efeitos indiretos tem-se a perda de qualidade de grãos armazenados.

A partir da década de 1990, com a expansão da cultura, aumento do número de cultivos durante o ano, especialmente o milho safrinha, aumento no

número de áreas com milho sobre milho e o aumento no número de híbridos com diferentes níveis de resistência a doenças, favoreceram o aumento no número de espécies e na incidência de pragas e doenças (PINTO, 2003; BIANCO, 1991).

Entre as principais doenças, destacadas por PINTO (2003), estão: a mancha foliar *Phaeosphaeria*; as ferrugens *Puccinia sorghi*, *Puccinia polysora* e *Physopella zae* e a cercosporose (*Cercospora zae-maydis* e *Cercospora sorghi* f. sp. *maydis*). Também são citadas as doenças de colmo e raízes como: *Diplodia (Stenocarpella) maydis*, *Fusarium moniliforme* Sheld e *Fusarium subglutinans*, pois além de causarem acamamento e quebraimento de plantas podem afetar as espigas ocasionando danos sensíveis a produtividade e a qualidade dos grãos.

Entre as pragas de maior ocorrência na região destacamos a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), seguida em importância pela vaquinha, *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824), lagarta rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) e lagarta elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Germar, 1824). Recentemente na região de Guarapuava tem crescido a incidência da broca da cana de açúcar, *Diatrea saccharalis* (Fabricius, 1794).

A lagarta do cartucho é considerada a praga mais importante do milho, pois está amplamente distribuída, ocorre constantemente e danifica a cultura nos seus diferentes estádios fisiológicos. Quando em alta incidência provocam danos irreparáveis à planta, podendo ocasionar danos de 60% na produtividade em altas infestações e em anos secos (BIANCO, 1991). Quando a lagarta se alimenta da espiga, além de destruir grãos e reduzir a produtividade, afeta sobremaneira a qualidade dos grãos.

3.2.4. Características do solo da região para o plantio direto de milho

Os solos da região de Guarapuava/PR são originados principalmente de rochas eruptivas, essencialmente o basalto (EMBRAPA, 1984). Estes solos são argilosos e sua vegetação natural era composta de campos subtropicais, onde o relevo é plano a ondulado, e floresta subtropical perenifólia, nas áreas de relevo ondulado a forte ondulado. As condições climáticas predominantes da região resultaram em elevadas taxas de intemperismo, lixiviação de silício e de bases como

cálcio, magnésio e potássio. A consequência deste processo para os solos foi a acidez natural elevada e elevada saturação com Al^{+3} .

O Latossolo Bruno e o Nitossolo constituem-se nos principais tipos de solo na situação de relevo plano. Estes possuem profundidade de 1 a 2 m e boa condição física em condição natural. Para a agricultura mecanizada estas características conferem a estes solos alta capacidade de uso, desde que corrigidas as limitações de acidez e fósforo. Nas encostas com maior declividade ocorrem os Neossolos Litólicos e na região de deposição os Cambissolos (BAYER *et al*, 2006).

O elevado intemperismo tornou a argila constituinte dos solos da região rica em minerais como a caulinita e os óxidos de ferro (goethita e hematita) e de alumínio (gibbsite). O resultado dessa composição conferiu a estes solos cargas dependentes do pH, quimissorção de fosfatos e metais e baixa CTC (Capacidade de Troca Catiônica) da fração argila. Esta última consequência do intemperismo torna a CTC dos solos da região dependente dos teores de matéria orgânica (MO).

Na situação original dos solos da região, estes apresentavam teores de MO estável, com teores variando de médio a alto, devido principalmente a textura argilosa e as temperaturas amenas (Embrapa, 1984). Quando a agricultura da região era desenvolvida no sistema convencional os teores de MO decresceram conforme a intensidade de cultivo, porém com a adoção do sistema de plantio direto houve a recuperação nos teores de matéria orgânica.

Segundo Bayer *et al.* (2006), no sistema de plantio direto, não havendo correção periódica da acidez, há uma tendência de acidificação do solo na camada superficial. Este aumento na acidez na camada superficial, segundo o autor, está relacionado à aplicação de fertilizantes de reação ácida, a lixiviação de nitratos e de cátions básicos e a remoção de bases pela colheita de grãos.

No levantamento realizado por FONTOURA *et al.* (2004), citado por CERETTA (2006), em 14.080 amostras de solo da região de Guarapuava, no período de 1982 a 2003, cerca de 87% das amostras apresentavam pH menor que 5,5, porém os teores médios do Al mostram tendência de redução ($0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, em 2003). No mesmo levantamento ainda são citados como teores médios no ano de 2003 os seguintes valores:

- Matéria Orgânica (MO): 55 g dm^{-3} ;

- Cálcio (Ca): 5,25 cmol_c dm⁻³;
- Magnésio (Mg): 2,47 cmol_c dm⁻³
- Fósforo (P): 7,9 mg dm⁻³;
- Potássio (K): 0,31 cmol_c dm⁻³;

Estes teores, segundo a CQFS RS/SC (2004), são considerados como: altos para MO, Ca e Mg; de médio a alto para o P e médio para o K. Portanto os solos da região são aptos para o plantio de milho em alta produtividade desde que efetuadas as adubações adequadas.

3.3. ESTATÍSTICA

3.3.1. Introdução

A análise conjunta de dados de produtividade com variáveis de solo, ambientais, biológicas, entre outras é dificultada pela dependência espacial desuniforme entre alguns dos atributos e entre as glebas, como também pela distribuição não normal dos dados (SCHIEBELBEIN, 2006). A consequência deste problema é que a análise de causa e efeito pode ser ocultada por dúvidas e erros associados às fontes de informação.

Contrapondo esta situação e visando o entendimento das relações mais importantes que interferem na produtividade de um cultivo, ROLOFF *et al.* (2006) sugerem o emprego de estatísticas não-paramétricas, que não pressupõem distribuição normal nem relações lineares. Tais estatísticas são intuitivas e mais adequadas para as situações que o usuário da agricultura de precisão se defronta com a busca da eficiência da produção de lavouras.

As estratégias recomendadas por ROLOFF *et al.* (2006) para a análise estatística são o emprego da matriz de correlação, como análise exploratória para indicação dos atributos com maior coeficiente de correlação com a produtividade, seguida pelos métodos (1) K-means, (2) regressão linear múltipla e (3) árvores de regressão.

3.3.2. Teste de Normalidade

O teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser empregado para se testar a hipótese de que a amostra tem numa população com distribuição normal. O teste é relativamente simples, quando comparado a outros testes como, por exemplo, o qui-quadrado. Fundamenta-se na maior diferença absoluta entre a frequência acumulada observada e a estimada pela distribuição normal.

Em primeiro lugar formula-se a hipótese de nulidade (H_0), na qual o atributo em análise segue a distribuição normal, sendo a hipótese alternativa a de que há diferenças (H_1). O passo seguinte é a escolha da significância, que deve ser um valor pequeno (0,01 ou 0,05) a fim de evitar que a hipótese de nulidade seja rejeitada sendo verdadeira.

Depois de feitas as considerações iniciais, determina-se:

$$D_{max} = \text{Max}|F'(X)-F(X)|$$

Onde:

Max = Maior valor;

$F'(X)$ = Função de distribuição de probabilidade teórica;

$F(X)$ = Função de distribuição empírica.

Se o valor observado para D_{max} for maior ou igual ao valor crítico de D_{max} (tabelado em função da significância) a hipótese de nulidade é rejeitada.

3.3.3. Correlação de Spearman

Quando duas variáveis quantitativas são comparadas, o grau de associação entre elas pode ser expresso através do coeficiente de correlação. O mais comum é o coeficiente de Pearson, também conhecido somente por coeficiente de correlação, que quantifica apenas o grau de associação linear. Porém existe uma versão alternativa para dados que não possuem distribuição normal, este é o coeficiente de correlação de Spearman.

Nos casos em que os dados não possuem distribuição normal, sendo estes dados analisados em um gráfico de dispersão e os pontos não tem comportamento característico, com alguns pontos bem distantes do demais, ou em

que parece existir uma relação crescente ou decrescente numa forma de curva, o coeficiente de correlação de Spearman é mais apropriado. Esta correlação baseia-se na ordenação de duas variáveis sem qualquer restrição quanto à distribuição de valores.

3.3.4. Árvores de regressão

Um ponto crítico para a implementação da agricultura de precisão reside na necessidade de criação de tecnologias e métodos estatísticos mais práticos e confiáveis para a identificação das causas de variabilidade no campo, e então, partir para a recomendação do manejo adequado para o cultivo em questão (BUCHLEITER & BRODAHL, 2000). Segundo estes autores o método de árvores de regressão é um método exploratório de análise estatística, que possui maior flexibilidade e não leva em conta muitos dos princípios restritivos considerados pela estatística tradicional (BUCHLEITER & BRODAHL, 2000). Este método está sendo utilizado com sucesso na medicina aplicada, ciências da computação, botânica e psicologia. O uso das árvores de regressão pode ser um caminho mais robusto para a pesquisa a campo das relações entre o solo e seus atributos (ROLOFF, 2002).

A utilização de árvores de decisão binárias pode ser considerada uma abordagem não paramétrica para reconhecimento de padrões. Estas consistem de repetidas divisões do espaço de feições em dois sub-grupos descendentes que terminam em nodos associados a classes. Na terminologia de árvores de decisão, os subgrupos de espaço de feições são definidos através de nodos. Uma árvore de decisão com alto poder preditivo e um pequeno número de nodos constitui uma situação altamente desejável (CLARKE & BITTENCOURT, 2003).

Na Figura 2, os círculos representam os nodos, os quadrados os nós terminais, as linhas representam os ramos que interligam os nós, t o identificador de cada nó da árvore e x_1 e x_2 as variáveis decisórias. Chama-se de variável decisória a variável de entrada que levará a uma nova divisão de decisão, em relação a um possível valor.

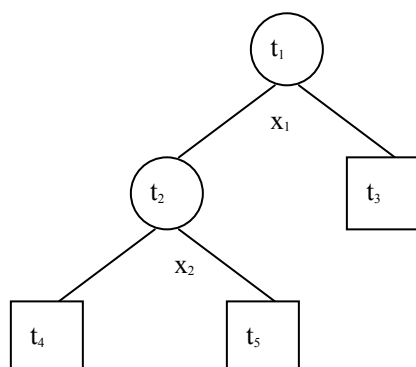


Figura 2- Árvore de decisão binária

As árvores de decisão binária apresentam um coeficiente denominado redução proporcional de erro (RPE), que é interpretado de maneira análoga ao R^2 (ROLOFF *et al*, 2006). Este coeficiente não demonstra somente quais as variáveis independentes tem maior importância no resultado da variável dependente como também as classifica em grau de importância, colocando-as no local mais alto do diagrama.

3.3.5. Análise de Cluster

A análise de cluster é um conjunto de técnicas estatísticas cujo objetivo é agrupar objetos segundo suas características, formando grupos ou conglomerados homogêneos. Os grupos obtidos devem apresentar homogeneidade interna e heterogeneidade externa (entre os diferentes grupos).

Esta é uma técnica em que não é possível determinar com antecedência as variáveis dependentes e as independentes. Ao contrário, examina relações de interdependência entre todo o conjunto de variáveis. Estes grupos permitem uma aproximação qualitativa das relações causa e efeito, geram agrupamentos com números de pontos variados e que podem ser caracterizados como sendo de

diferentes faixas de produtividade ROLOFF *et al.* (2006).

Para a aplicação desta análise é preciso, inicialmente, definir o problema de aglomeração e as variáveis a serem tratadas. Os parâmetros então selecionados serão normalizados e escolhe-se uma medida de distância para os grupos. O passo seguinte depende da intuição do pesquisador, pois será necessário definir o número dos grupos nesta etapa.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS GLEBAS DE CAMPO

O estudo foi baseado num trabalho de campo realizado em duas glebas de produção comercial de grãos no município de Guarapuava PR, na safra de milho do ano agrícola 2005/2006. O clima local é subtropical, classificado como Cfb de acordo com a classificação de Köppen (MAAK, 1968), caracterizado por uma precipitação pluviométrica anual entre 1400 e 1800 mm e por uma temperatura média anual de 21 °C. O solo de ambas a glebas é composto de uma associação de Latossolo Bruno, Nitossolo e Cambissolo (EMBRAPA, 1999), variando sua ocorrência em função da toposequência. Sua vegetação natural era constituída de campo.

A primeira gleba, denominada de gleba Jordãozinho, possui uma área de 18 ha, está situada no distrito de Entre Rios, numa altitude média de 1061 m, nas coordenadas geográficas de 25°31'33"S e 51°31'23"W, e é propriedade do Sr. Josef Stutz e filhos. A segunda gleba, denominada de Santa Cruz, possui uma área de 18,5 ha, está situada na Fazenda Santa Cruz, numa altitude média de 978 m, nas coordenadas geográficas de 25°21'28"S e 51°44'51"W, sendo de propriedade dos Srs. Renato e Rui Cruz. A localização das glebas é apresentada na Figura 3.

A gleba Jordãozinho foi convertida à lavoura agrícola por volta de 1957, e desde 1989 vem sendo manejada no sistema plantio direto com rotação de culturas na seguinte seqüência: soja (verão), trigo (inverno), soja (verão), aveia preta (cobertura inverno), milho (verão), cevada (inverno), e recomeçando o ciclo com soja. A gleba Santa Cruz, por outro lado, foi incorporada mais tarde ao cultivo agrícola, por volta do ano de 1992 e desde então também vem sendo manejada sob plantio direto, com rotação entre milho e soja no verão e pastagem no inverno. Ambas as glebas nunca foram trabalhadas com agricultura de precisão, mais especificamente com aplicação de insumos a taxa variável, o que proporcionou condições de variabilidade de solo para que esse trabalho fosse realizado.

Na gleba Jordãozinho, o milho foi semeado na última semana de setembro de 2005, utilizando-se o híbrido Pioneer 30F53, num espaçamento de 0,75 m entre linhas e ajustado para uma população de 80 mil plantas por hectare. Mais tarde, na segunda semana de outubro do mesmo ano, o mesmo híbrido de milho foi semeado

na gleba Santa Cruz, num espaçamento de 0,80 m entre linhas e para uma população de 75 mil plantas por hectare. O manejo da cultura empregado para ambas as áreas foi compatível com a tecnologia da região para a obtenção de altas produtividades, em torno de 9 mil a 12 mil kg ha⁻¹. Foram aplicados na Gleba Jordãozinho 228 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. A calagem é feita a cada dois anos, sendo as últimas três realizadas com calcário calcítico. Na gleba Santa Cruz, foram aplicados 185 kg ha⁻¹ de N, 127 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 137 kg ha⁻¹ K₂O. A calagem é feita com calcário dolomítico e realizada conforme a necessidade.

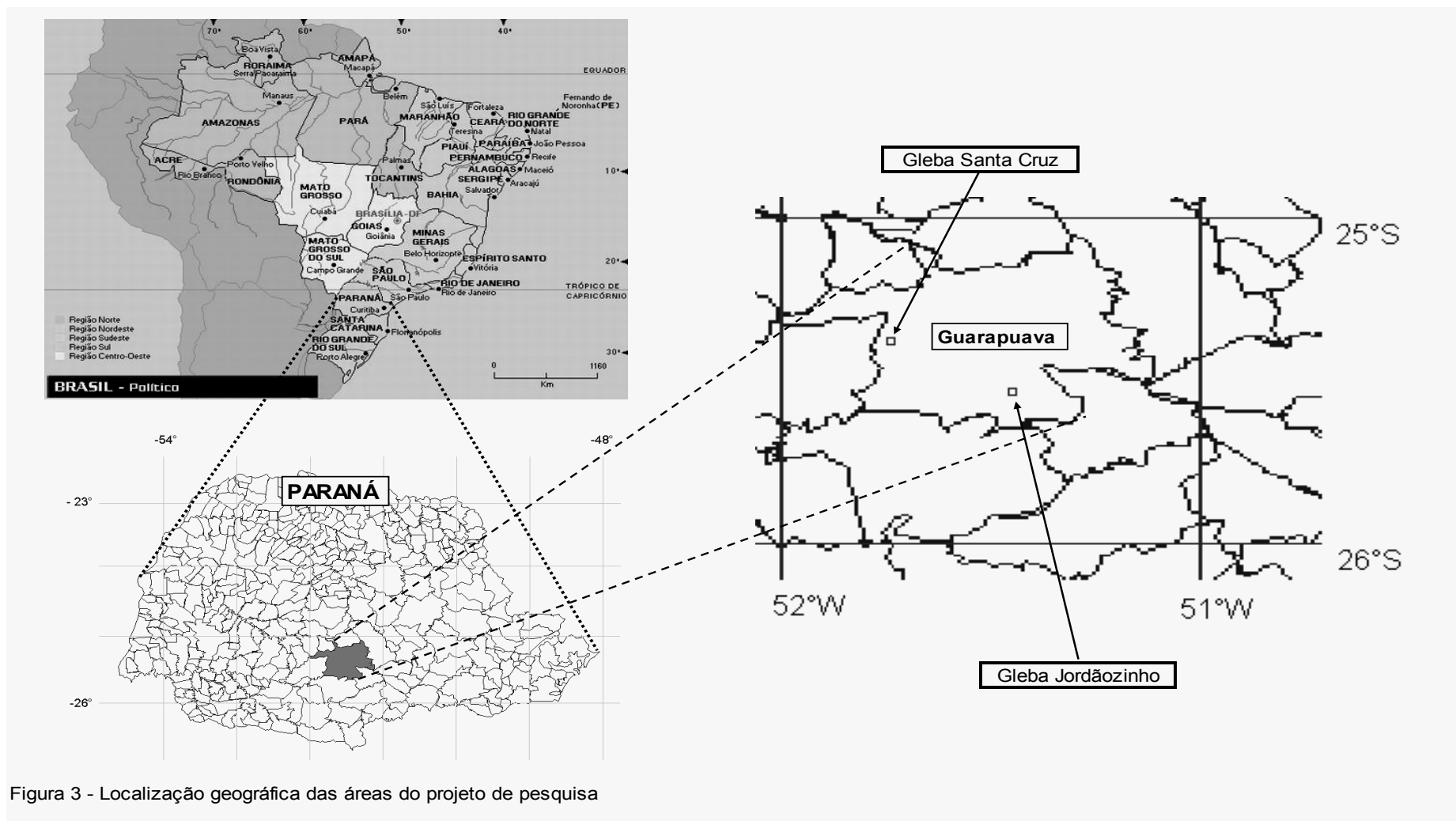


Figura 3 - Localização geográfica das áreas do projeto de pesquisa

4.2. MAPEAMENTO DAS GLEBAS E ESTABELECIMENTO DA MALHA E PONTOS

O perímetro de cada gleba foi georreferenciado com o uso de um computador portátil de mão (IPAQ 2110) acoplado a uma antena de GPS com sistema bluetooth (Rikaline 6033). A informação obtida foi simultaneamente processada pelo programa SST FieldRover II™ versão 10.6 (SST Development Group, Inc.), com a geração do respectivo mapa da gleba. Delimitado o perímetro, uma malha eqüidistante de pontos foi estabelecida para a gleba, de forma que cada ponto representasse uma quadrícula com área de 0,5 ha, conforme metodologia proposta por ROLOFF & FOCHT (2001). Dessa forma, foram estabelecidos 40 pontos para a gleba Jordãozinho (Figura 4) e 37 pontos para a gleba Santa Cruz (Figura 5). Cada ponto da malha foi localizado no campo através do sistema de navegação do programa SST FieldRover II™ e marcado com um piquete apropriadamente identificado.

4.3. VARIÁVEIS AVALIADAS

A declividade do terreno, um conjunto de atributos de planta e de cultivo e um conjunto de atributos químicos e físicos de solo foram as variáveis selecionadas para esse estudo. A descrição detalhada da avaliação dessas variáveis é apresentada na seqüência.

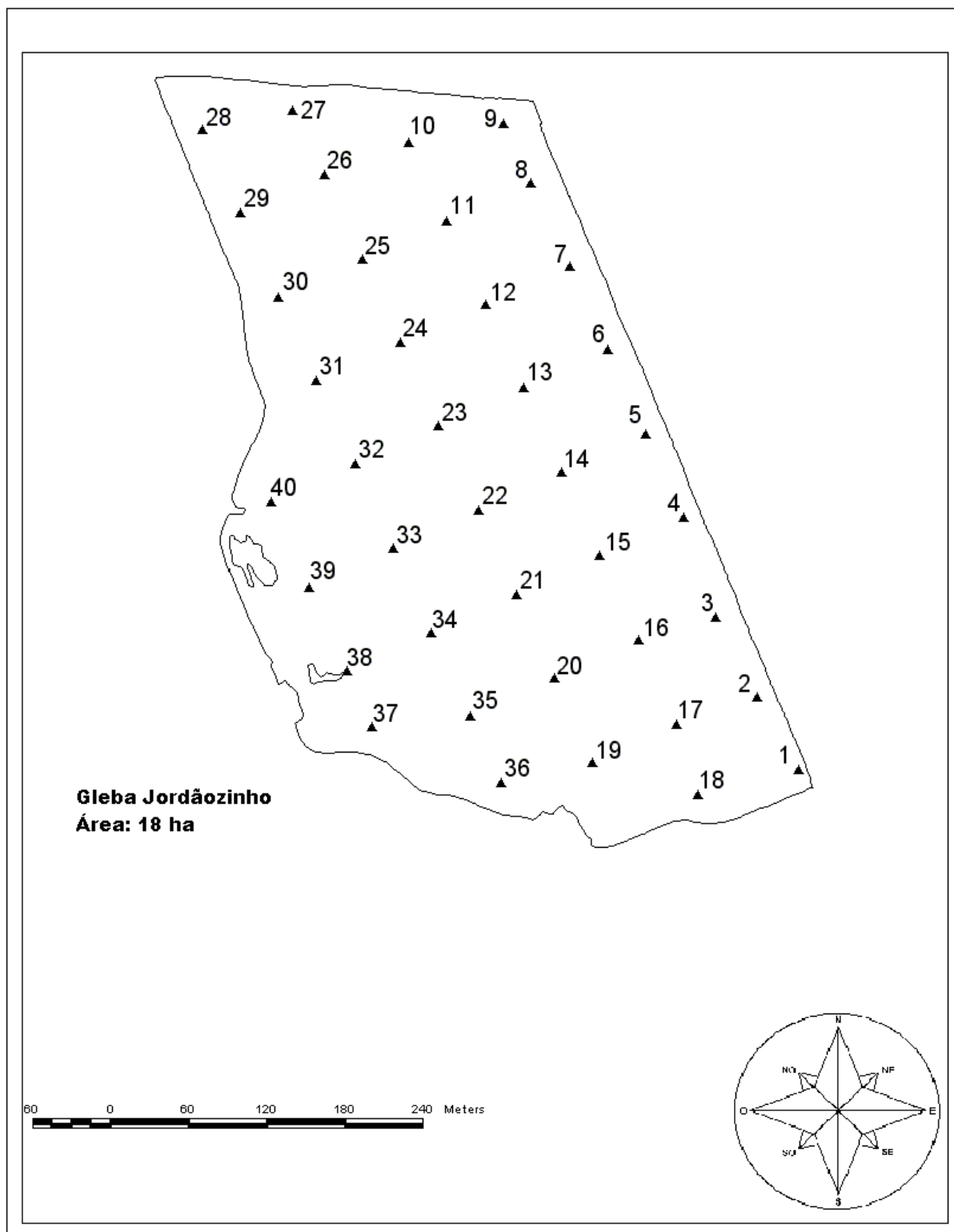


Figura 4 – Mapa da gleba Jordãozinho, com a distribuição dos pontos de amostragem.

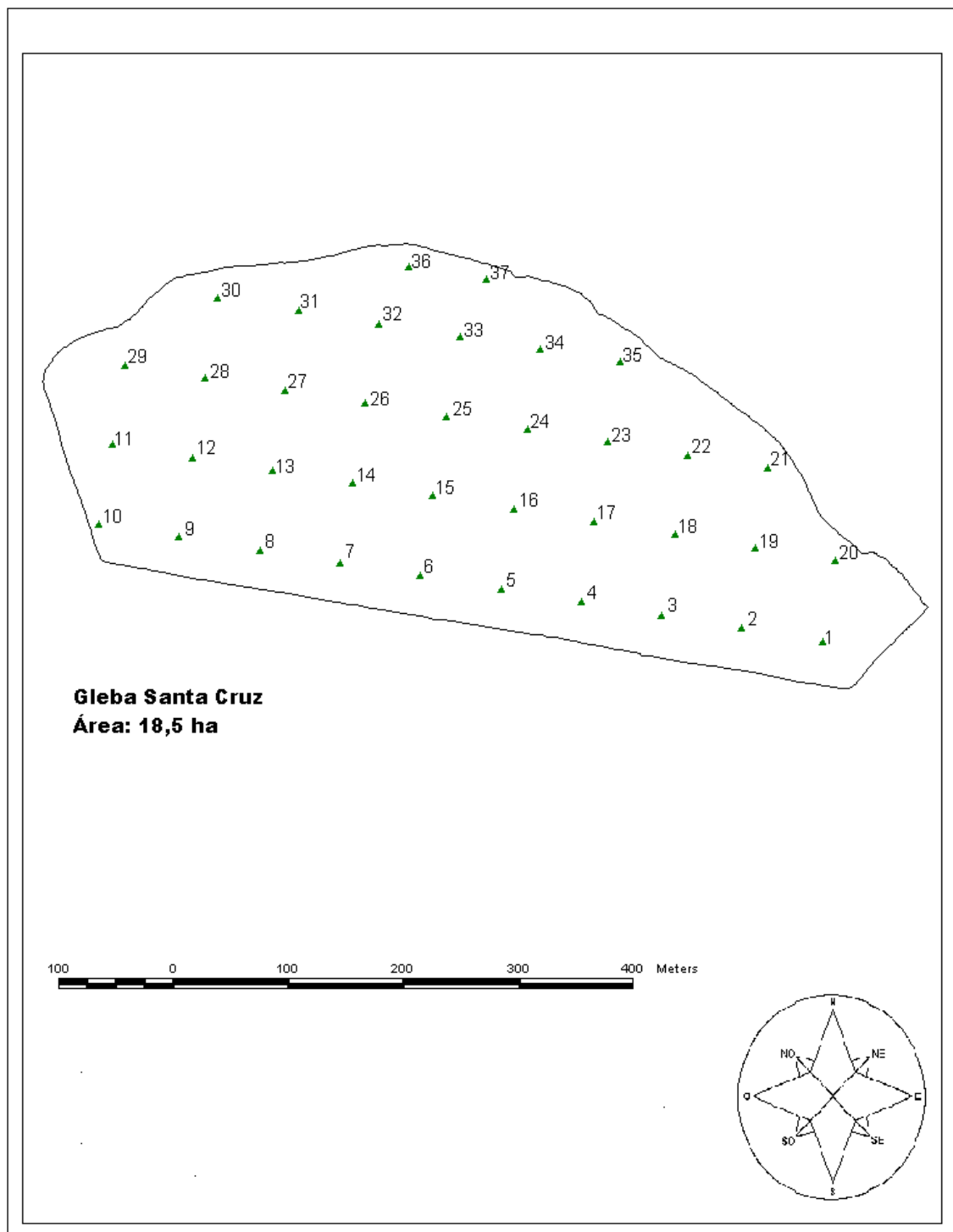


Figura 5 - Mapa da gleba Santa Cruz, com a distribuição dos pontos de amostragem.

4.3.1. Declividade do terreno

Um levantamento altimétrico em cada uma das glebas foi realizado na primeira semana de setembro de 2005, após a operação de dessecação e antes da semeadura do milho. Com veículo utilitário a uma velocidade aproximada de 20 km h⁻¹, percorreu-se os rastros deixados pelo pulverizador empregado na dessecação, rastros esses espaçados a 18 m, e simultaneamente as informações de altitude e coordenadas eram tomadas, a cada 5 segundos, através de um par de GPS de dupla frequência Legacy Top. Este equipamento é capaz de corrigir os dados obtidos pelo receptor móvel por meio de outro receptor idêntico, porém fixado em um ponto de referência. Os dados coletados foram processados com o programa computacional Top Evn Fácil versão 6.0.30 (EVN Automação Topográfica Ltda), gerando-se o mapa altimétrico com curvas de nível (Figuras 6 e 7). A partir desse, gerou-se o mapa de classes de declividade, considerando-se os limites propostos por LEPSCH *et al.* (1983): classe 1 (< 2 % de declividade), classe 2 (2 a 5 %), classe 3 (5 a 10 %), classe 4 (10 a 15 %) e classe 5 (15 a 45 %) (Figuras 8 e 9). Com base nesse mapa, definiu-se a classe de declividade para cada ponto da malha, considerou-se visualmente a declividade predominante num raio de 35 m em torno do ponto. Estes mapas servirão como referência a futuros trabalhos.

4.3.2. Atributos de planta e de cultivo

Foram avaliados os seguintes atributos: altura de plantas, presença de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith 1797), índice de clorofila na folha, população de plantas, acamamento ou quebramento de colmos, espigas com grãos ardidos, número de grãos por espiga e rendimento de grãos.

As informações de altura de plantas, presença de lagarta-do-cartucho e índice de clorofila na folha foram obtidas quando a cultura estava nos estágios fenológicos V10 a V12, ou seja, quando as plantas estavam com 10 a 12 folhas expandidas e com o colar visível. Essa avaliação foi realizada na primeira quinzena de dezembro, em ambas a glebas. Dez plantas de milho, localizadas nos vértices de

um pentagrama ("estrela de cinco pontas") imaginário de 10 m de raio em torno de cada ponto da malha, eram selecionadas para as respectivas avaliações.

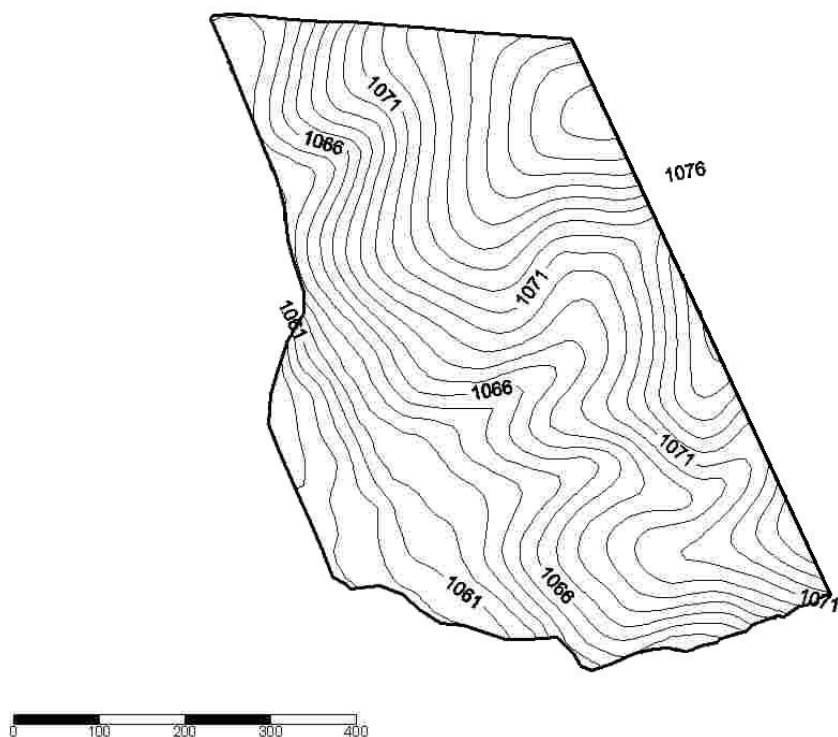


Figura 6 – Mapa de declividade da gleba Jordãozinho

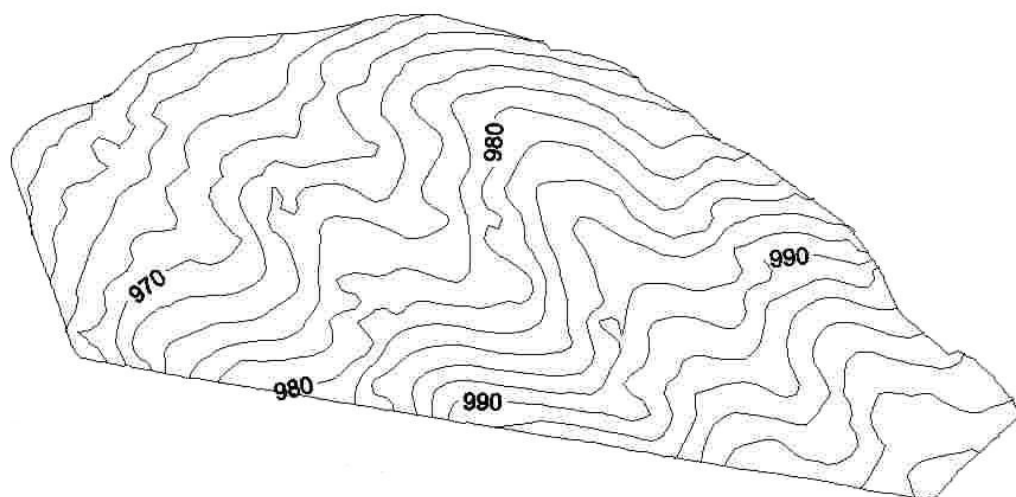


Figura 7 – Mapa de declividade da gleba Santa Cruz

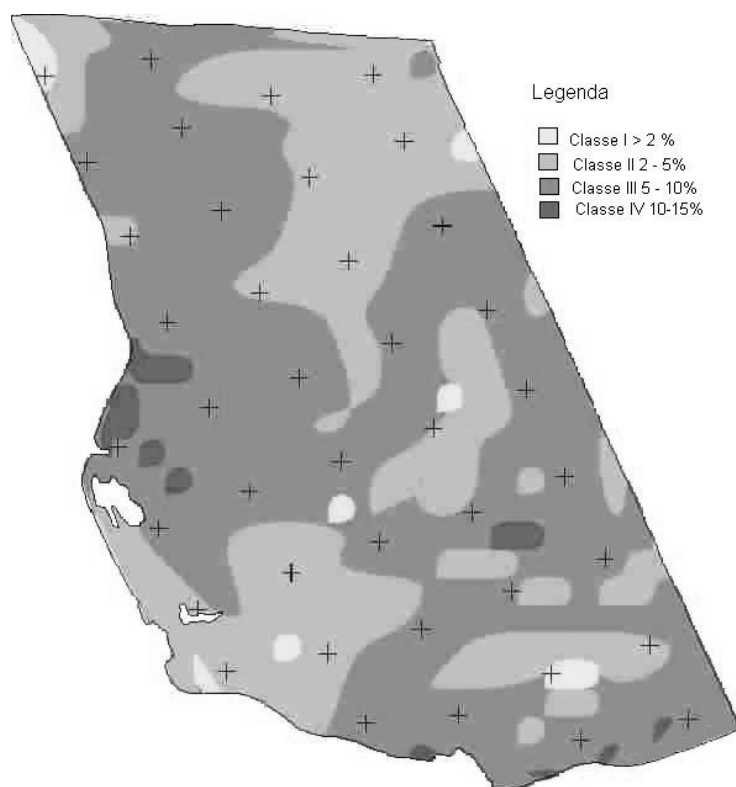


Figura 8 - Mapa de classes de declives e da gleba Jordãozinho

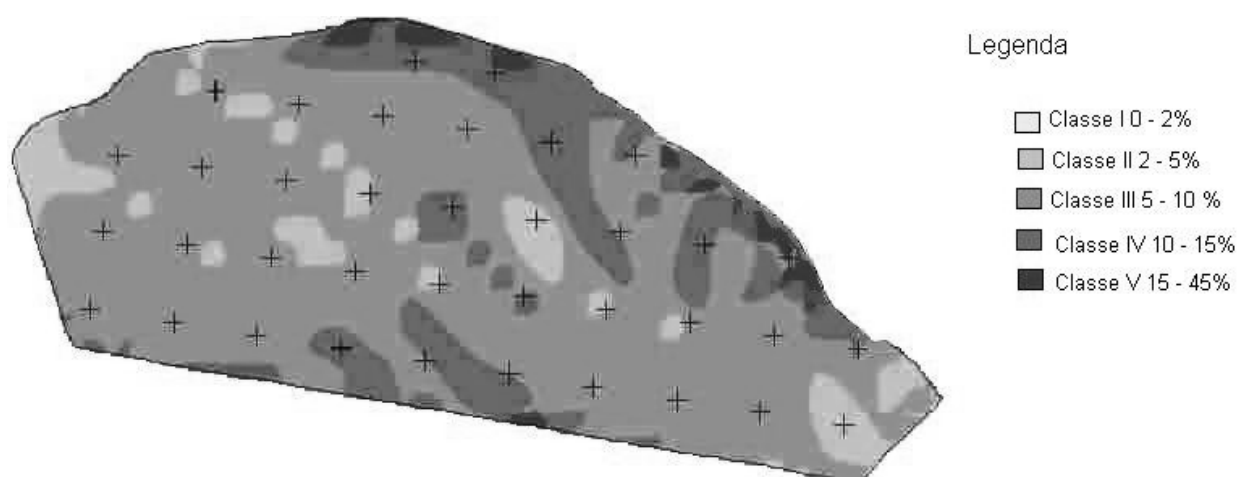


Figura 9 – Mapa de classes de declives da gleba Santa Cruz

A altura de plantas foi determinada com o auxílio de uma trena métrica, tomando-se a medida entre a superfície do solo e o ápice do "cartucho". A partir da altura das 10 plantas foi calculado o valor médio para o ponto de amostragem.

A avaliação do ataque de lagarta-do-cartucho foi feita através da observação visual do sintoma (folhas perfuradas). Considerou-se cada planta "com" ou "sem" ataque, e a partir da informação das 10 plantas de cada ponto, calculou-se a percentagem de ataque.

O índice de clorofila foi obtido automaticamente através de um clorofilômetro (Minolta SPAD-502), avaliando-se a folha mais superior que apresentasse o colar visível, seguindo a metodologia proposta por ARGENTA *et al.* (2001) e FRANCIS & PIEKIELEK (2007). O equipamento citado mede a absorvância, pela clorofila, de luz emitida no espectro de onda do vermelho e do infra-vermelho próximo. Os valores obtidos são adimensionais, variando entre 0 a 100, sendo estes proporcionais ao teor de clorofila nas folhas.

As informações referentes à população de plantas, acamamento ou quebramento de colmos, espigas com grãos ardidos e número de grãos por espiga foram obtidas na pré-colheita, quando a cultura estava no estágio de grão farináceo. Essa avaliação foi realizada na segunda quinzena de março de 2006, nos mesmos pontos de malha levantados para a avaliação anterior.

Para a amostragem de população de plantas foram contadas as plantas em 5 m lineares na linha de plantio que passava pelo ponto. O procedimento foi repetido em mais quatro linhas (duas de cada lado), perfazendo um total de 25 m lineares de avaliação.

O acamamento e quebramento de colmo foram avaliados nas mesmas linhas de avaliação da população de plantas, contando-se o número de colmos acamados ou quebrados e calculando-se a percentagem em relação ao número total de plantas.

Para a avaliação da percentagem de espigas com grãos ardidos, foram abertas 10 espigas em seqüência na linha central da amostragem feita para população de plantas, foi contado o número de espigas atacadas e calculada a respectiva percentagem.

O número de grãos por espiga foi avaliado nas 5 primeiras espigas abertas para a avaliação de grãos ardidos. Em cada espiga foi contado o número de fileiras de grãos e o número de grãos em uma fileira, calculando-se o número de grãos por espiga. Posteriormente foi determinando o valor médio entre as 5 espigas avaliadas.

O rendimento de grãos foi avaliado durante a operação de colheita, realizada no dia 29/03/2006, na gleba Jordãozinho, e no dia 10/05/2006, na gleba Santa Cruz. Em cada gleba foi utilizada a colhedora própria de cada produtor, mas em ambos os casos a máquina era do mesmo modelo (Massey Ferguson MF-34) e dotada de um sistema com sensor de produtividade e de georreferenciamento de dados (Fieldstar, AGCO Corporation). Antes da colheita foram realizadas verificações no sistema de sensor e realizadas as calibrações indicadas pelo fabricante. Após esses ajustes, a informação de peso de grãos gerada pelo sistema de monitoramento da colhedora foi confrontada com a informação de peso obtida em balança comercial.

Os registros de dados de produtividade obtidos com a colhedora foram acumulados em um cartão de memória, lidos em um leitor apropriado e enviados a assistência técnica da AGCO Corporation que gentilmente os devolveu em arquivos de formato "shp" e "dbf", possibilitando a obtenção de mapas de produtividade. Os registros georreferenciados de produtividade foram filtrados para eliminação de distorções de dados, de forma que os valores abaixo de 2.000 kg ha^{-1} e acima de $18.000 \text{ kg ha}^{-1}$ foram descartados. A partir desses valores filtrados e com a utilização do programa SSTollbox[®] versão 3.5 (SST Development Group, Inc.) foi calculada a média de produtividade para cada um dos pontos de avaliação, ou seja, toda a informação de produtividade obtida dentro de um raio de 35 m em torno do ponto foi resumida em um valor médio, eliminando assim variações nos dados e possibilitando a obtenção de um valor mais "robusto" de produtividade.

4.3.3. Atributos químicos e físicos de solo

4.3.3.1. Amostragem de solo e determinação da profundidade efetiva

A coleta de amostras de solo foi realizada após a colheita do milho, na primeira quinzena de julho de 2006, para a gleba Jordãozinho, quando esta tinha trigo no estágio de perfilhamento, e na primeira quinzena de novembro de 2006, para a gleba Santa Cruz, quando esta estava em pousio. O fato das coletas ocorrerem numa época relativamente distante da colheita do milho, principalmente na gleba Santa Cruz, foi em função da severa estiagem que ocorreu no inverno de 2006, deixando o solo numa condição muito baixa de umidade que impediu sua amostragem numa época mais adequada.

A coleta de solo foi baseada nos mesmos pontos de malha utilizados para os atributos de planta e cultivo e que representam uma área de 0,5 ha. Dez subamostras de solo das camadas de 0-10 e 10-20 cm foram coletadas em torno do ponto de avaliação, no mesmo esquema do pentagrama utilizado para os atributos de planta, com o auxílio de um trado calador, tomando-se o cuidado para que o ponto de coleta ficasse na entre linha da cultura anterior de milho. Para cada camada, as subamostras foram homogeneizadas e compostas numa amostra representativa do ponto de avaliação. As amostras foram secas ao ar, acondicionadas em sacos plásticos e enviadas ao laboratório para posterior análise.

Por ocasião da coleta de amostras de solo também foi avaliada a profundidade efetiva do solo com o auxílio de um trado holandês, medindo-se a profundidade de penetração do trado até atingir o material de origem. Caso o comprimento de 1,00 m do trado não fosse suficiente para atingir o material de origem, considerou-se a profundidade efetiva do solo como sendo $> 1,00$ m. A profundidade efetiva foi determinada junto ao ponto de avaliação de cada quadricula.

4.3.3.2. Análises químicas e físicas

As análises de solo foram realizadas no laboratório do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, determinando-se os seguintes atributos: pH-

CaCl₂, pH-SMP, alumínio trocável (Al⁺³, cmol_c dm⁻³), acidez potencial (H+Al⁺³, cmol_c dm⁻³), cálcio trocável (Ca⁺², cmol_c dm⁻³), magnésio trocável (Mg⁺², cmol_c dm⁻³), potássio trocável (K⁺, cmol_c dm⁻³), soma de bases (SB, cmol_c dm⁻³), capacidade de troca de cátions (T, cmol_c dm⁻³), fósforo Mehlich-1 (P, mg dm⁻³), carbono (C, g dm⁻³), saturação com bases (V, %), saturação com alumínio (m, %), teor de areia grossa (>0,200 mm, g kg⁻¹), teor de areia fina (<0,200 mm, g kg⁻¹), teor de silte (g kg⁻¹) e teor de argila (g kg⁻¹). Detalhes metodológicos da determinação de cada um desses parâmetros estão descritos em SBCS (2004).

Com base nos resultados de Ca, Mg e K foram calculadas as seguintes relações entre bases: Ca/Mg, Ca/K e Mg/K. Considerando o valor T, foi calculada a saturação da CTC com Ca, com Mg e com K.

Os dados da camada de 10-20 cm foram utilizados juntamente com os dados da camada de 0-10 cm para o cálculo de dados médios para a camada de 0-20 cm. A partir disso, considerou-se como as duas camadas de solo avaliadas nesse estudo as de 0-10 cm e 0-20 cm.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PROCESSAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados de todas as variáveis determinadas foram submetidos a uma análise de correlação. Num procedimento prévio de aplicação do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, com valor α de 5%, foi verificado que os dados de muitas variáveis não apresentavam distribuição normal (Tabela 2), o que é considerado como algo relativamente comum em estudos dessa natureza (SCHIEBELBEIN, 2006). Em função disso, foi tomada a decisão de analisar todas as variáveis através da matriz de correlação não paramétrica de Spearman, utilizando-se o programa estatístico Systat[®] versão 9.0 (Systat Software Inc.). Essa análise foi feita separadamente para cada gleba e cada profundidade (0-10 e 0-20 cm). Considerou-se como a principal variável dependente deste estudo a produtividade de grãos.

As variáveis independentes que apresentavam correlação Spearman superior a 0,40 em relação à variável rendimento de grãos foram submetidas à análise por árvore de regressão e à análise de Cluster, empregando-se o mesmo programa estatístico Systat[®] versão 9.0. Esse valor de 0,40 para o coeficiente de correlação foi estabelecido arbitrariamente.

Tabela 2 – Tabela resumo do teste Kolmogorov-Smirnov para verificação da normalidade das variáveis avaliadas.

Atributo	Fazenda Santa Cruz		Gleba Jordãozinho	
	Amostra 0-10	Amostra 0-20	Amostra 0-10	Amostra 0-20
pH CaCl2	Normal	Normal	Normal	Normal
SMP	Não	Normal	Normal	Normal
Al	Normal	Normal	Não	Não
H+Al	Normal	Não	Não	Não
Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
Mg	Normal	Normal	Não	Não
K	Normal	Normal	Não	Normal
SB	Normal	Normal	Não	Não
T	Normal	Normal	Não	Não
P	Não	Não	Não	Não
C	Não	Normal	Não	Não
V	Normal	Normal	Normal	Normal
M	Normal	Normal	Não	Não
Ca / Mg	Normal	Normal	Normal	Normal
Ca / K	Normal	Normal	Não	Normal
Mg / K	Normal	Normal	Não	Não
Ca / T	Normal	Normal	Normal	Normal
Mg / T	Normal	Normal	Normal	Normal
K / T	Normal	Normal	Normal	Normal
Areia total	Não	Não	Normal	Normal
Silte	Não	Normal	Não	Normal
Argila	Normal	Normal	Não	Normal
Prof. efet.	Não		Normal	
Esp. ardida	Normal		Normal	
N grão / esp	Normal		Normal	
Acam. e Queb	Não		Não	
Clorofilômetro	Normal		Normal	
Lag. Cartucho	Normal		Normal	
Alt. planta	Normal		Normal	
População	Normal		Normal	
Declividade	Não		Não	

5.2. ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

5.2.1. Resultados de colheita

A colhedora na gleba Jordãozinho apresentou uma diferença de 0,5 %, para mais, em relação ao peso de balança, enquanto que para a colhedora da gleba Santa Cruz essa diferença foi de 1,6 %, para mais. Em ambos os casos, a diferença entre os resultados de produtividade do sistema sensor e da produtividade real foram inferiores a 2,0 %, sendo muito próximos e não comprometendo, portanto, a análise dos resultados. Os dados médios de produtividade, umidade, impureza e grão ardido para cada gleba são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Dados de colheita das áreas: umidade, grãos ardidos, produtividade do talhão e produtividade avaliada pelo sensor da colhedora.

Local	Área ha	Umidade %	Ardidos %	Produtividade Balança Mg ha ⁻¹	Produtividade Colhedora Mg ha ⁻¹
Gleba Jordãozinho	18,0	21	6	12,29	12,35
Fazenda Santa Cruz	18,2	16	4	7,75	7,88

Também é importante considerar que a produtividade média de grãos de milho na gleba Jordãozinho (Tabela 3) atingiu um patamar bem superior ao da produtividade média brasileira (276% acima), estadual (175% acima) e municipal (96% acima), a partir de uma comparação com as estatísticas da CONAB (2007) e SEAB/DERAL (2007). Para os padrões vigentes de recomendação de adubação e manejo, essa gleba poderia ser considerada como sem limitações e estaria numa condição dita "ideal". Entretanto, quando o objetivo é maximizar o resultado econômico sem causar dano ambiental, ainda existe um potencial a ser explorado através do estabelecimento de algumas práticas de manejo, especialmente quando se considera que a produtividade de grãos variou entre 14,04 e 11,12 Mg ha⁻¹ (Tabela 4), ou seja, uma variação de 25 %.

Tabela 4. Classe de declividade e atributos de planta e cultivo nos pontos avaliados na gleba Jordãozinho.

Ponto	Classe de declividade	Índice de clorofila	População de plantas por ha	Altura de plantas (cm)	No. de grãos por espiga	Acamamento e quebraamento (%)	Ataque de lagarta do cartucho (%)	Espigas com grão ardido (%)	Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)
01	3	53,95	81224	115	506	2	20	20	11,12
02	2	52,03	85228	113	482	1	20	10	12,19
03	3	49,60	76076	124	437	1	10	20	11,12
04	3	54,70	84656	121	453	1	10	20	12,41
05	3	51,36	84656	116	491	3	10	30	12,88
06	3	51,57	85228	123	504	0	10	10	12,58
07	3	54,47	83512	130	446	0	40	10	11,78
08	2	54,84	83512	120	455	0	40	30	11,59
09	2	55,44	85228	120	522	0	30	0	11,68
10	2	55,86	79508	112	616	1	30	20	11,26
11	2	57,86	77220	116	579	0	50	20	11,92
12	2	55,71	70356	126	628	0	40	20	11,90
13	3	54,81	70928	116	719	0	30	0	11,90
14	2	55,21	83512	115	696	1	30	0	11,87
15	3	56,75	88088	123	578	0	20	50	12,42
16	3	55,86	80080	139	770	0	40	10	11,51
17	2	56,11	68640	115	653	0	20	10	12,10
18	3	55,88	85228	116	636	0	20	0	11,06
19	3	54,99	72072	94	598	1	30	0	11,86
20	3	55,81	81224	135	645	0	10	0	12,53
21	3	57,86	76648	124	628	1	30	0	12,37
22	3	55,27	73216	109	690	0	40	60	12,14
23	3	58,65	82368	116	665	0	30	10	12,13
24	2	57,65	72072	121	532	0	30	10	12,10
25	3	56,82	78364	120	532	0	30	10	11,88
26	3	58,77	73788	112	640	0	20	0	11,91
27	3	57,10	84084	131	632	0	10	0	12,04
28	1	52,94	81224	101	639	0	60	0	14,01
29	3	55,74	84656	108	672	0	20	0	13,34
30	3	57,30	81224	115	672	1	40	10	12,96
31	3	55,28	73788	112	661	0	50	10	13,52
32	3	50,80	80080	99	681	1	40	0	12,99
33	3	55,44	74360	113	680	0	40	30	13,31
34	2	56,72	85228	132	591	0	10	10	14,04
35	2	55,26	81224	115	619	0	20	0	13,70
36	3	50,46	80080	99	603	0	10	0	12,39
37	2	57,24	81224	123	696	0	10	0	12,00
38	2	57,04	86372	127	618	0	10	0	12,42
39	3	56,05	74360	121	606	0	20	10	13,69
40	4	57,78	81224	131	558	0	30	0	13,43

Tabela 5 - Classe de declividade e atributos de planta e cultivo nos pontos avaliados na gleba Santa Cruz.

Ponto	Classe de declividade	Índice de clorofila	População de plantas por ha	Altura de plantas (cm)	No. de grãos por espiga	Acamamento e quebramento (%)	Ataque de lagarta do cartucho (%)	Espigas com grão ardido (%)	Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)
01	2	50,29	70356	129	526	4	20	00	10,14
02	3	45,42	77220	95	452	1	40	40	9,46
03	3	45,97	73216	115	484	0	50	20	7,98
04	3	45,14	74932	95	588	0	60	00	9,07
05	4	45,97	82368	115	326	0	50	30	8,46
06	3	41,88	70356	99	423	4	70	40	7,44
07	4	48,72	72644	130	459	0	60	20	10,01
08	3	46,37	72644	99	515	1	90	20	9,55
09	3	46,28	78364	125	432	0	60	30	9,00
10	3	47,17	74360	117	467	2	50	20	8,78
11	3	49,24	77792	117	407	2	50	20	8,30
12	3	46,75	73216	117	487	0	10	30	8,15
13	3	45,63	74360	110	475	1	40	30	8,16
14	3	42,84	73788	87	429	4	20	60	6,42
15	3	47,08	81796	117	368	3	50	40	6,43
16	4	47,26	72644	106	506	4	80	20	6,79
17	3	44,58	76648	94	406	2	00	60	7,30
18	3	45,91	75504	84	470	0	50	10	6,48
19	3	46,11	77792	114	497	1	80	30	7,74
20	3	51,29	71500	121	522	3	00	00	9,44
21	5	52,08	71500	130	476	3	30	00	7,63
22	4	45,06	74360	108	404	2	10	40	6,47
23	3	44,16	69212	95	487	8	60	20	5,73
24	2	42,87	76076	97	470	8	50	20	6,72
25	4	45,41	75504	104	482	2	60	10	6,82
26	2	44,01	57200	89	290	4	80	60	7,99
27	3	43,88	73788	101	363	1	50	20	9,20
28	3	48,80	80652	119	426	1	60	50	9,36
29	2	47,65	77792	105	392	2	50	10	8,22
30	3	48,62	70356	115	441	1	60	10	7,05
31	3	45,96	70356	83	416	3	60	40	8,14
32	3	53,54	72072	128	548	4	60	00	8,25
33	3	48,27	77220	110	387	2	40	20	7,89
34	4	45,85	73788	105	497	3	70	30	7,52
35	3	43,90	62920	101	470	1	30	00	4,51
36	4	40,07	63492	70	184	1	10	90	7,75
37	4	47,88	74932	108	493	2	70	00	7,13

Comparando com a produtividade média da gleba Jordãozinho, a gleba Santa Cruz apresentou resultado médio inferior, ao redor de 36% (Tabela 3). Entretanto, se consideradas as médias nacional, estadual e municipal, o resultado ficou acima em 140%, 75% e 25%, respectivamente (CONAB, 2007; SEAB/DERAL, 2007). Porém, a variabilidade espacial da produtividade corrigida entre os pontos extremos foi aproximadamente de 125% ($10,14 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $4,51 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Tabela 5), portanto bem superior do que a gleba anterior. Esta situação indica que a gleba merece atenção por parte do produtor, se este desejar maior uniformidade da produção por unidade de área.

As condições climáticas observadas durante o período de desenvolvimento da cultura foram adequadas a altas produtividades, pois precipitação pluviométrica total acima de 800 mm é considerada adequada à cultura (FANCELLI & DOURADO, 2000). Observando os dados da Tabela 6, durante o período de 8 a 17 de dezembro, houve um pequeno período de falta de chuvas que poderia ter conseqüências negativas se tivesse se prolongado, pois afetaria o período mais crítico da cultura que é o florescimento, porém as chuvas ocorridas após esta data garantiram o excelente desempenho das lavouras.

Tabela 6 - Dados Climáticos da Região de Guarapuava no ano 2005/06 – Fonte SIMEPAR

Data	Temperatur amínima (°C)	Temperatur a Máxima (°C)	Temperatur a Máxima (°C)	Precipitaçã o (mm)	Radiação solar média(W/m ²)
30/9/2005	10,50	14,20	12,35	31,20	69,33
1/10/2005	12,30	18,30	15,30	13,20	136,58
2/10/2005	13,80	23,60	18,70	4,80	500,75
3/10/2005	13,70	26,30	20,00	0,00	578,33
4/10/2005	16,20	24,70	20,45	2,80	232,42
5/10/2005	15,90	18,20	17,05	97,40	64,42
6/10/2005	15,50	19,10	17,30	0,60	123,33
7/10/2005	15,30	20,70	18,00	19,60	145,08
8/10/2005	15,20	23,50	19,35	26,00	231,92
9/10/2005	14,30	24,60	19,45	0,00	476,67
10/10/2005	15,90	26,80	21,35	0,40	493,00
11/10/2005	14,40	27,50	20,95	6,20	322,42
12/10/2005	13,60	28,20	20,90	0,00	629,67
13/10/2005	14,20	29,60	21,90	0,20	504,25
14/10/2005	16,00	25,80	20,90	6,20	264,83
15/10/2005	14,40	25,70	20,05	13,60	380,08
16/10/2005	13,90	20,80	17,35	52,20	191,00
17/10/2005	15,20	18,80	17,00	11,20	150,25
18/10/2005	11,70	23,80	17,75	0,00	593,50
19/10/2005	12,00	23,70	17,85	0,00	568,00
20/10/2005	12,70	23,50	18,10	0,00	552,92
21/10/2005	15,40	20,50	17,95	8,20	143,25
22/10/2005	14,80	23,30	19,05	0,00	457,17
23/10/2005	13,80	26,60	20,20	0,00	507,17
24/10/2005	14,20	24,60	19,40	0,00	505,75
25/10/2005	15,30	19,80	17,55	13,60	138,33
26/10/2005	14,20	23,20	18,70	9,20	225,00
27/10/2005	16,30	25,50	20,90	12,40	410,42
28/10/2005	14,80	19,00	16,90	48,60	80,25
29/10/2005	14,60	25,00	19,80	0,40	615,17
30/10/2005	12,60	20,90	16,75	13,80	296,08
31/10/2005	7,40	20,70	14,05	0,00	696,75
1/11/2005	11,00	22,10	16,55	0,00	600,92
2/11/2005	10,90	23,80	17,35	0,00	590,67
3/11/2005	10,80	25,10	17,95	0,00	644,25
4/11/2005	13,70	25,80	19,75	0,00	587,75
5/11/2005	15,20	27,30	21,25	1,80	428,33
6/11/2005	15,40	23,30	19,35	8,40	185,67
7/11/2005	13,60	24,60	19,10	0,60	481,08
8/11/2005	11,00	18,50	14,75	8,40	396,18
9/11/2005	11,80	20,70	16,25	0,00	556,75
10/11/2005	11,50	22,20	16,85	0,00	588,00
11/11/2005	11,70	22,50	17,10	0,00	480,75
12/11/2005	11,20	24,50	17,85	0,00	634,75
13/11/2005	12,30	27,20	19,75	0,00	637,75
14/11/2005	13,20	27,30	20,25	0,00	500,50

Tabela 6 continuação...

Data	Temperatura mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar média(W/m ²)
15/11/2005	14,50	28,40	21,45	0,00	611,25
16/11/2005	14,30	28,90	21,60	3,20	500,25
17/11/2005	15,70	22,00	18,85	7,80	252,42
18/11/2005	16,20	27,10	21,65	0,00	549,83
19/11/2005	16,70	25,90	21,30	0,00	428,92
20/11/2005	15,70	28,60	22,15	0,00	618,92
21/11/2005	12,80	28,90	20,85	0,00	660,50
22/11/2005	13,30	28,70	21,00	0,00	574,17
23/11/2005	13,40	27,80	20,60	0,00	604,92
24/11/2005	17,60	23,60	20,60	18,80	122,75
25/11/2005	14,30	21,00	17,65	1,60	356,00
26/11/2005	11,70	24,60	18,15	0,00	733,50
27/11/2005	12,10	26,00	19,05	0,00	751,58
28/11/2005	10,40	26,50	18,45	0,00	638,92
29/11/2005	15,30	28,40	21,85	8,00	488,67
30/11/2005	18,00	27,90	22,95	0,00	536,17
1/12/2005	17,10	27,10	22,10	0,00	448,17
2/12/2005	14,30	22,10	18,20	0,00	457,67
3/12/2005	12,00	23,40	17,70	0,00	678,92
4/12/2005	11,30	27,40	19,35	0,00	617,17
5/12/2005	15,20	25,40	20,30	8,20	210,25
6/12/2005	15,50	24,10	19,80	0,40	491,33
7/12/2005	12,10	24,00	18,05	0,40	664,25
8/12/2005	11,50	25,90	18,70	0,00	740,00
9/12/2005	12,10	29,70	20,90	0,00	730,25
10/12/2005	16,20	27,60	21,90	0,00	459,58
11/12/2005	12,90	20,90	16,90	0,00	550,50
12/12/2005	12,30	24,40	18,35	0,00	561,33
13/12/2005	13,20	25,70	19,45	0,00	521,17
14/12/2005	13,10	27,70	20,40	0,00	566,33
15/12/2005	13,10	25,90	19,50	0,00	502,75
16/12/2005	14,30	28,60	21,45	0,00	497,75
17/12/2005	16,20	27,00	21,60	0,00	335,42
18/12/2005	13,80	22,70	18,25	36,40	285,67
19/12/2005	11,70	27,20	19,45	0,20	631,75
20/12/2005	16,00	22,30	19,15	6,80	245,42
21/12/2005	16,80	27,30	22,05	0,20	515,42
22/12/2005	17,80	29,20	23,50	0,40	650,83
23/12/2005	18,30	29,10	23,70	0,20	538,58
24/12/2005	16,80	26,70	21,75	0,20	566,50
25/12/2005	15,10	28,40	21,75	0,00	666,75
26/12/2005	14,70	24,60	19,65	25,60	457,42
27/12/2005	14,40	23,10	18,75	1,00	526,42
28/12/2005	14,50	25,70	20,10	5,80	565,25
29/12/2005	13,30	26,10	19,70	0,00	637,18
30/12/2005	14,50	28,50	21,50	0,00	653,08

Tabela 6 continuação...

Data	Temperatura mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar média(W/m ²)
31/12/2005	16,80	27,10	21,95	26,20	587,33
1/1/2006	16,50	20,70	18,60	7,20	145,25
2/1/2006	16,20	26,70	21,45	0,20	518,92
3/1/2006	15,40	26,10	20,75	4,00	534,00
4/1/2006	16,90	27,90	22,40	0,20	632,92
5/1/2006	17,50	26,30	21,90	0,80	389,25
6/1/2006	16,50	25,80	21,15	0,00	420,25
7/1/2006	16,60	28,20	22,40	0,00	468,75
8/1/2006	17,60	29,10	23,35	0,00	662,42
9/1/2006	16,10	28,60	22,35	13,60	608,50
10/1/2006	17,80	29,60	23,70	17,00	650,08
11/1/2006	17,20	29,80	23,50	0,00	667,00
12/1/2006	15,90	27,70	21,80	30,60	490,67
13/1/2006	16,00	27,30	21,65	0,00	542,08
14/1/2006	17,10	29,10	23,10	0,00	697,00
15/1/2006	18,10	30,10	24,10	0,00	560,75
16/1/2006	15,90	31,90	23,90	0,00	682,42
17/1/2006	17,70	30,70	24,20	0,00	483,83
18/1/2006	15,60	23,80	19,70	0,60	341,25
19/1/2006	15,80	21,90	18,85	12,80	235,83
20/1/2006	15,60	24,90	20,25	0,00	482,58
21/1/2006	17,00	27,20	22,10	7,40	411,25
22/1/2006	16,00	26,90	21,45	0,40	484,17
23/1/2006	17,60	21,80	19,70	4,20	256,33
24/1/2006	16,30	26,30	21,30	6,20	384,58
25/1/2006	16,10	20,20	18,15	31,60	161,00
26/1/2006	15,90	27,10	21,50	0,00	649,50
27/1/2006	17,40	24,80	21,10	0,80	388,92
28/1/2006	16,40	25,10	20,75	17,00	311,58
29/1/2006	14,10	25,00	19,55	0,00	543,75
30/1/2006	13,90	25,90	19,90	0,20	596,92
31/1/2006	15,50	27,10	21,30	0,20	613,09
1/2/2006	16,20	27,00	21,60	0,00	593,50
2/2/2006	16,50	27,50	22,00	0,00	623,00
3/2/2006	16,40	28,40	22,40	0,20	658,17
4/2/2006	17,50	28,20	22,85	10,60	393,25
5/2/2006	17,20	28,40	22,80	4,60	520,67
6/2/2006	17,00	27,40	22,20	0,20	447,08
7/2/2006	17,40	26,60	22,00	0,00	555,00
8/2/2006	16,20	28,90	22,55	0,00	610,00
9/2/2006	16,80	21,40	19,10	59,60	188,67
10/2/2006	16,20	26,70	21,45	0,00	521,83
11/2/2006	15,30	24,00	19,65	0,00	482,83
12/2/2006	15,60	25,00	20,30	0,00	614,36
13/2/2006	16,00	26,50	21,25	0,00	555,45
14/2/2006	15,30	27,40	21,35	0,60	614,67

Tabela 6 continuação...

Data	Temperatura mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar média (W/m ²)
15/2/2006	17,50	22,50	20,00	0,00	198,83
16/2/2006	17,80	24,70	21,25	0,20	338,25
17/2/2006	16,40	25,60	21,00	0,00	451,58
18/2/2006	16,50	24,90	20,70	0,60	247,58
19/2/2006	16,90	24,40	20,65	5,20	321,58
20/2/2006	16,10	26,20	21,15	7,60	502,67
21/2/2006	14,90	21,70	18,30	56,60	217,50
22/2/2006	12,40	25,50	18,95	0,20	541,25
23/2/2006	15,30	24,60	19,95	0,00	478,75
24/2/2006	16,70	21,50	19,10	0,00	189,50
25/2/2006	12,60	18,60	15,60	0,00	489,83
26/2/2006	11,40	23,30	17,35	0,00	520,92
27/2/2006	11,40	25,00	18,20	0,00	594,33
28/2/2006	14,70	27,30	21,00	0,00	582,33
1/3/2006	15,00	22,90	18,95	19,80	138,67
2/3/2006	15,70	26,00	20,85	9,20	349,50
3/3/2006	16,30	27,40	21,85	0,00	487,92
4/3/2006	18,20	25,70	21,95	0,00	403,58
5/3/2006	16,80	25,20	21,00	0,00	344,08
6/3/2006	13,60	25,00	19,30	0,00	585,17
7/3/2006	11,50	27,10	19,30	0,00	627,83
8/3/2006	14,10	26,50	20,30	0,20	365,92
9/3/2006	16,10	25,50	20,80	0,20	325,17
10/3/2006	13,40	26,80	20,10	0,00	471,83
11/3/2006	15,10	25,10	20,10	0,00	517,58
12/3/2006	11,60	26,00	18,80	0,00	629,83
13/3/2006	13,90	26,90	20,40	0,00	522,92
14/3/2006	15,80	26,80	21,30	5,80	498,92
15/3/2006	16,20	27,40	21,80	0,00	482,67
16/3/2006	15,70	28,90	22,30	0,00	539,17
17/3/2006	16,30	26,20	21,25	0,00	417,00
18/3/2006	18,10	27,90	23,00	0,00	408,00
19/3/2006	17,40	26,90	22,15	0,00	441,42
Resumo	14,86	25,34	20,10	898,80	469,08
	Temperatura. Mínima Média (°C)	Temperatura Máxima Média (°C)	Temperatura Média Média (°C)	Precipitação Total (mm)	Radiação Solar Média (W/m²)

5.3. GLEBA JORDÃOZINHO

5.3.1. Atributos de planta e de cultivo

A variabilidade do rendimento de grãos de milho praticamente não foi influenciada pelos atributos de planta e cultivo nas condições do trabalho (Tabela 4), conforme os coeficientes de correlação de Spearman, cujos valores ficaram abaixo dos 0,40 arbitrariamente estipulados (Tabela 7 e 8). A população de plantas, considerada importante fonte de variabilidade em vários trabalhos, não evidenciou correlação com a produtividade e isso pode estar associado ao fato da população de plantas estar em nível considerado alto (79.794 plantas ha⁻¹, em média), mas adequado às condições de cultivo (Tabela 4).

Dentro dos atributos de planta, houve uma correlação negativa entre a porcentagem de espigas com grão ardido e a concentração de Mg no solo, tanto para a camada de 0-10 cm ($r = -0,47$) (Tabela 7), como para a camada de 0-20 cm ($r = -0,54$) (Tabela 8). Esse resultado demonstra que o equilíbrio nutricional da planta resulta em menor ação de pragas e patógenos. Esta afirmação encontra suporte no trabalho se observada que a correlação entre relação Ca/Mg e grãos ardidos também foi superior a 0,40, tanto para a camada de 0-10 como 0-20 cm. Outra consideração sobre a influência do desbalanço nutricional nesta gleba, e que será discutida mais adiante, é o fato da relação Ca/Mg estar interferido diretamente na produtividade.

Outro ponto a ser destacado quanto aos atributos de planta e cultivo é a correlação inversa ($r = -0,42$) entre a população de plantas e o ataque de lagarta do cartucho (Tabela 7), evidenciando que o ataque do inseto pode ocorrer desde a fase de emergência, reduzindo assim a população inicial. Em várias situações, o ataque de lagarta do cartucho é erroneamente atribuído a lagarta rosca, em função de similaridades dos sintomas de ataque nos primeiros estágios da cultura do milho.

5.3.2. Atributos químicos e físicos de solo

Quando os atributos químicos e físicos do solo (Tabelas 9 e 10) foram submetidos à análise de correlação de Spearman, algumas variáveis apontadas pela literatura consultada como importante causa de variabilidade espacial da produtividade não apresentaram correlação significativa na situação estudada. Entre estas variáveis destaca-se a profundidade efetiva, que, por exemplo, nos pontos 22, 31 e 32 foi inferior a 40 cm (Tabelas 9 e 10), mas que nem por isso afetou negativamente a produtividade. É provável que em ano mais seco este fator impacte significativamente na produtividade, assim como os atributos de teor de argila e da declividade ligados ao armazenamento e escoamento de água.

O rendimento de grãos de milho apresentou correlação superior a 0,40 com as variáveis Mg, soma de bases, P, relação Ca/Mg, relação Mg/K e com a saturação de Mg (Mg/T), sendo que para a relação Ca/Mg a correlação foi inversa. O resultado foi observado tanto para a camada de 0-10 cm (Tabela 7) como 0-20 cm (Tabela 8). As maiores correlações observadas foram para o Mg ($r = 0,60$ e $r = 0,57$ nas camadas de 0-10 e 0-20 cm, respectivamente) e para a relação Ca/Mg ($r = -0,56$ e $r = -0,53$ nas camadas de 0-10 e 0-20 cm, respectivamente). Exceto a variável P, as demais estão relacionadas com a concentração de Mg trocável e suas interações com outros cátions, indicando claramente que essa é uma importante causa de variabilidade.

Sessenta por cento dos pontos avaliados nessa gleba possuem concentração de Mg na camada de 0-10 cm em níveis considerados como médios ou baixo ($\leq 1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 9), conforme limite estabelecido por SBCS (2004). Para a camada de 0-20 cm, 50 % dos pontos possuem concentração de Mg em níveis médios ($\leq 1,0$ e $> 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e 13% estão com o nível considerado baixo ($\leq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 10). Esses resultados, conseqüentemente, se expressam nas relações Ca/Mg e Mg/K e na saturação da capacidade de troca catiônica com Mg. Nos mapas de distribuição deste elemento para ambas as profundidades (Figuras 10g e 10h), observa-se que os teores de Mg no solo seguem uma tendência de aumento na esquerda (oeste), a mesma observada para a produtividade (Figuras 10a e 10b). Nos pontos onde as produtividades foram

superiores a 13 Mg ha^{-1} (Tabela 4), percebe-se que os teores de Mg estavam acima de $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabelas 9 e 10), nível considerado como alto (SBCS, 2004).

Como a matriz de correlação deve ser considerada uma análise exploratória, há a necessidade de análises complementares (ROLOFF *et al.*, 2006), e para tal as variáveis Mg, SB, P, Ca/Mg, Mg/K e Mg/T foram submetidas a análise de árvore de regressão. Com base nos resultados dessa análise, para a camada de 0-10 cm, a saturação com Mg (Mg/T) explicou 42 % da variação no rendimento de grãos, podendo ser esta considerada como a variável mais importante (Figura 11a). Em conjunto com a relação Mg/K, a saturação de bases com Mg passou a explicar 53 % da variação, conforme $\text{PRE}=0,53$, que também pode ser considerado como percentual de explicação se este valor for multiplicado por 100 (Figura 11a). As mesmas variáveis, quando analisadas na camada de 0-20 cm, indicam a concentração de Mg como a de maior importância, explicando 43 % da variação no rendimento de grãos, e quando considerada em conjunto com a SB, essa explicação aumentou para 61 % ou $\text{PRE } 0,61$, sendo que os valores obtidos tanto para a camada de 0-10 cm como a de 0-20 cm são considerados significativos pois explicam mais de 50% da variação espacial destas áreas (Figura 11b).

A árvore de regressão da amostragem de 0-10 cm indica que os pontos com Mg/T inferiores a 0,099 (10%) tiveram uma produtividade de 1.020 kg ha^{-1} inferior em relação aos pontos com Mg/T superiores (Figura 11a). Complementando a análise, a mesma árvore ainda estabeleceu que para os locais onde Mg/T fosse superior a 0,099, mas a relação Mg/K fosse inferior a 2,295, haveria um decréscimo de produtividade de 791 kg ha^{-1} em relação aos locais onde o valor da relação Mg/K fosse acima de 2,295 (Figura 11a).

No caso da árvore de regressão para a amostragem de 0-20 cm, o principal valor de separação de grupos foi o de concentração de Mg em $0,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os pontos com valores acima obtiveram produtividades de 1.070 kg ha^{-1} superiores ao que se encontravam abaixo do valor acima citado. Completando a análise estão em ordem de seqüência e de importância, a soma de bases (SB), com valor de separação de $5,91 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e redução de produtividade de 882 kg ha^{-1} , e a relação Mg/K, com o valor de separação de 4,2 e redução de produtividade de 791 kg ha^{-1} nos locais com valores abaixo. Nas duas árvores fica claro que o Mg está

limitando a expressão do potencial produtivo lavoura, seja pela concentração do nutriente do solo, seja por suas relações com outros cátions no complexo de troca (Figura 11a e 11b).

As mesmas variáveis selecionadas pela matriz de correlação e utilizadas na árvore de regressão foram submetidas à análise de "cluster" para criar três grupos distintos com características semelhantes no grupo. Nesta análise visual, a linha tracejada vertical representa o valor médio normalizado, e as linhas horizontais a amplitude de variação de cada variável. Os resultados obtidos mostraram-se coerentes com os resultados da árvore de regressão.

Os agrupamentos (clusters) para a camada de 0-10 cm (Figura 12a) demonstram que para o grupo 1, com a menor faixa de produtividade, também mostrou os menores níveis de Mg, Mg/T, SB, P e Mg/K e o maior de Ca/Mg, reforçando a hipótese de desequilíbrio de cátions. Os grupos 2 e 3 estão relacionados com produtividades maiores, apresentando tendência inversa para as demais variáveis em relação ao grupo 1. A diferença mais visível entre os grupos 2 e 3 é que para o grupo 2, a concentração de fósforo (P) está abaixo da média e no grupo 3 acima da média. Percebe-se também que a relação Mg/K no grupo 3 está bem próxima do valor médio, ao passo que no grupo 2, ela está acima da média, indicando a ocorrência de efeito sinérgico entre o Mg e o P, conforme trabalho de HERNANDEZ & SILVEIRA (1998), bem como a maior concentração de K no solo estar inibindo a absorção de Mg (MALAVOLTA *et al*, 1989; BÜLL, 1993; MARSCHENER, 1997).

Na análise de "cluster" da camada de 0-20 cm, o comportamento das variáveis entre os grupos seguiu tendência parecida com a observada acima para a produtividade, porém houve uma inversão nos grupos 2 e 3 em relação ao P e a relação Mg/K, sendo que agora o grupo 3 apresenta menores valores de P em relação a média e maiores valores da relação Mg/K, mas estes valores ainda são coerentes com a conclusão de sinergismo entre P e Mg e competição entre K e Mg. Esta inversão de grupo está relacionada apenas com a troca de grupos dos mesmos pontos na nova análise de cluster (Figura 12b).

Para as relações Ca/Mg e Mg/K, o elemento Mg parece possuir, no caso dessa gleba e da safra avaliada, um papel mais relevante que os elementos Ca e K.

Podendo ser constatado pelo coeficiente de correlação maior na relação Ca/Mg e menor na Mg/K, indicando que a área do experimento está apresentando desequilíbrio na relação de cátions, evidenciado pela baixa saturação do Mg na CTC (Mg/T), tanto para a camada de 0-10 cm (Tabela 9) como para 0-20 cm (Tabela 10). Esta alteração no equilíbrio de cátions está, possivelmente, relacionada com o histórico de calagem da área, que está sendo feito por repetidas vezes com calcário calcítico. Também há uma pequena contribuição da exportação do Mg, ainda que esta seja considerada quantitativamente baixa, mas em relação ao Ca, a cultura do milho retira Mg nos grãos colhidos na razão aproximada de 12:1 (Tabela 1).

A interação de cátions (Ca, Mg e K) é citada por vários autores como importante fator de interferência na produtividade e nutrição de plantas (MALAVOLTA *et al.*, 1989; BÜLL, 1993 e MARSCHENER, 1997). Segundo os autores, existe uma inibição competitiva destes nutrientes pelo mesmo sítio do carregador para absorção, porém esta inibição poderá ser resolvida se aumentada a concentração do elemento limitante. BÜLL (1993) cita trabalho publicado no qual é caracterizado um solo "ideal" como aquele que contém a seguinte saturação de cátions na CTC: 65% de Ca, 10% de Mg e 5% de K. Ainda este trabalho indica que a resposta a qualquer um dos elementos não depende apenas do seu conteúdo, mas de sua relação com os demais elementos, alertando que a deficiência induzida pode ocorrer nas situações de desequilíbrio. Trabalhando com milho em casa de vegetação, HERNANDEZ & SILVEIRA (1998) concluíram que a produção de matéria seca em milho foi maior nas situações onde a relação Ca/Mg era inferior a 4:1, especialmente quando a saturação de bases era de 50%. No presente trabalho, para a situação desta gleba, resultado semelhante foi observado, pois em todos os pontos onde a produtividade foi superior a $13,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, a relação Ca/Mg era inferior a 4, como observado nos pontos 28, 31, 34, 35 e 39 (Tabelas 4, 9 e 10). Onde a produtividade média no ponto foi inferior a $11,5 \text{ Mg.ha}^{-1}$, a relação Ca/Mg sempre foi superior a 4, como observado nos pontos 1, 3, 10 e 18 (Tabelas 4, 9 e 10).

Tabela 7 - Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-10 cm da gleba Jordãozinho.

	Rend-gr	pH-CaCl2	pH-SMP	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Rend-gr	1,00																
pH-CaCl2	0,19	1,00															
pH-SMP	0,12	0,95	1,00														
Al	0,15	-0,46	-0,46	1,00													
H+Al	-0,12	-0,95	-1,00	0,46	1,00												
Ca	0,38	0,40	0,34	0,16	-0,34	1,00											
Mg	0,60	0,39	0,34	0,21	-0,34	0,64	1,00										
K	0,14	0,44	0,40	-0,01	-0,40	0,23	0,50	1,00									
SB	0,48	0,48	0,42	0,23	-0,42	0,90	0,88	0,50	1,00								
T	0,39	-0,28	-0,42	0,45	0,42	0,54	0,52	0,15	0,55	1,00							
P	0,47	0,14	0,15	0,05	-0,15	0,30	0,37	0,38	0,37	0,32	1,00						
C	0,26	-0,25	-0,30	0,43	0,30	0,34	0,21	0,18	0,34	0,54	0,31	1,00					
V	0,33	0,90	0,89	-0,41	-0,89	0,63	0,64	0,49	0,72	-0,05	0,27	-0,10	1,00				
m	0,15	-0,46	-0,46	1,00	0,46	0,16	0,21	-0,01	0,23	0,45	0,05	0,43	-0,41	1,00			
Ca/Mg	-0,56	-0,26	-0,22	-0,24	0,22	-0,35	-0,93	-0,50	-0,68	-0,43	-0,33	-0,14	-0,46	-0,24	1,00		
Ca/K	0,04	-0,24	-0,22	0,08	0,22	0,24	-0,16	-0,86	-0,06	0,08	-0,21	0,01	-0,16	0,08	0,31	1,00	
Mg/K	0,52	0,07	0,05	0,16	-0,05	0,53	0,60	-0,34	0,50	0,39	0,15	0,09	0,30	0,16	-0,50	0,60	1,00
Ca/T	0,16	0,80	0,80	-0,41	-0,80	0,69	0,31	0,16	0,56	-0,13	0,17	-0,12	0,85	-0,41	-0,04	0,18	0,29
Mg/T	0,55	0,59	0,56	-0,03	-0,56	0,53	0,95	0,49	0,79	0,25	0,30	0,01	0,77	-0,03	-0,89	-0,21	0,56
K/T	0,01	0,60	0,60	-0,19	-0,60	0,08	0,34	0,93	0,35	-0,16	0,22	-0,03	0,54	-0,19	-0,37	-0,88	-0,45
Areia-g	-0,12	0,37	0,37	-0,36	-0,37	0,09	-0,15	0,00	0,00	-0,16	0,25	-0,21	0,27	-0,36	0,22	0,04	-0,07
Areia-f	-0,05	0,55	0,55	-0,45	-0,55	0,06	-0,03	0,25	0,03	-0,32	0,03	-0,04	0,44	-0,45	0,05	-0,23	-0,16
Areia	-0,13	0,42	0,41	-0,43	-0,41	0,09	-0,15	0,02	-0,01	-0,19	0,23	-0,22	0,31	-0,43	0,22	0,01	-0,08
Silte	-0,01	-0,04	-0,01	0,19	0,01	-0,01	-0,01	0,22	0,04	-0,06	-0,06	0,31	-0,03	0,19	0,00	-0,19	-0,18
Argila	0,04	-0,14	-0,15	-0,02	0,15	0,04	0,13	-0,11	0,04	0,20	0,04	-0,17	-0,06	-0,02	-0,12	0,11	0,14
Prof-Efet	-0,19	-0,28	-0,30	0,18	0,30	-0,21	-0,02	-0,01	-0,11	0,19	-0,09	0,09	-0,30	0,18	-0,09	-0,07	-0,03
Popul-pl	0,13	-0,05	-0,12	0,07	0,12	0,30	0,10	-0,05	0,23	0,44	0,15	0,27	0,03	0,07	-0,02	0,15	0,21
Espig-ard	-0,10	-0,14	-0,15	-0,17	0,15	-0,29	-0,47	-0,19	-0,42	-0,21	0,16	-0,14	-0,29	-0,17	0,43	0,02	-0,30
Grão-esp	0,15	0,25	0,24	0,12	-0,24	0,21	0,21	0,24	0,26	-0,04	-0,13	0,14	0,25	0,12	-0,17	-0,15	-0,01
Acam-qu	-0,17	-0,11	-0,01	-0,17	0,01	-0,07	-0,15	-0,05	-0,15	-0,02	0,13	-0,14	-0,07	-0,17	0,16	0,01	-0,15
Clorofila	0,04	-0,15	-0,15	0,23	0,15	0,01	0,16	0,12	0,07	0,05	-0,24	0,04	-0,06	0,23	-0,18	-0,13	0,08
Lag-cart	-0,08	0,16	0,20	-0,30	-0,20	-0,14	-0,17	0,05	-0,14	-0,40	-0,12	-0,03	0,13	-0,30	0,20	-0,11	-0,23
Alt-pl	-0,08	-0,13	-0,18	0,21	0,18	0,15	-0,01	-0,14	0,09	0,23	0,05	0,19	-0,11	0,21	0,05	0,25	0,15
Decliv	0,07	0,14	0,20	-0,17	-0,20	0,22	0,19	0,21	0,21	0,04	0,36	0,09	0,31	-0,17	-0,12	-0,03	0,12

Tabela 7. Continuação...

	Ca/T	Mg/T	K/T	Areia-g	Areai-f	Areia	Silte	Argila	Prof-Efet	Popul-pl	Espig-ard	Grão-esp	Acam-qu	Clorofila	Lag-cart	Alt-pl	Decliv
Ca/T	1,00																
Mg/T	0,42	1,00															
K/T	0,24	0,44	1,00														
Areia-g	0,36	-0,07	0,08	1,00													
Areai-f	0,39	0,13	0,38	0,32	1,00												
Areia	0,39	-0,05	0,11	0,98	0,48	1,00											
Silte	-0,05	-0,05	0,19	-0,27	0,09	-0,24	1,00										
Argila	-0,09	0,09	-0,14	-0,08	-0,27	-0,12	-0,89	1,00									
Prof-Efet	-0,41	-0,08	-0,06	-0,30	-0,14	-0,28	-0,31	0,40	1,00								
Popul-pl	0,09	0,02	-0,20	0,20	-0,04	0,18	-0,17	0,07	0,07	1,00							
Espig-ard	-0,11	-0,45	-0,13	0,32	-0,09	0,26	-0,41	0,33	-0,06	-0,09	1,00						
Grão-esp	0,17	0,21	0,28	-0,15	0,36	-0,10	0,44	-0,40	-0,25	-0,32	-0,34	1,00					
Acam-qu	0,00	-0,13	-0,02	0,00	0,08	0,04	-0,25	0,30	0,01	0,05	0,12	-0,22	1,00				
Clorofila	-0,14	0,11	0,06	-0,47	-0,13	-0,44	0,18	-0,01	0,09	-0,10	-0,12	0,27	-0,37	1,00			
Lag-cart	0,17	-0,09	0,18	-0,10	0,08	-0,09	0,30	-0,27	-0,24	-0,42	0,19	0,28	-0,10	0,06	1,00		
Alt-pl	0,03	-0,11	-0,25	0,04	-0,27	0,02	-0,20	0,17	0,33	0,28	0,07	-0,26	-0,24	0,30	-0,31	1,00	
Decliv	0,23	0,21	0,12	0,26	0,26	0,31	-0,13	0,09	-0,01	-0,07	-0,01	0,04	0,10	-0,02	-0,10	0,06	1,00

Rend-gr :Rendimento de grãos
 pH-CaCl2 :pH em CaCl2
 pH-SMP :pH em SMP
 Al :Al trocável
 H+Al :H+Al
 Ca :Ca
 Mg :Mg
 K :K
 SB :Soma de bases
 T :CTC
 P :Fósforo
 C :Carbono

V :Saturação de bases
 m :Sat. com Al
 Ca/Mg :Rel. Ca/Mg
 Ca/K :Rel. Ca/K
 Mg/K :Rel. Mg/K
 Ca/T :Sat. com Ca
 Mg/T :Sat. com Mg
 K/T :Sat. com K
 Areia-g :Areia grossa
 Areai-f :Areia fina
 Areia :Areia total
 Silte :Silte

Argila :Argila
 Prof-Efet :Profundidade efetiva
 Popul-pl :População de plantas
 Espig-ard :Espigas c/ grão ardido
 Grão-esp :Grãos por espiga
 Acam-qu :Acamamento/quebramento
 Clorofila :Índice de clorofila
 Lag-cart :Lagarta do cartuchoi
 Alt-pl :Altura de plantas
 Decliv :Classe de declividade

Tabela 8 -. Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-20 cm da gleba Jordãozinho.

	Rend-gr	pH-CaCl2	pH-SMP	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Rend-gr	1,00																
pH-CaCl2	0,07	1,00															
pH-SMP	-0,06	-0,69	1,00														
Al	-0,06	-0,69	1,00	1,00													
H+Al	-0,06	-1,00	0,70	0,70	1,00												
Ca	0,31	0,52	-0,47	-0,47	-0,51	1,00											
Mg	0,57	0,40	-0,28	-0,28	-0,41	0,56	1,00										
K	0,21	0,41	-0,14	-0,14	-0,41	0,22	0,58	1,00									
SB	0,43	0,54	-0,42	-0,42	-0,54	0,89	0,83	0,49	1,00								
T	0,34	-0,56	0,56	0,56	0,56	0,18	0,31	0,15	0,26	1,00							
P	0,46	-0,04	0,16	0,16	0,06	0,12	0,23	0,27	0,18	0,35	1,00						
C	0,10	-0,60	0,50	0,50	0,61	0,01	0,09	0,04	0,09	0,75	0,25	1,00					
V	0,25	0,87	-0,68	-0,68	-0,87	0,81	0,67	0,51	0,84	-0,19	0,07	-0,34	1,00				
m	0,09	-0,11	0,31	0,31	0,12	-0,21	0,19	0,10	0,00	0,17	0,12	0,27	-0,16	1,00			
Ca/Mg	-0,53	-0,22	0,11	0,11	0,23	-0,26	-0,93	-0,54	-0,60	-0,32	-0,21	-0,10	-0,44	-0,22	1,00		
Ca/K	-0,12	-0,24	-0,01	-0,01	0,25	0,16	-0,34	-0,90	-0,14	-0,07	-0,22	0,02	-0,21	-0,09	0,42	1,00	
Mg/K	0,45	0,04	-0,22	-0,22	-0,05	0,44	0,52	-0,37	0,43	0,18	0,02	0,04	0,26	0,08	-0,46	0,54	1,00
Ca/T	0,17	0,84	-0,64	-0,64	-0,83	0,84	0,41	0,24	0,72	-0,26	0,00	-0,39	0,90	-0,24	-0,12	0,06	0,25
Mg/T	0,49	0,61	-0,49	-0,49	-0,62	0,58	0,95	0,56	0,82	0,05	0,14	-0,14	0,80	0,09	-0,86	-0,33	0,49
K/T	0,07	0,59	-0,33	-0,33	-0,59	0,19	0,46	0,94	0,42	-0,13	0,14	-0,19	0,57	0,02	-0,41	-0,88	-0,44
Areia-g	-0,07	0,41	-0,19	-0,19	-0,41	0,20	-0,16	0,01	0,05	-0,29	0,17	-0,38	0,31	-0,39	0,25	0,04	-0,13
Areia-f	0,10	0,54	-0,48	-0,48	-0,53	0,51	0,25	0,33	0,46	-0,11	0,14	-0,16	0,62	-0,14	-0,07	-0,12	0,02
Areia	-0,01	0,43	-0,23	-0,23	-0,43	0,31	-0,06	0,08	0,16	-0,20	0,21	-0,32	0,40	-0,37	0,18	0,03	-0,07
Silte	0,34	0,33	-0,19	-0,19	-0,32	0,27	0,54	0,49	0,48	0,03	-0,05	0,01	0,42	0,20	-0,49	-0,33	0,11
Argila	-0,37	-0,45	0,25	0,25	0,44	-0,33	-0,57	-0,51	-0,52	0,03	-0,04	0,11	-0,53	-0,12	0,50	0,34	-0,12
Prof-Efet	-0,19	-0,25	0,34	0,34	0,23	-0,20	0,01	0,00	-0,17	0,28	-0,05	0,21	-0,21	0,27	-0,10	-0,06	-0,02
Popul-pl	0,13	-0,15	0,22	0,22	0,15	0,25	0,03	-0,06	0,16	0,39	0,16	0,20	-0,01	-0,11	0,04	0,16	0,13
Espig-ard	-0,10	-0,22	0,16	0,16	0,24	-0,37	-0,54	-0,20	-0,50	-0,18	0,15	-0,15	-0,35	-0,35	0,47	0,01	-0,36
Grão-esp	0,15	0,18	-0,14	-0,14	-0,16	0,19	0,28	0,24	0,33	0,03	-0,15	0,17	0,23	0,11	-0,21	-0,12	0,03
Acam-qu	-0,17	-0,01	-0,05	-0,05	0,00	-0,03	-0,21	-0,07	-0,09	-0,07	0,16	-0,06	-0,07	0,07	0,22	0,01	-0,18
Clorofila	0,04	-0,12	-0,06	-0,06	0,13	-0,08	0,22	0,10	0,03	0,09	-0,20	0,28	-0,06	0,23	-0,28	-0,09	0,14
Lag-cart	-0,08	0,10	-0,18	-0,18	-0,10	0,06	-0,06	0,05	0,04	-0,15	-0,10	-0,02	0,12	-0,24	0,15	-0,06	-0,12
Alt-pl	-0,08	-0,23	0,31	0,31	0,25	0,02	-0,09	-0,19	-0,07	0,22	0,11	0,32	-0,19	0,19	0,08	0,21	0,09
Decliv	0,07	0,18	-0,11	-0,11	-0,17	0,21	0,19	0,16	0,20	-0,06	0,32	0,12	0,26	0,03	-0,14	-0,03	0,12

Tabela 8. Continuação...

	Ca/T	Mg/T	K/T	Areia-g	Areai-f	Areia	Silte	Argila	Prof-Efet	Popul-pl	Espig-ard	Grão-esp	Acam-qu	Clorofila	Lag-cart	Alt-pl	Decliv
Ca/T	1,00																
Mg/T	0,55	1,00															
K/T	0,34	0,53	1,00														
Areia-g	0,39	-0,03	0,11	1,00													
Areai-f	0,58	0,37	0,37	0,53	1,00												
Areia	0,46	0,07	0,15	0,97	0,69	1,00											
Silte	0,28	0,52	0,43	-0,23	0,20	-0,17	1,00										
Argila	-0,37	-0,58	-0,47	-0,01	-0,36	-0,08	-0,95	1,00									
Prof-Efet	-0,27	-0,05	-0,06	-0,29	-0,17	-0,25	-0,40	0,42	1,00								
Popul-pl	0,05	-0,07	-0,20	0,16	-0,03	0,19	-0,23	0,21	0,07	1,00							
Espig-ard	-0,27	-0,49	-0,12	0,26	-0,15	0,17	-0,46	0,43	-0,06	-0,09	1,00						
Grão-esp	0,22	0,25	0,20	-0,05	0,33	0,01	0,55	-0,55	-0,25	-0,32	-0,34	1,00					
Acam-qu	-0,04	-0,18	-0,03	-0,03	0,13	-0,01	-0,29	0,35	0,01	0,05	0,12	-0,22	1,00				
Clorofila	-0,18	0,16	0,06	-0,44	-0,31	-0,47	0,35	-0,23	0,09	-0,10	-0,12	0,27	-0,37	1,00			
Lag-cart	0,12	0,02	0,13	-0,07	0,06	-0,09	0,18	-0,17	-0,24	-0,42	0,19	0,28	-0,10	0,06	1,00		
Alt-pl	-0,13	-0,18	-0,23	0,00	-0,32	-0,07	-0,31	0,33	0,33	0,28	0,07	-0,26	-0,24	0,30	-0,31	1,00	
Decliv	0,13	0,23	0,12	0,32	0,44	0,38	0,04	-0,12	-0,01	-0,07	-0,01	0,04	0,10	-0,02	-0,10	0,06	1,00

Rend-gr :Rendimento de grãos

pH-CaCl2 :pH em CaCl2

pH-SMP :pH em SMP

Al :Al trocável

H+Al :H+Al

Ca :Ca

Mg :Mg

K :K

SB :Soma de bases

T :CTC

P :Fósforo

C :Carbono

V :Saturação de bases

m :Sat. com Al

Ca/Mg :Rel. Ca/Mg

Ca/K :Rel. Ca/K

Mg/K :Rel. Mg/K

Ca/T :Sat. com Ca

Mg/T :Sat. com Mg

K/T :Sat. com K

Areia-g :Areia grossa

Areai-f :Areia fina

Areia :Areia total

Silte :Silte

Argila :Argila

Prof-Efet :Profundidade efetiva

Popul-pl :População de plantas

Espig-ard :Espigas c/ grão ardido

Grão-esp :Grãos por espiga

Acam-qu :Acamamento/quebramento

Clorofila :Índice de clorofila

Lag-cart :Lagarta do cartuchoi

Alt-pl :Altura de plantas

Decliv :Classe de declividade

Tabela 9 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-10 cm, nos pontos avaliados na gleba Jordãozinho.

Ponto	pH - CaCl ₂	pH - SMP	Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ +Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	SB - soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	Valor T (CTC) (cmol _c dm ⁻³)
01	5,30	6,10	0,00	4,60	3,90	0,80	0,42	5,12	9,72
02	5,40	6,20	0,00	4,30	4,00	0,90	0,33	5,23	9,53
03	5,60	6,30	0,00	4,00	3,70	0,70	0,35	4,75	8,75
04	5,50	6,20	0,00	4,30	3,90	1,00	0,40	5,30	9,60
05	5,20	5,80	0,00	5,80	3,80	0,70	0,41	4,91	10,71
06	5,10	5,70	0,00	6,20	3,00	0,60	0,45	4,05	10,25
07	5,40	6,10	0,00	4,60	3,80	0,70	0,34	4,84	9,44
08	5,30	6,00	0,00	5,00	3,50	0,60	0,41	4,51	9,51
09	5,60	6,20	0,00	4,30	3,80	1,00	0,54	5,34	9,64
10	5,10	5,90	0,00	5,40	3,00	0,60	0,45	4,05	9,45
11	5,30	6,10	0,00	4,60	3,10	0,50	0,33	3,53	8,53
12	5,60	6,20	0,00	4,30	3,90	0,70	0,43	5,03	9,33
13	5,30	6,10	0,00	4,60	3,50	0,60	0,30	4,40	9,00
14	5,40	6,10	0,00	4,60	4,20	0,80	0,30	5,30	9,90
15	5,60	6,30	0,00	4,00	4,00	0,60	0,20	4,80	8,80
16	5,70	6,30	0,00	4,00	4,30	0,80	0,37	5,47	9,47
17	5,60	6,20	0,00	4,30	3,60	0,60	0,41	4,61	8,91
18	5,90	6,50	0,00	3,40	4,40	0,70	0,52	5,62	9,02
19	5,80	6,40	0,00	3,70	3,30	0,80	0,67	4,77	8,47
20	6,10	6,60	0,00	3,20	4,70	1,30	0,49	6,49	9,69
21	5,40	6,30	0,00	4,00	3,60	1,20	0,43	5,23	9,23
22	5,70	6,40	0,00	3,70	3,30	1,00	0,67	4,97	8,67
23	5,50	6,00	0,00	5,00	3,40	0,90	0,44	4,74	9,74
24	5,30	6,00	0,00	5,00	3,00	0,80	0,41	4,21	9,21
25	5,80	6,50	0,00	3,40	4,10	1,30	0,58	5,98	9,38
26	5,20	6,10	0,00	4,60	3,30	0,80	0,34	4,44	9,04
27	6,00	6,50	0,00	3,40	3,80	1,40	0,74	5,94	9,34
28	5,90	6,50	0,00	3,40	3,80	1,10	0,43	5,33	8,73
29	5,40	6,10	0,00	4,60	4,40	1,60	0,51	6,51	11,11
30	5,80	6,40	0,00	3,70	4,40	1,20	0,74	6,34	10,04
31	6,00	6,50	0,00	3,40	5,10	1,40	0,61	7,11	10,51
32	6,00	6,60	0,00	3,20	4,20	1,10	0,59	5,89	9,09
33	5,80	6,40	0,00	3,70	3,80	1,00	0,51	5,31	9,01
34	6,00	6,40	0,00	3,70	4,80	1,60	0,58	6,98	10,68
35	5,80	6,30	0,00	4,00	4,00	1,50	0,31	5,81	9,81
36	5,90	6,40	0,00	3,70	4,30	1,70	0,53	6,53	10,23
37	4,90	5,40	0,20	7,80	4,10	1,20	0,79	6,09	13,89
38	4,90	5,60	0,10	6,70	3,90	1,10	0,37	5,37	12,07
39	4,90	5,50	0,20	7,20	4,30	1,30	0,34	5,94	13,14
40	5,30	6,00	0,00	5,00	5,50	1,70	0,53	7,73	12,73

Tabela 9 - Continuação...

Ponto	P-Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	Carbono (g dm ⁻³)	V - Sat. Bases (%)	m - Sat. Al ³⁺ (%)	Rel. Ca/Mg	Rel. Ca/K	Rel. Mg/K	Sat. Ca (Ca/T)	Sat. Mg (Mg/T)	Sat. K (K/T)
01	5,7	28,7	53	0,0	4,90	9,29	1,90	0,40	0,08	0,04
02	11,5	31,7	55	0,0	4,40	12,12	2,73	0,42	0,09	0,03
03	13,3	28,1	54	0,0	5,30	10,57	2,00	0,42	0,08	0,04
04	10,8	32,3	55	0,0	3,90	9,75	2,50	0,41	0,10	0,04
05	12,5	33,5	46	0,0	5,40	9,27	1,71	0,35	0,07	0,04
06	19,1	32,9	40	0,0	5,00	6,67	1,33	0,29	0,06	0,04
07	11,5	32,3	51	0,0	5,40	11,18	2,06	0,40	0,07	0,04
08	8,5	32,3	47	0,0	5,80	8,54	1,46	0,37	0,06	0,04
09	9,7	30,5	55	0,0	3,80	7,04	1,85	0,39	0,10	0,06
10	9,1	30,5	43	0,0	5,00	6,67	1,33	0,32	0,06	0,05
11	7,9	29,3	46	0,0	6,20	9,39	1,52	0,36	0,06	0,04
12	9,1	35,3	54	0,0	5,60	9,07	1,63	0,42	0,08	0,05
13	7,3	32,3	49	0,0	5,80	11,67	2,00	0,39	0,07	0,03
14	8,5	32,3	54	0,0	5,30	14,00	2,67	0,42	0,08	0,03
15	10,8	30,5	55	0,0	6,70	20,00	3,00	0,45	0,07	0,02
16	8,2	30,5	58	0,0	5,40	11,62	2,16	0,45	0,08	0,04
17	6,0	27,5	52	0,0	6,00	8,78	1,46	0,40	0,07	0,05
18	7,3	34,1	62	0,0	6,30	8,46	1,35	0,49	0,08	0,06
19	8,8	30,5	56	0,0	4,10	4,93	1,19	0,39	0,09	0,08
20	10,1	32,3	67	0,0	3,60	9,59	2,65	0,49	0,13	0,05
21	10,1	31,7	57	0,0	3,00	8,37	2,79	0,39	0,13	0,05
22	24,7	32,3	57	0,0	3,30	4,93	1,49	0,38	0,12	0,08
23	8,0	31,7	49	0,0	3,80	7,73	2,05	0,35	0,09	0,05
24	8,0	30,5	46	0,0	3,80	7,32	1,95	0,33	0,09	0,04
25	8,5	29,3	64	0,0	3,20	7,07	2,24	0,44	0,14	0,06
26	9,1	28,1	49	0,0	4,10	9,71	2,35	0,37	0,09	0,04
27	9,3	31,1	64	0,0	2,70	5,14	1,89	0,41	0,15	0,08
28	8,8	32,3	61	0,0	3,50	8,84	2,56	0,44	0,13	0,05
29	9,8	35,3	59	0,0	2,80	8,63	3,14	0,40	0,14	0,05
30	17,1	35,3	63	0,0	3,70	5,95	1,62	0,44	0,12	0,07
31	25,1	34,1	68	0,0	3,60	8,36	2,30	0,49	0,13	0,06
32	15,3	28,7	65	0,0	3,80	7,12	1,86	0,46	0,12	0,06
33	9,5	29,3	59	0,0	3,80	7,45	1,96	0,42	0,11	0,06
34	15,8	29,3	65	0,0	3,00	8,28	2,76	0,45	0,15	0,05
35	6,8	29,3	59	0,0	2,70	12,90	4,84	0,41	0,15	0,03
36	15,8	31,7	64	0,0	2,50	8,11	3,21	0,42	0,17	0,05
37	10,4	39,5	44	3,0	3,40	5,19	1,52	0,30	0,09	0,06
38	8,5	36,5	44	2,0	3,50	10,54	2,97	0,32	0,09	0,03
39	12,5	34,7	45	3,0	3,30	12,65	3,82	0,33	0,10	0,03
40	14,1	35,9	61	0,0	3,20	10,38	3,21	0,43	0,13	0,04

Tabela 9 - Continuação...

Ponto	Areia grossa (g kg ⁻¹)	Areia fina (g kg ⁻¹)	Areia total (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Profund. Efetiva (cm)
01	72	14	85	115	800	100
02	48	10	57	181	763	50
03	66	14	80	121	800	100
04	59	11	69	131	800	100
05	69	12	81	132	788	100
06	61	14	74	226	700	100
07	72	10	82	219	700	100
08	56	12	68	182	750	100
09	53	11	63	237	700	100
10	39	11	49	239	713	100
11	50	12	61	189	750	100
12	49	11	59	216	725	100
13	55	15	70	218	713	100
14	56	17	72	228	700	60
15	83	16	99	202	700	70
16	54	14	68	220	713	100
17	47	14	61	285	655	90
18	80	23	102	361	538	40
19	34	16	50	251	700	100
20	52	20	71	204	725	100
21	49	14	63	225	713	100
22	105	35	139	261	600	40
23	47	16	62	201	738	100
24	45	13	58	218	725	95
25	51	12	63	188	750	100
26	46	11	56	219	725	100
27	57	15	71	179	750	100
28	40	16	55	245	700	100
29	41	15	56	220	725	100
30	25	19	44	207	750	100
31	76	14	90	310	600	30
32	67	14	80	220	700	10
33	58	11	68	182	750	65
34	72	14	86	165	750	100
35	51	10	61	215	725	95
36	76	16	92	184	725	100
37	43	0	43	233	725	100
38	30	6	36	289	675	100
39	34	9	43	207	750	100
40	27	8	35	240	725	95

Tabela 10 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-20 cm, nos pontos avaliados na gleba Jordãozinho.

Ponto	pH - CaCl ₂	pH - SMP	Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ +Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	SB - soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	Valor T (CTC) (cmol _c dm ⁻³)
01	6,10	0,00	0,00	4,60	3,65	0,75	0,30	4,70	9,30
02	6,10	0,00	0,00	4,65	3,60	0,70	0,20	4,50	9,15
03	6,25	0,00	0,00	4,15	3,50	0,55	0,22	4,27	8,42
04	6,10	0,00	0,00	4,65	3,35	0,65	0,25	4,25	8,90
05	5,65	0,10	0,10	6,50	3,45	0,60	0,28	4,33	10,83
06	5,55	0,10	0,10	7,00	2,90	0,50	0,32	3,62	10,62
07	5,90	0,05	0,05	5,40	3,40	0,60	0,22	4,22	9,62
08	5,90	0,05	0,05	5,40	3,30	0,45	0,26	4,01	9,41
09	6,20	0,00	0,00	4,30	3,65	0,90	0,36	4,91	9,21
10	5,75	0,05	0,05	6,05	2,90	0,60	0,30	3,80	9,85
11	6,00	0,00	0,00	5,00	3,15	0,45	0,22	3,62	8,82
12	6,10	0,00	0,00	4,65	3,60	0,60	0,29	4,49	9,14
13	6,10	0,00	0,00	4,60	3,60	0,70	0,19	4,49	9,09
14	6,00	0,00	0,00	5,00	4,00	0,60	0,20	4,80	9,80
15	6,15	0,00	0,00	4,50	3,65	0,55	0,13	4,33	8,83
16	6,10	0,05	0,05	4,70	3,75	0,65	0,23	4,63	9,33
17	6,10	0,00	0,00	4,65	3,30	0,50	0,27	4,07	8,72
18	6,45	0,00	0,00	3,55	4,55	0,65	0,32	5,52	9,07
19	6,40	0,00	0,00	3,70	3,15	0,80	0,49	4,44	8,14
20	6,40	0,00	0,00	3,75	4,10	1,05	0,32	5,47	9,22
21	6,20	0,00	0,00	4,30	3,65	1,10	0,28	5,03	9,33
22	6,20	0,00	0,00	4,35	3,10	0,90	0,49	4,49	8,84
23	6,00	0,00	0,00	5,00	3,25	0,85	0,29	4,39	9,39
24	6,00	0,00	0,00	5,00	3,05	0,85	0,29	4,19	9,19
25	6,50	0,00	0,00	3,40	3,80	1,35	0,42	5,57	8,97
26	6,15	0,00	0,00	4,45	3,00	0,80	0,23	4,03	8,48
27	6,45	0,00	0,00	3,55	3,80	1,30	0,57	5,67	9,22
28	6,40	0,00	0,00	3,70	4,25	1,30	0,36	5,91	9,61
29	5,95	0,00	0,00	5,20	5,10	1,85	0,34	7,29	12,49
30	6,20	0,00	0,00	4,35	4,35	1,15	0,53	6,03	10,38
31	6,35	0,00	0,00	3,85	4,55	1,20	0,41	6,16	10,01
32	6,50	0,00	0,00	3,45	3,75	1,00	0,43	5,18	8,63
33	6,40	0,00	0,00	3,70	3,45	0,90	0,38	4,73	8,43
34	6,40	0,00	0,00	3,70	4,30	1,45	0,46	6,21	9,91
35	6,35	0,00	0,00	3,85	3,80	1,25	0,22	5,27	9,12
36	6,40	0,00	0,00	3,70	4,00	1,35	0,40	5,75	9,45
37	5,20	0,65	0,65	9,15	2,90	0,90	0,59	4,39	13,54
38	5,50	0,25	0,25	7,25	3,25	1,05	0,25	4,55	11,80
39	5,40	0,40	0,40	7,80	3,30	0,95	0,22	4,47	12,27
40	5,90	0,00	0,00	5,40	4,55	1,60	0,37	6,52	11,92

Tabela 10 - Continuação...

Ponto	P-Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	Carbono (g dm ⁻³)	V - Sat. Bases (%)	m - Sat. Al ³⁺ (%)	Rel. Ca/Mg	Rel. Ca/K	Rel. Mg/K	Sat. Ca (Ca/T)	Sat. Mg (Mg/T)	Sat. K (K/T)
01	4,3	27,8	51	0,0	4,87	12,17	2,50	0,39	0,08	0,03
02	8,4	28,7	49	0,0	5,14	18,00	3,50	0,39	0,08	0,02
03	10,2	25,7	51	0,0	6,36	15,91	2,50	0,42	0,07	0,03
04	8,1	26,9	47	0,0	5,15	13,67	2,65	0,38	0,07	0,03
05	10,5	31,4	40	0,0	5,75	12,55	2,18	0,32	0,06	0,03
06	15,0	30,8	35	0,0	5,80	9,06	1,56	0,27	0,05	0,03
07	8,6	28,7	44	0,0	5,67	15,45	2,73	0,35	0,06	0,02
08	6,7	28,7	43	0,0	7,33	12,69	1,73	0,35	0,05	0,03
09	7,7	28,1	53	0,0	4,06	10,14	2,50	0,40	0,10	0,04
10	7,0	28,7	39	0,0	4,83	9,67	2,00	0,29	0,06	0,03
11	6,4	28,1	44	0,0	7,00	14,65	2,09	0,36	0,05	0,02
12	7,4	29,9	49	0,0	6,00	12,63	2,11	0,39	0,07	0,03
13	6,0	29,0	50	0,0	5,14	18,95	3,68	0,40	0,08	0,02
14	6,5	29,0	49	0,0	6,67	20,00	3,00	0,41	0,06	0,02
15	8,9	26,3	50	0,0	6,64	28,08	4,23	0,41	0,06	0,01
16	6,2	29,0	50	0,0	5,77	16,67	2,89	0,40	0,07	0,02
17	4,9	25,1	47	0,0	6,60	12,22	1,85	0,38	0,06	0,03
18	5,5	29,0	61	0,0	7,00	14,22	2,03	0,50	0,07	0,04
19	6,5	26,3	55	14,5	3,94	6,49	1,65	0,39	0,10	0,06
20	7,9	28,4	59	5,0	3,90	13,02	3,33	0,44	0,11	0,03
21	12,3	29,3	54	8,5	3,32	13,27	4,00	0,39	0,12	0,03
22	16,9	28,1	51	0,0	3,44	6,39	1,86	0,35	0,10	0,06
23	5,8	29,0	47	0,0	3,82	11,21	2,93	0,35	0,09	0,03
24	6,1	28,7	46	0,0	3,59	10,70	2,98	0,33	0,09	0,03
25	6,4	26,3	62	0,0	2,81	9,16	3,25	0,42	0,15	0,05
26	6,5	26,3	48	0,0	3,75	13,33	3,56	0,35	0,09	0,03
27	7,0	29,9	62	0,0	2,92	6,73	2,30	0,41	0,14	0,06
28	6,5	27,8	62	0,0	3,27	11,97	3,66	0,44	0,14	0,04
29	7,9	32,9	59	0,0	2,76	15,00	5,44	0,41	0,15	0,03
30	13,0	32,3	58	0,0	3,78	8,21	2,17	0,42	0,11	0,05
31	16,8	30,2	62	0,0	3,79	11,10	2,93	0,45	0,12	0,04
32	10,3	26,0	60	0,0	3,75	8,82	2,35	0,43	0,12	0,05
33	6,7	25,7	56	0,0	3,83	9,20	2,40	0,41	0,11	0,05
34	10,2	26,0	63	0,0	2,97	9,35	3,15	0,43	0,15	0,05
35	5,9	25,1	58	0,0	3,04	17,67	5,81	0,42	0,14	0,02
36	11,0	26,0	61	0,0	2,96	10,00	3,38	0,42	0,14	0,04
37	7,9	34,4	32	1,5	3,22	4,92	1,53	0,21	0,07	0,04
38	7,1	33,8	38	1,0	3,10	13,00	4,20	0,28	0,09	0,02
39	9,5	34,4	36	1,5	3,47	15,00	4,32	0,27	0,08	0,02
40	10,6	33,2	55	0,0	2,84	12,30	4,32	0,38	0,13	0,03

Tabela 10 - Continuação...

Ponto	Areia grossa (g kg ⁻¹)	Areia fina (g kg ⁻¹)	Areia total (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Profund. Efetiva (cm)
01	67	15	82	144	775	100
02	44	9	53	203	744	50
03	66	14	80	120	800	100
04	58	12	70	131	800	100
05	62	12	75	119	806	100
06	61	12	73	190	738	100
07	74	11	85	190	725	100
08	53	10	64	174	763	100
09	50	10	59	191	750	100
10	38	9	47	209	744	100
11	50	8	58	180	763	100
12	48	10	58	204	738	100
13	56	15	71	198	731	100
14	54	13	67	221	713	60
15	80	13	94	207	700	70
16	53	12	65	279	656	100
17	45	11	56	342	603	90
18	81	18	99	357	544	40
19	40	14	54	346	600	100
20	55	17	72	241	688	100
21	48	13	61	258	681	100
22	99	25	124	301	575	40
23	52	14	66	241	694	100
24	46	11	57	281	663	95
25	52	11	63	275	663	100
26	50	10	60	303	638	100
27	58	13	71	267	663	100
28	47	16	63	324	613	100
29	46	21	67	296	638	100
30	31	15	46	304	650	100
31	79	16	95	343	563	30
32	76	15	91	309	600	10
33	58	11	69	281	650	65
34	75	13	88	287	625	100
35	52	10	62	288	650	95
36	74	18	92	271	638	100
37	40	4	44	293	663	100
38	34	7	41	322	638	100
39	33	5	38	275	688	100
40	26	10	36	327	638	95

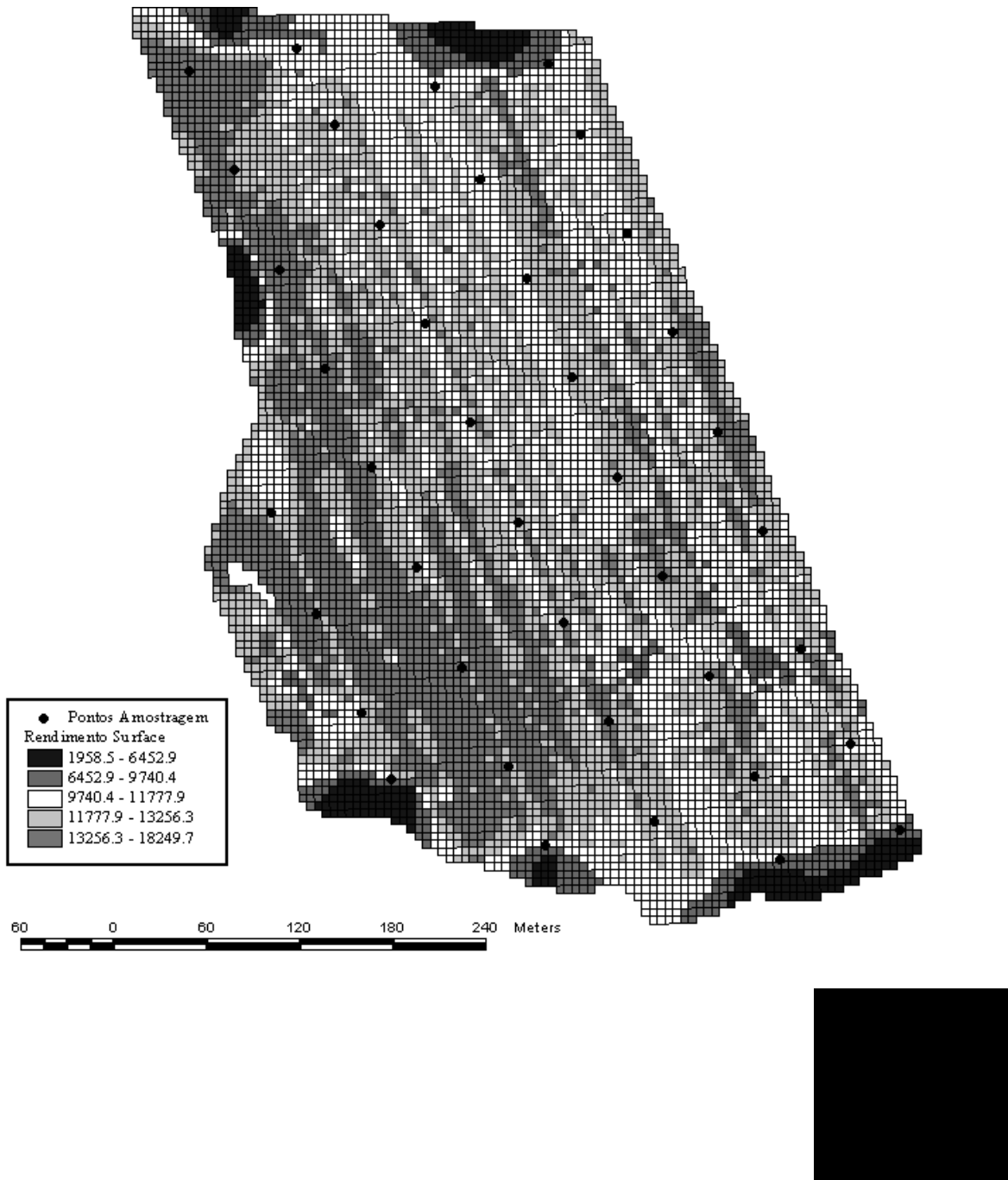


Figura 10a – Mapa dos dados de produtividade filtrados da gleba Jordãozinho (kg ha⁻¹)



Figura 10b – Mapa dos dados de produtividade filtrados e transformado em 35 m em torno dos pontos de coleta da gleba Jordãozinho (kg ha⁻¹).

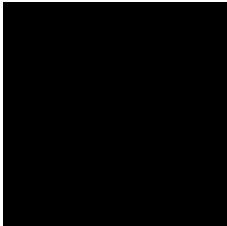
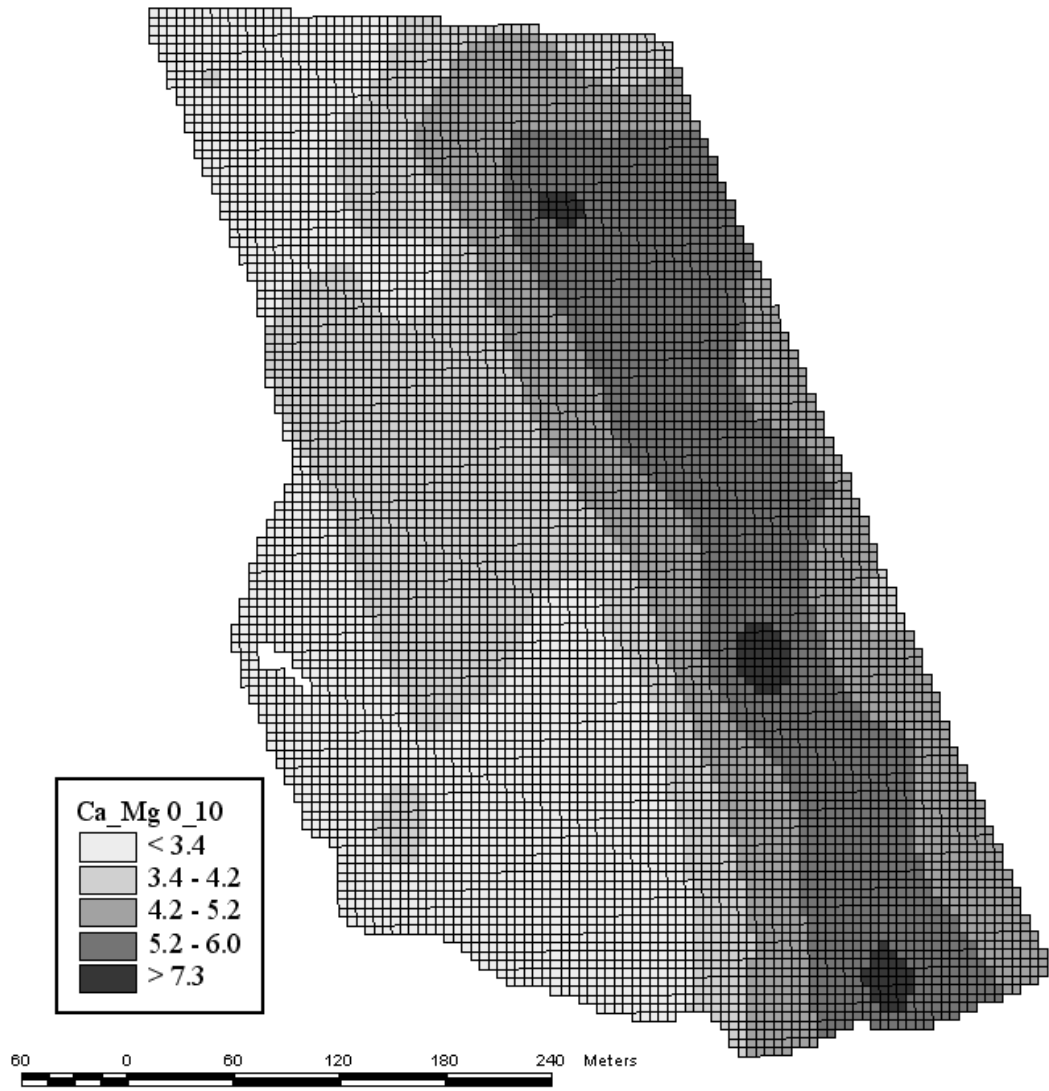


Figura 10c – Mapa da relação Ca : Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm.

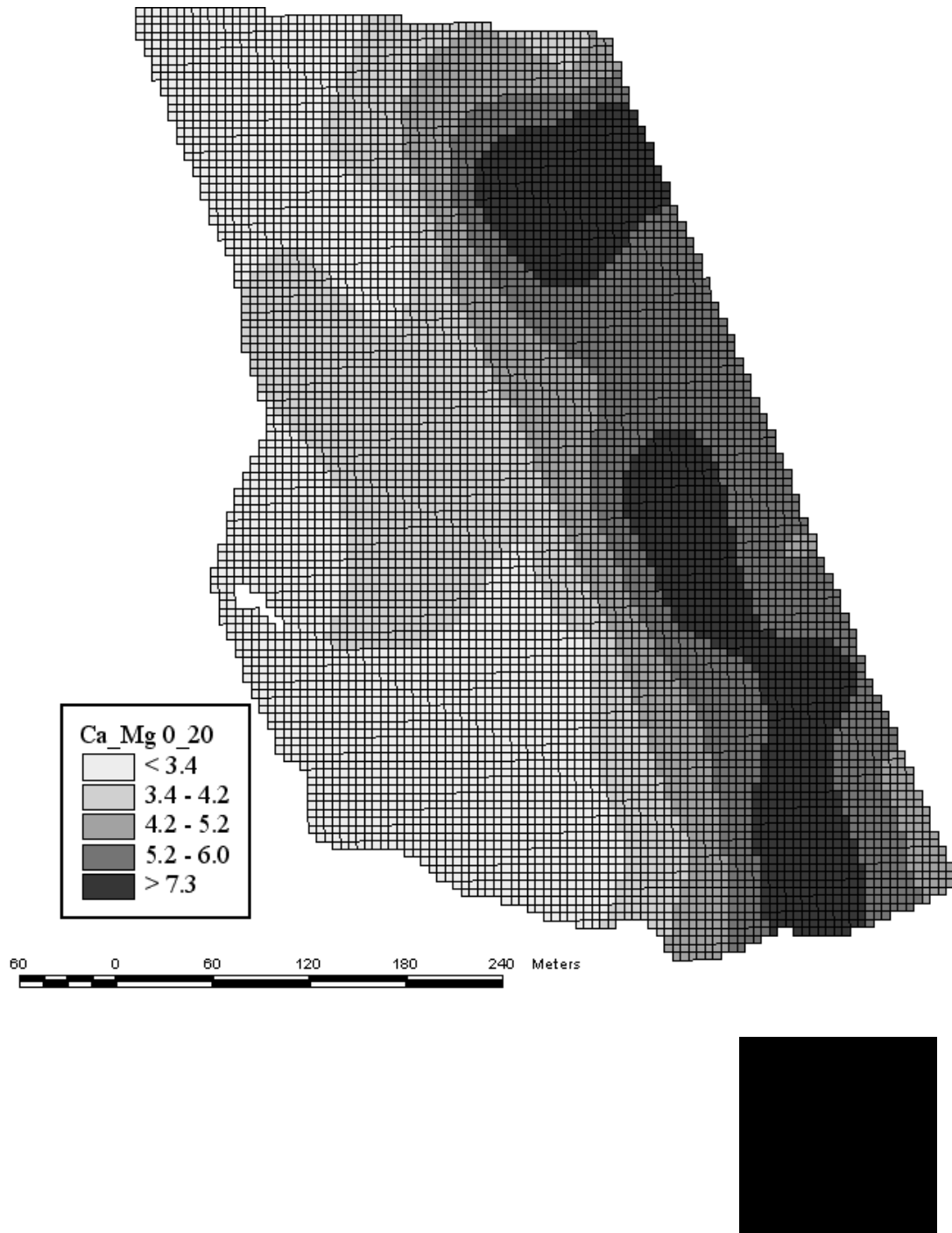


Figura 10d – Mapa da relação Ca : Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm.



Figura 10e – Mapa da relação Mg : K da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm.

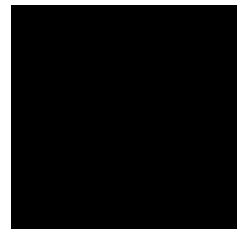


Figura 10f – Mapa da relação Mg : K da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm.

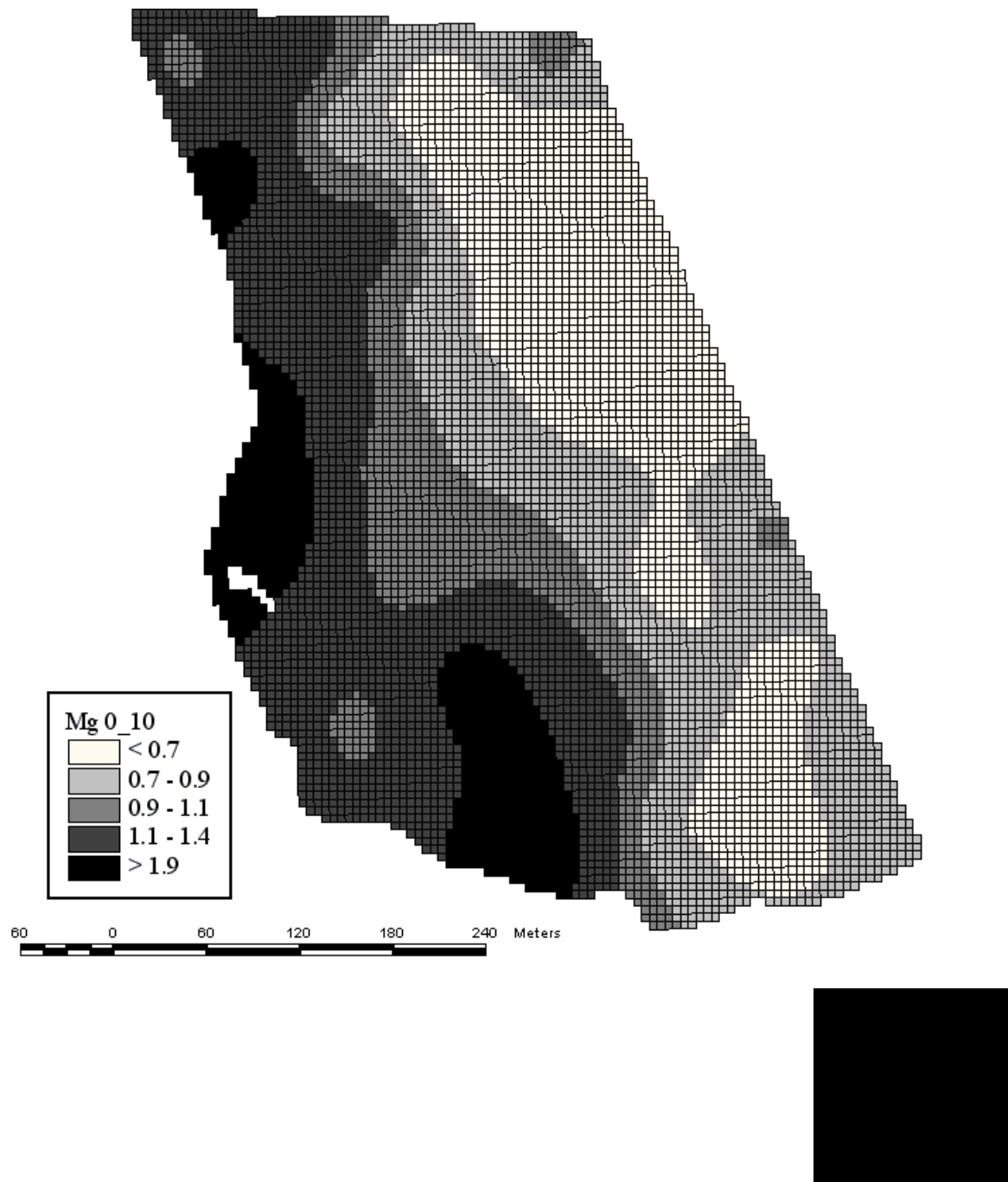


Figura 10f – Mapa da concentração Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

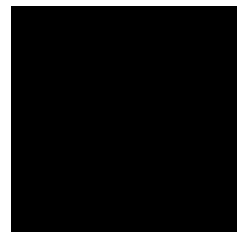
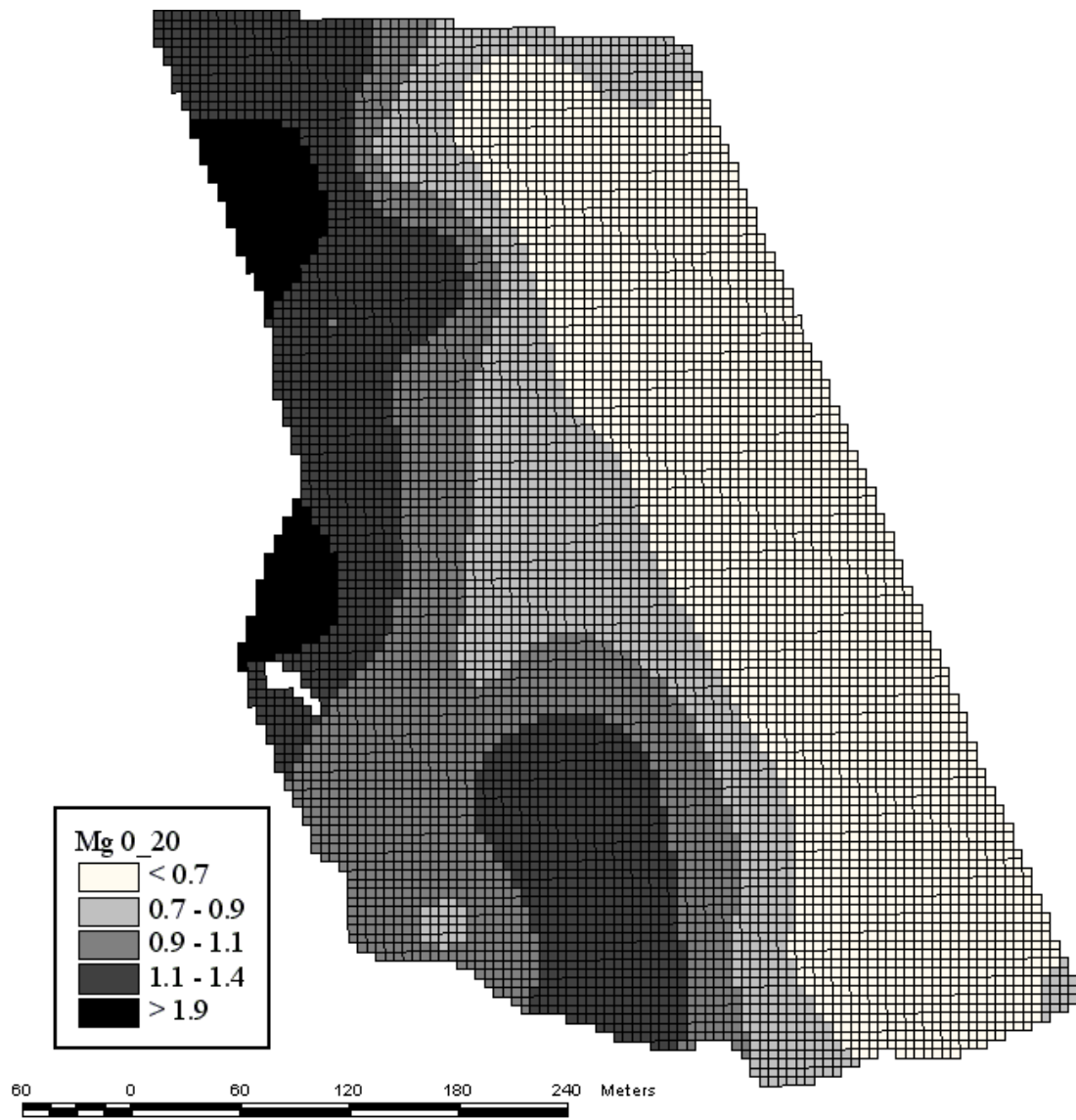


Figura 10h – Mapa da concentração de Mg da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm (cmol_c dm⁻³).

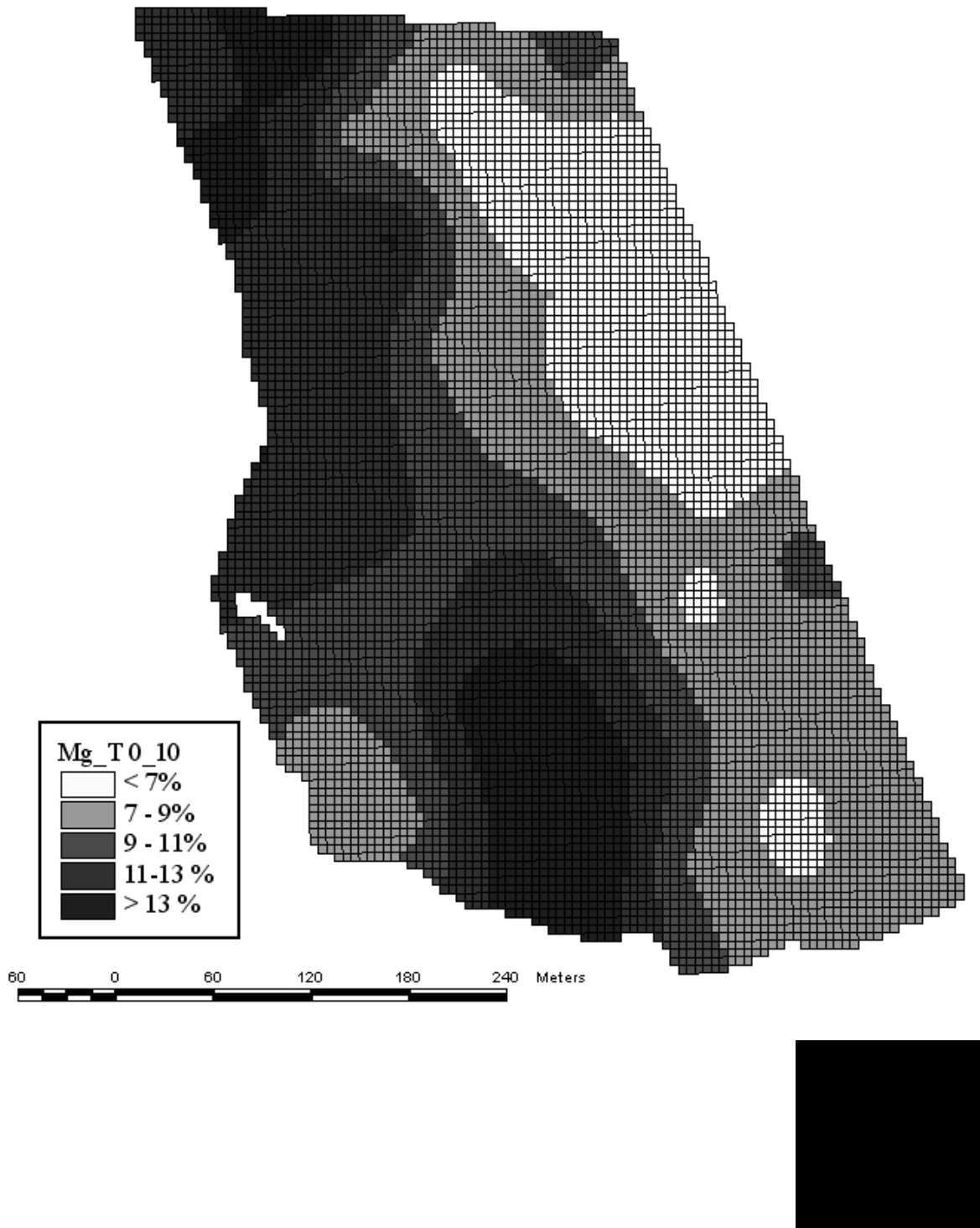


Figura 10i – Mapa da saturação de Mg em T da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm (%).

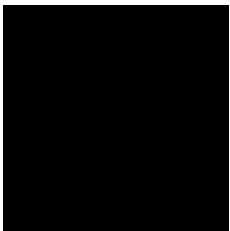
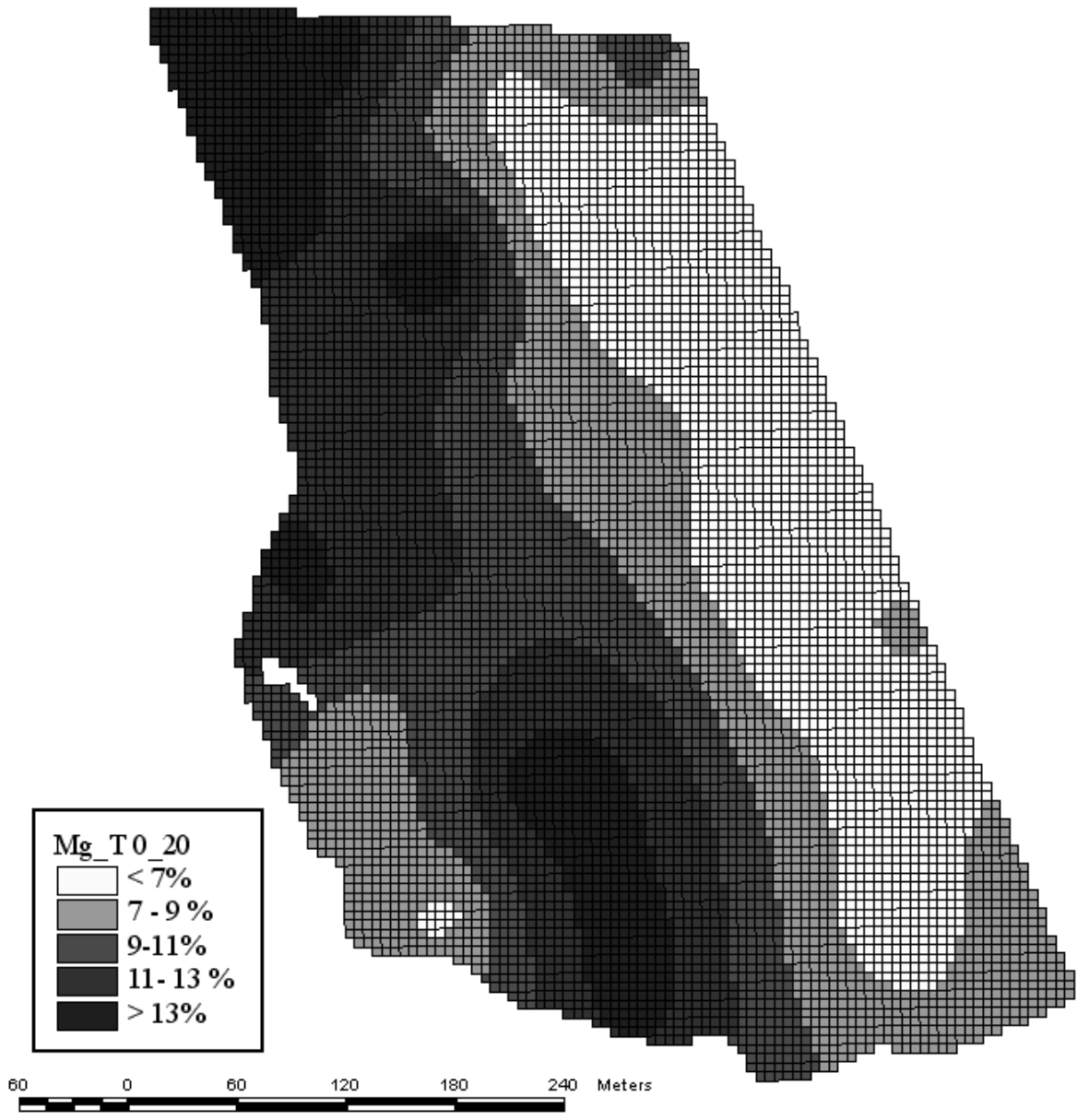


Figura 10j – Mapa da saturação de Mg em T da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm (%).

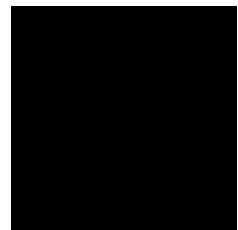
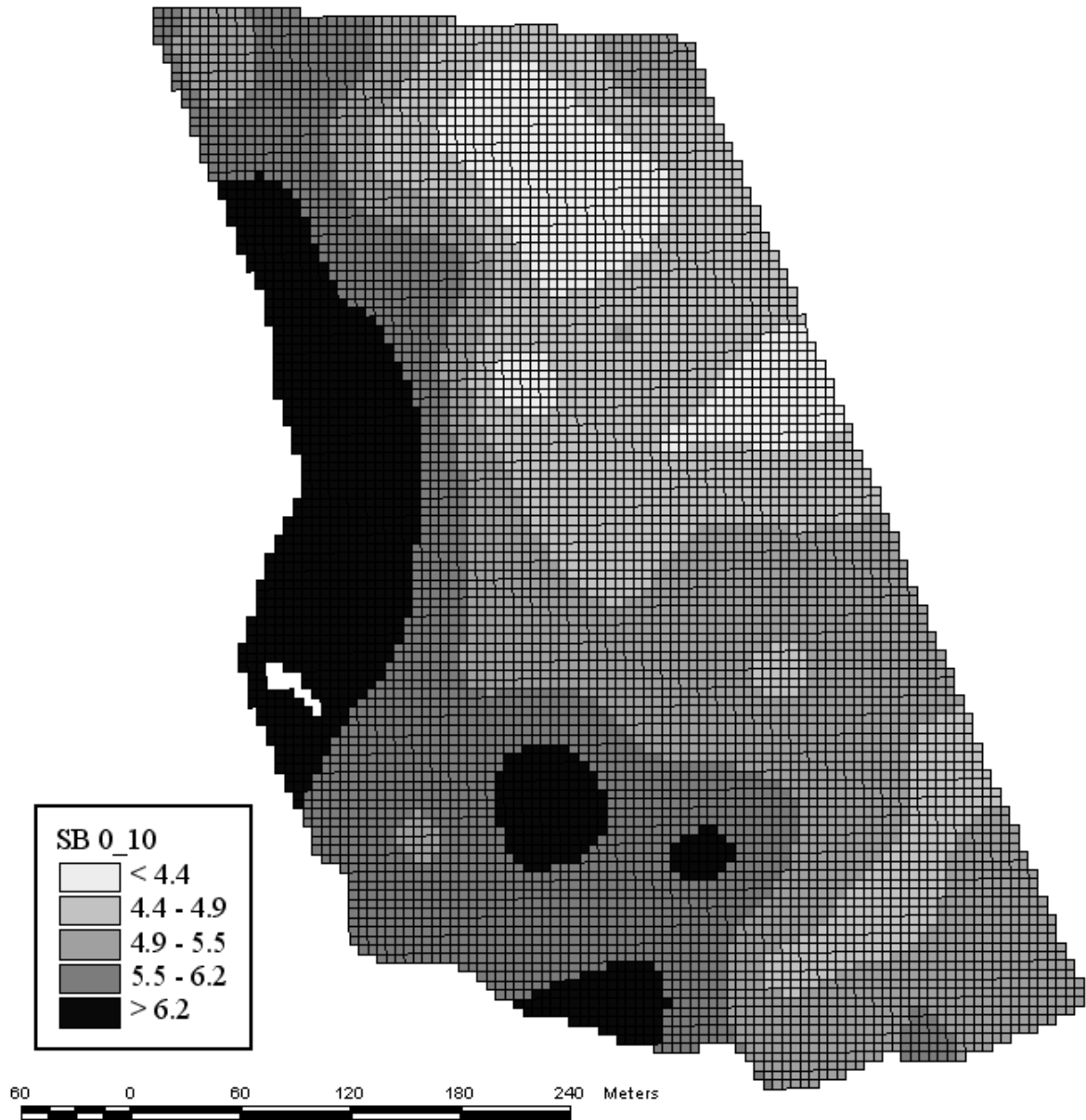


Figura 10k – Mapa da soma de bases da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

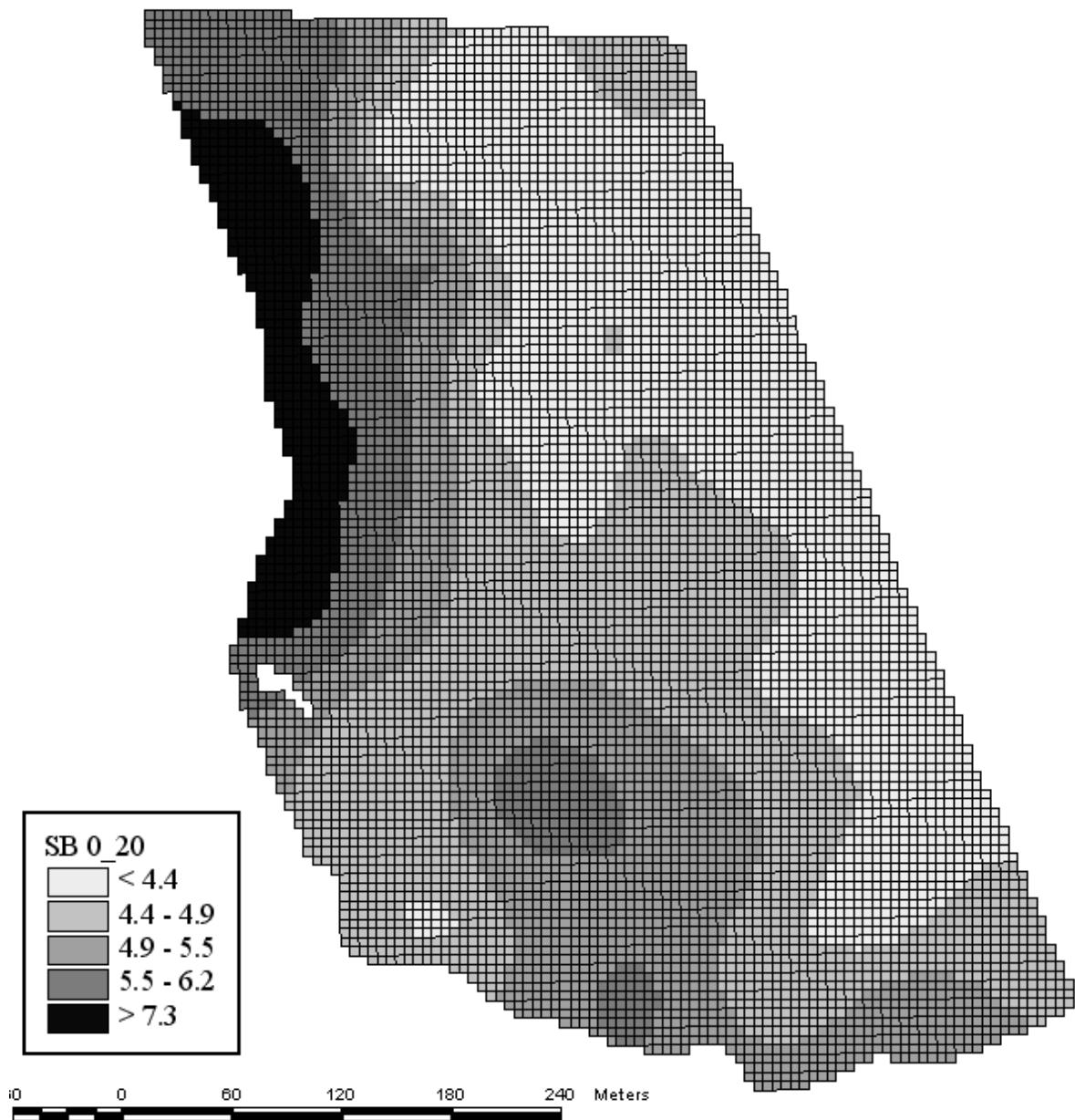


Figura 10I – Mapa da soma de bases da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

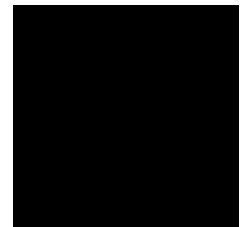
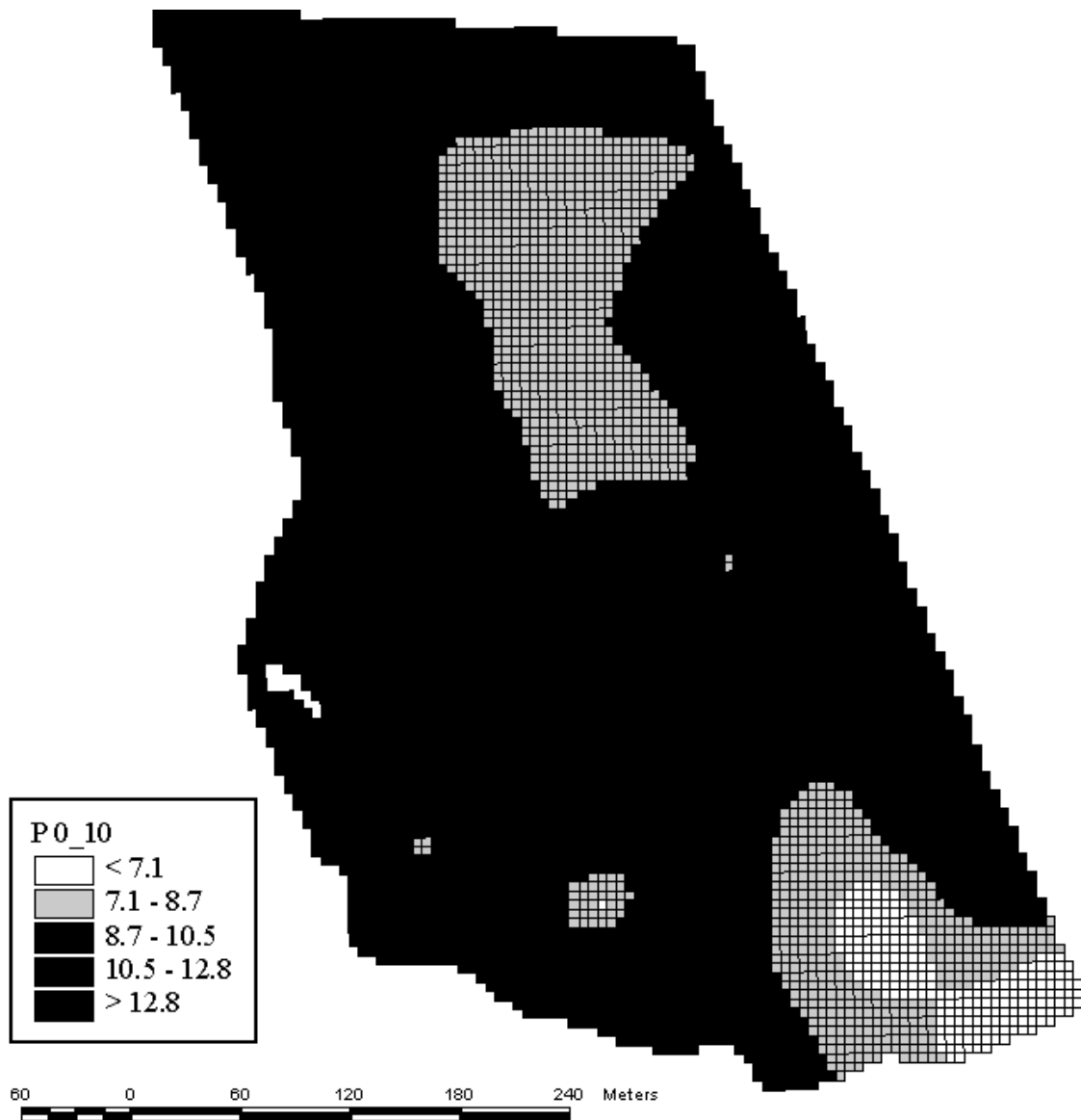


Figura 10m – Mapa da concentração de P da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-10 cm (mg dm^{-3}).

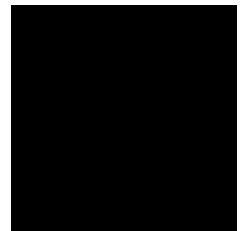
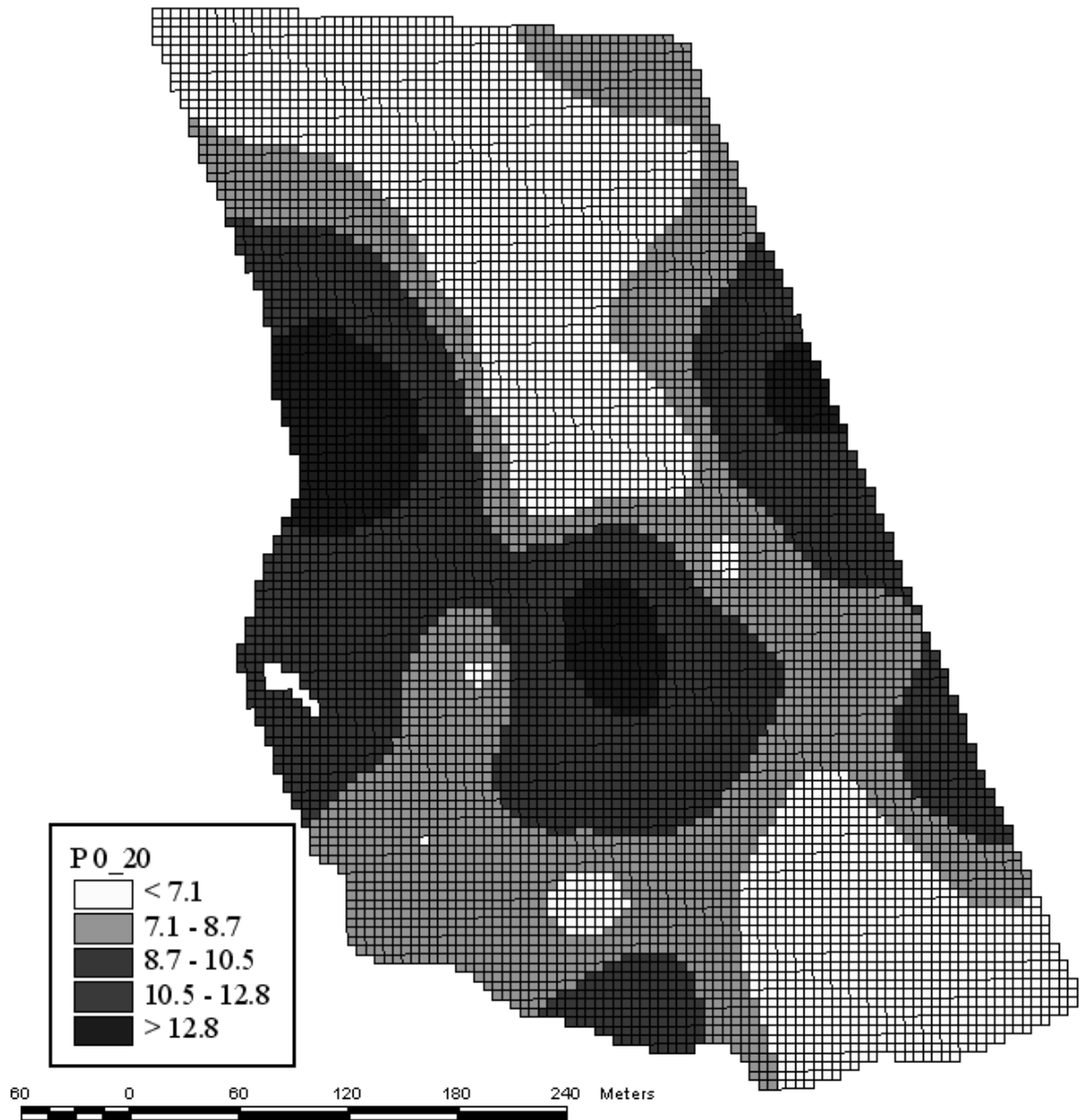


Figura 10n – Mapa da concentração de P da gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem 0-20 cm (mg dm⁻³).

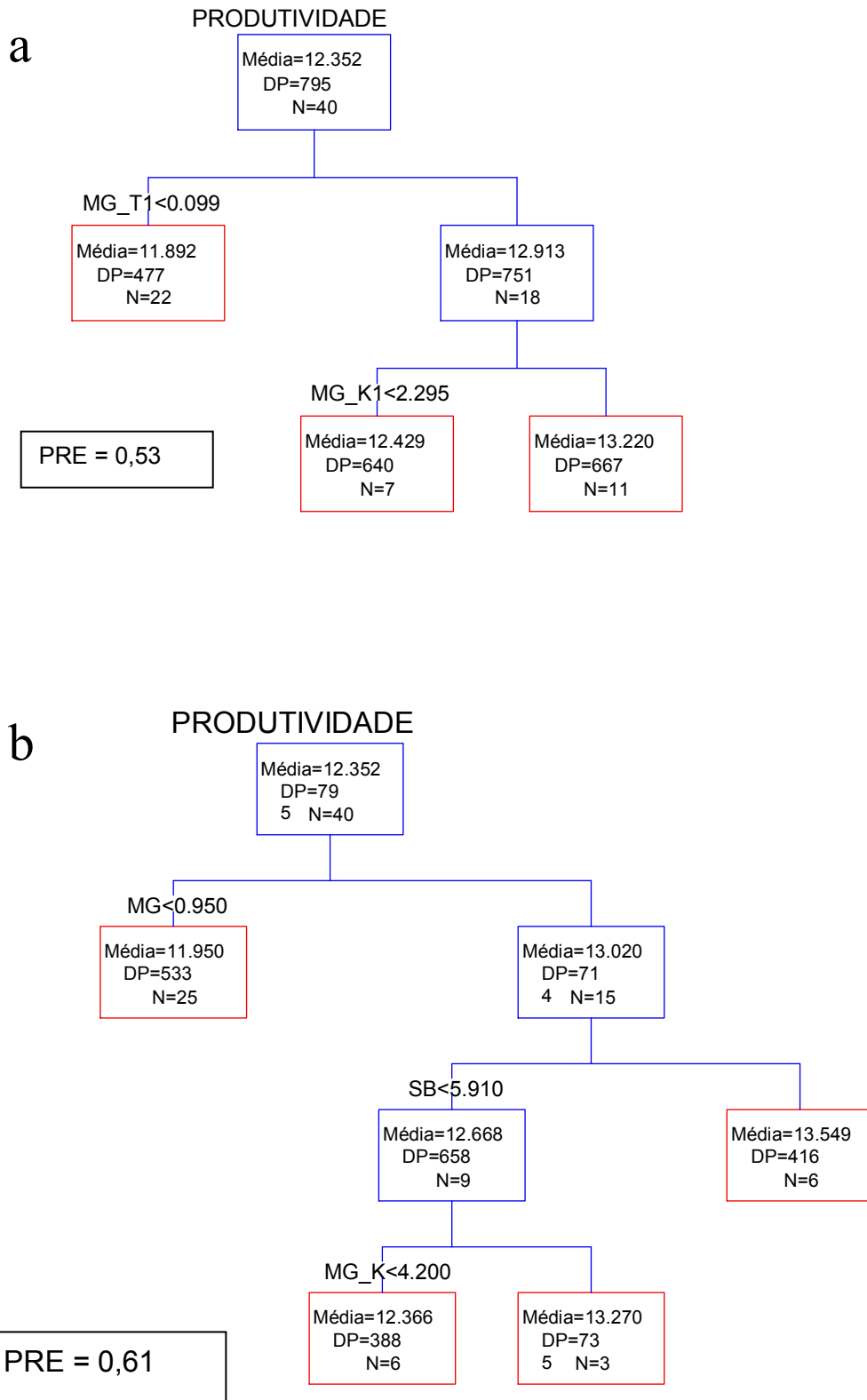


Figura 11 – Árvore de regressão da gleba Jordãozinho, para as camadas de 0-10 (a) e 0-20 (b). Produtividade (kg ha⁻¹); DP – desvio padrão (kg ha⁻¹); N-número de pontos.

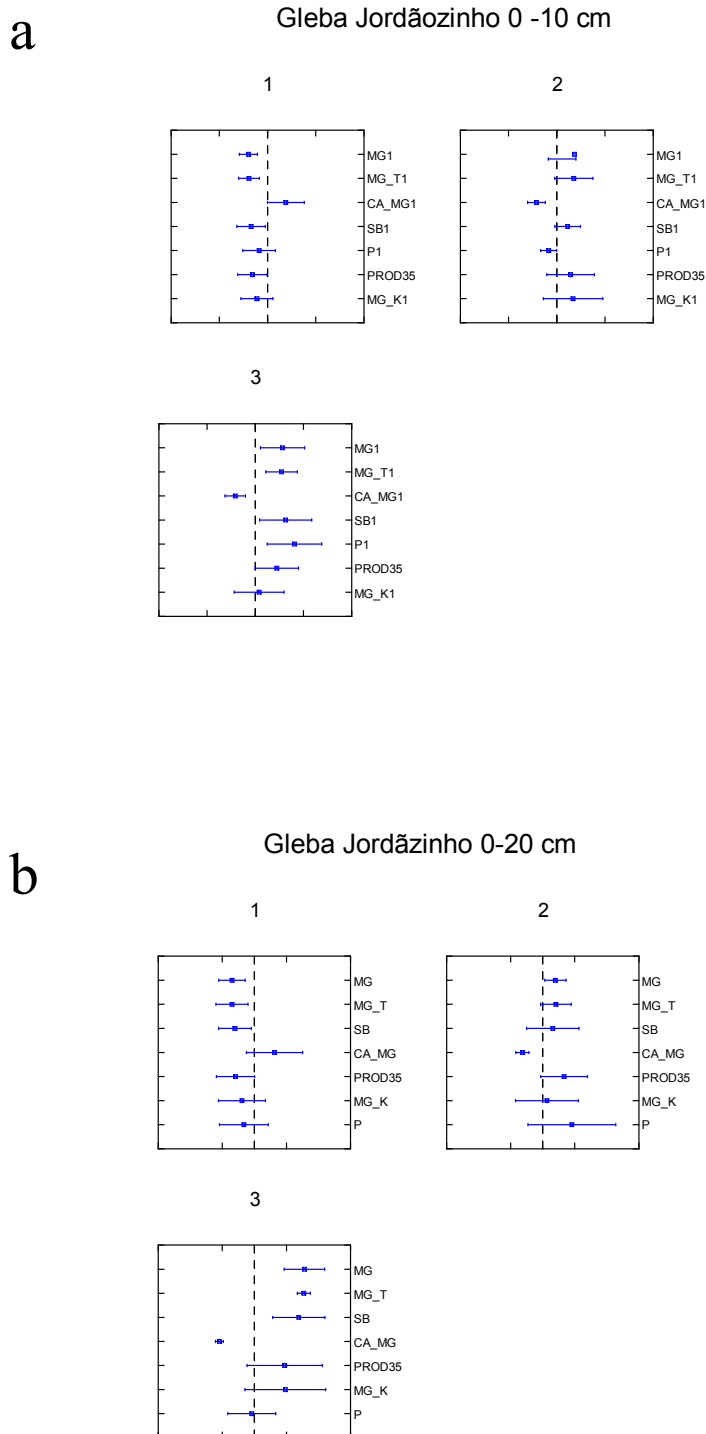


Figura 12 – Grupamentos homogêneos gerados pela proximidade Euclidiana entre os valores padronizados dos atributos selecionados, através do método K-means, gleba Jordãozinho na profundidade de amostragem de 0-10 (a) e 0-20 cm (b). A linha tracejada indica a média dos atributos e as linhas horizontais representam sua amplitude.

5.4. Gleba Santa Cruz

5.4.1. Atributos de planta e de cultivo

Quando as variáveis ligadas a planta e cultivo foram submetidas à análise exploratória de correlação Spearman, somente o índice de clorofila apresentou correlação superior a 0,40 ($r = 0,42$) com a produtividade de grãos (Tabelas 11 e 12). Considerando que segundo trabalhos desenvolvidos por ARGENTA *et al.* (2001) e FRANCIS & PIEKIELEK (2007) a leitura obtida pelo clorofilômetro tem relação direta e positiva com os teores clorofila e nitrogênio na planta, desde que observada a leitura a partir do estágio fenológico de V-8, esta correlação é um forte indicativo de que a aplicação de N foi importante fonte de variação da produtividade na área estudada.

Apesar de não estarem relacionadas com a produtividade de grãos aparecem também, com tendência significativa as relações entre: número de grãos por espiga e espigas com grãos ardidos ($r = -0,60$); leitura do clorofilômetro e espigas com grãos ardidos ($r = -0,48$); e altura de plantas e leitura no clorofilômetro (Tabelas 11 e 12). Estas relações indicam a importância que a fisiologia vegetal e as interações da planta com pragas e doenças assumiram na produtividade na gleba.

Analisando a relação do número de grãos por espiga com a quantidade de grãos ardidos é importante resgatar a informação do ataque da lagarta do cartucho. A avaliação mostrou que em média 50% das plantas no estágio V-10 evidenciavam ataque da praga (Tabela 5), ou seja, um nível de ataque que já requer medidas de controle. Apesar da aplicação de inseticida, a prática não se mostrou eficaz, as pragas continuaram na área e nova geração se formou próxima do florescimento. Como o inseto também é capaz de danificar a espiga e abrir pontos de entrada de doenças na palha, o resultado da infestação da praga foi a redução do número de grãos por espiga e aumento na quantidade de espigas com grãos ardidos.

Outros fatores também demonstrados foram as relações negativa da leitura do clorofilômetro com a quantidade de espigas com grãos ardidos; e positiva da leitura do clorofilômetro com a altura de plantas; estas correlações estão ligadas a

fotossíntese e a produção de energia da planta, seja para o crescimento e desenvolvimento, seja para a produção de compostos orgânicos que inibem a infecção por patógenos.

Outros fatores ligados a fisiologia vegetal e interação da planta com agentes biológicos que na análise de correlação apresentaram valores próximos ao limite de $r = 0,40$ com a produtividade foram a quantidade de plantas acamadas ou quebradas, com valor de $r = -0,35$; e a altura de plantas, com coeficiente de correlação de $r = 0,39$. A quantidade de plantas acamadas ou quebradas reflete tanto a incidência de doenças de colmo como *Fusarium* e *Diplodia* como também possíveis desequilíbrios nutricionais, especialmente K, por isso sua correlação negativa com a produtividade. Já a altura de planta apresentou índice de relação positivo com a produtividade, pois segundo FANCELLI & DOURADO (2000) esta medida está indiretamente relacionada com o índice de área foliar e este relacionado com a produtividade da cultura.

5.4.2. Atributos químicos e físicos de solo

A análise de correlação de Spearman entre a produtividade de grãos e os atributos químicos e físicos do solo evidenciou correlações superiores a 0,40, para a camada de 0-10 cm, entre produtividade e teor de carbono (C) ($r = 0,49$). Porém, muito próximo do limite de 0,40 ficaram os atributos Ca ($r = 0,39$) e T ($r = 0,39$) (Tabela 11). Na profundidade de amostragem de 0-20 cm os fatores com maior correlação foram na seguinte ordem: C ($r = 0,48$), T ($r = 0,43$) e relação Ca/Mg ($r = 0,41$) (Tabela 12). Os resultados para ambas as profundidades apontam para o teor do carbono no solo (C) como importante fonte de variação da produtividade. Se considerada a relação do carbono com a matéria orgânica e desta com o fornecimento de N para as plantas, considerando também que na análise dos atributos de planta a leitura do clorofilômetro também apresentou correlação positiva para a produtividade, a análise estatística aponta para o fornecimento de N como uma possível causa da variabilidade.

O mapa de produtividade (Figura 13a) mostra locais de produtividade maior e menor alternados por toda a extensão da gleba. Estes estão possivelmente relacionados com vias de drenagem e áreas erodidas. Neste mapa fica claro uma região de baixa produtividade situada no canto superior direito (NE) e uma região de produtividade maior ao longo da divisa sul da área. Observando os demais mapas

(Figuras 13c, 13d, 13e, 13f, e 13g), nota-se que os atributos relacionados com a produtividade mostram comportamento semelhante ao da colheita.

Realizando a análise de árvores de regressão (Figuras 14a e 14b) para os fatores acima selecionados pela correlação de Spearman com índice de 0,4, verificou-se que para a camada de 0-10 cm o carbono explicou 29 % da variabilidade no primeiro nodo, cabendo a leitura do clorofilômetro distribuída nos demais nodos da árvore responder por outros 34 % da variabilidade, estes somados a do C explicaram 63 % (PRE=0,63) da variabilidade espacial da produtividade nesta análise. No caso da amostragem de 0-20 cm, a variável com maior influência foi a relação Ca/Mg, explicando 33% da variabilidade, que na seqüência de influência foi somado ao C explicando 44%, ao valor T aumentando para 56% e terminando com o clorofilômetro em dois nodos completando a explicação em 71% da variabilidade da produtividade (RPE=0,71). Os valores de explicação obtidos nas duas profundidades de amostragens são considerados como muito bons pois explicam a maioria da variação espacial da produtividade.

A árvore de regressão para a amostragem de 0-10 cm mostra o teor de carbono (C) como principal fonte de variação, criando um valor de separação para as classes de $35,3 \text{ g dm}^{-3}$, com diferença de produtividade entre as classes de 1.333 kg ha^{-1} . Os demais nodos da análise encontram valores de separação na leitura do clorofilômetro para o ramo da esquerda, o segundo nodo com 45,63 e diferença na produtividade de 1.678 kg.ha^{-1} . No segundo nodo do ramo da direita o valor de separação é de 48,72 e a diferença de produtividade de 1.584 kg.ha^{-1} . Para o terceiro nodo os valores são de 47,08 e 1.062 kg.ha^{-1} (Figura 10a). As leituras do clorofilômetro são adimensionais, mas quanto maior o valor assumido maior será o teor de clorofila e conseqüentemente o teor de nitrogênio, mostrando-se coerentes com os resultados obtidos.

No caso da amostragem a 0-20 cm, a árvore de regressão teve no seu primeiro nodo a relação Ca/Mg, criando o valor de separação de 1,45 e diferenças de produtividade de 1.549 kg ha^{-1} . No segundo nodo do ramo da esquerda o atributo carbono criou o valor de separação de $26,1 \text{ g dm}^{-3}$ e diferença de produtividade de 1.678 kg ha^{-1} . No ramo da direita o valor T de $8,54 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ foi a separação das classes com uma diferença de produtividade de 1.362 kg ha^{-1} . Os próximos nodos do ramo da direita foram criados pela leitura do clorofilômetro com valores para o terceiro

nodo de 48,72 e diferença de produtividade de 1.124 kg.ha⁻¹; no quarto e último nodo foram 46,75 e 1.023 kg ha⁻¹ (Figura 14b).

Em ambas as árvores estão presentes o teor de C e a leitura do clorofilômetro. Para a amostragem de 0-20 cm, cujo poder de predição é maior, também está a relação Ca/Mg e o valor de T, sendo este último, para as condições do solo da região, muito relacionado com a matéria orgânica do solo. A característica da gleba em ter variabilidade muito acentuada faz com que fatores, analisados ou não, estejam interagindo de forma não esclarecida. De qualquer forma, o resultado da árvore de regressão para ambas as profundidades amostradas explicam satisfatoriamente o resultado obtido.

Como forma de confirmar os resultados obtidos acima, submetemos as mesmas variáveis selecionadas para cada profundidade amostrada na análise de Cluster, na qual novamente foram criados três grupos com características semelhantes e esta também se mostrou coerente com o resultado observado na árvore de regressão para os grupos da amostragem de 0-20 cm (Figura 15b). Porém a análise da profundidade de amostragem de 0-10 cm não se mostrou confiável, pois o grupo 2 contém apenas um valor, não podendo, portanto, formar um grupo com características semelhantes (Figura 15a). Além disso, para esta camada somente foram consideradas três variáveis, o que limita muito seu poder analítico.

Nos grupos formados pela análise de cluster de profundidade de 0-20 cm, os grupos 1 e 2 mostram-se “espelhos” um do outro, com valores de produtividade menor para o grupo 1 e maior para o grupo 2. Seguindo a mesma tendência estabelecida pela árvore de regressão, o Grupo 1 apresentou valores abaixo da média para relação Ca/Mg, T, clorofilômetro e C. O grupo 2, por ser o oposto ao grupo 1, apresentou as mesmas características com valores acima da média. O Grupo 3 mostrou comportamento próximo a média normalizada (Figura 15b).

Todos os pontos amostrados para a profundidade de 0-10 cm possuem carbono (C) entre 25 e 50 g dm⁻³, considerado como médio (SBCS, 2004). Nos pontos amostrados à profundidade de 0-20 cm, apenas um destes foi considerado baixo para o C (Tabela 14), sendo que o restante destes também se encontrava com teor médio. Nesta amostragem, todos os valores T estão entre 5 e 15 cmol_c dm⁻³, caracterizado como médio (SBCS, 2004). Considerando a relação Ca/Mg como importante componente da variabilidade espacial e o valor de separação apontado pela árvore de

regressão da amostra de 0-20 cm igual a 1,45, apenas 11 pontos amostrados estão abaixo deste valor (Figura 10b). Verificando-se quais pontos na Tabela 13 estavam abaixo, encontrou-se os pontos 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 34 e 35. Esses pontos, com exceção ao ponto 22, possuem pH CaCl_2 com valores abaixo de 5,0, teores de Ca abaixo $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado como baixo, e valores de Mg entre 0,5 e $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado como médio.

Feitas as considerações acima, fica caracterizado como principais fontes de variabilidade o carbono (C), a leitura do clorofilômetro indicando o suprimento de nitrogênio, a relação Ca/Mg caracterizando a acidez do solo e a interação entre os cátions e finalmente o valor T caracterizando a CTC total do solo. Dos fatores destacados, o valor T não é manejável (ROLOFF, 2006), o teor de carbono é possível de alteração, porém em longo prazo. Os fatores nitrogênio, relação Ca/Mg e acidez são passíveis de alteração com relativa simplicidade.

O Valor T é definido como CTC a pH 7,0 e representa a quantidade de cátions adsorvida no pH de referência, sendo um parâmetro subutilizado para avaliação de fertilidade (POTAFOS, 1998). Nos solos brasileiros, caracterizados pelo elevado intemperismo, a matéria orgânica exerce importante fator na construção da CTC (BAYER *et al.*, 2006). Acredita-se que a influência deste atributo na produtividade da cultura esteja relacionada ao teor de C e ao fornecimento de nutrientes a cultura, bem como a capacidade destes solos em reter elementos lixiviáveis.

A relação Ca/Mg nesta gleba parece estar muito relacionada a acidez do solo e seus efeitos sobre disponibilidade de nutrientes. Também é possível desta relação estar refletindo a inibição competitiva exercida entre os nutrientes, conforme a situação ocorrida na gleba Jordãozinho, porém agora com a correlação positiva refletindo os teores de Ca mais baixos na gleba Santa Cruz. Segundo MARSCHENER (1997), o elemento Ca é um exemplo de sinergismo na absorção tanto de cátions como de ânions em solos ácidos, pois neutralizam os efeitos negativos que a alta concentração de H^+ exerce sobre a membrana plasmática das células da raiz.

O teor de C indica a quantidade de matéria orgânica constituinte do solo e esta contribui de diversas maneiras para a fertilidade e a produtividade das culturas. Dentre suas contribuições podemos destacar a alta capacidade de troca de cátions; fornecimento de nutrientes e água; a solubilização de nutrientes minerais, redução na toxidez de outros elementos, melhoria das condições físicas entre outros não menos

importantes (POTAFOS, 1998). Nesta área foram caracterizados pelas análises estatísticas empregadas, que os papéis de aumentar o valor T e principalmente o fornecimento de N foram os efeitos mais significativos. A literatura acima sustenta que a matéria orgânica contém cerca de 5% de nitrogênio, servindo, portanto como fonte deste nutriente. Esta condição somada à avaliação realizada pelo clorofilômetro indica o fornecimento de nitrogênio como importante causa da variabilidade espacial da produtividade nesta gleba. Estes fatores foram significativos nas análises realizadas em ambas as profundidades de avaliação.

A aplicação de nitrogênio na cultura do milho é extremamente responsiva, vários trabalhos na literatura nacional e internacional demonstram este efeito. Segundo FONTOURA (2005), são necessários em torno de 25 kg de N para produzir uma tonelada de grãos. BÜLL (1993) atribui a capacidade das folhas bem nutridas com nitrogênio em realizar fotossíntese, resultando em maior acúmulo de matéria seca.

Considerada que a declividade predominante, conforme dados da Tabela 5, foi de 5 – 10% e segundo LEPSCH *et al.* (1983), esta inclinação caracteriza o relevo ondulado sendo, portanto, necessário práticas de conservação, ausentes neste caso. Considerando também que a área está manejada no sistema de plantio direto em integração agricultura pecuária há vários anos, sem formar palhada significativa durante o período de pastoreio no inverno, encontram-se as explicações necessárias para o entendimento da variabilidade espacial da produtividade nesta gleba.

Tabela 11 - Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-10 cm da gleba Santa Cruz.

	Rend-gr	pH-CaCl2	pH-SMP	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Rend-gr	1,00																
pH-CaCl2	0,30	1,00															
pH-SMP	0,07	0,73	1,00														
Al	-0,36	-0,93	-0,69	1,00													
H+Al	-0,07	-0,73	-1,00	0,69	1,00												
Ca	0,39	0,73	0,37	-0,72	-0,37	1,00											
Mg	0,17	0,61	0,53	-0,60	-0,53	0,75	1,00										
K	0,03	0,40	0,10	-0,30	-0,10	0,21	0,22	1,00									
SB	0,35	0,78	0,44	-0,75	-0,44	0,97	0,85	0,31	1,00								
T	0,39	0,37	-0,14	-0,39	0,14	0,84	0,58	0,27	0,81	1,00							
P	0,13	0,29	0,08	-0,38	-0,08	0,52	0,38	0,05	0,50	0,48	1,00						
C	0,49	0,04	-0,12	-0,13	0,12	0,28	0,03	0,10	0,20	0,34	0,01	1,00					
V	0,32	0,85	0,62	-0,81	-0,62	0,91	0,83	0,34	0,94	0,64	0,39	0,16	1,00				
m	-0,35	-0,92	-0,65	0,99	0,65	-0,78	-0,64	-0,31	-0,80	-0,48	-0,41	-0,15	-0,86	1,00			
Ca/Mg	0,35	0,48	0,01	-0,51	-0,01	0,72	0,12	0,06	0,58	0,68	0,37	0,34	0,51	-0,56	1,00		
Ca/K	0,28	0,52	0,30	-0,55	-0,30	0,86	0,61	-0,25	0,79	0,68	0,49	0,19	0,73	-0,61	0,67	1,00	
Mg/K	0,06	0,33	0,46	-0,37	-0,46	0,53	0,76	-0,40	0,57	0,31	0,29	-0,10	0,55	-0,40	0,05	0,71	1,00
Ca/T	0,34	0,84	0,55	-0,81	-0,55	0,97	0,76	0,21	0,96	0,70	0,46	0,24	0,95	-0,86	0,67	0,84	0,56
Mg/T	0,02	0,49	0,71	-0,48	-0,71	0,43	0,87	0,12	0,55	0,16	0,14	-0,14	0,63	-0,49	-0,24	0,33	0,72
K/T	-0,13	0,14	0,10	-0,04	-0,10	-0,29	-0,18	0,82	-0,20	-0,29	-0,22	-0,08	-0,08	0,00	-0,28	-0,69	-0,67
Areia-g	-0,06	0,26	0,21	-0,34	-0,21	-0,01	-0,08	0,06	0,01	-0,14	0,33	-0,08	0,01	-0,29	0,10	-0,03	-0,06
Areia-f	-0,13	0,46	0,50	-0,39	-0,50	0,22	0,36	0,22	0,33	0,00	0,27	-0,49	0,36	-0,37	-0,01	0,16	0,28
Areia	-0,07	0,47	0,47	-0,47	-0,47	0,15	0,21	0,22	0,24	-0,05	0,31	-0,30	0,27	-0,44	0,07	0,07	0,14
Silte	0,34	0,35	-0,05	-0,22	0,05	0,52	0,31	0,28	0,49	0,59	0,12	0,23	0,48	-0,30	0,45	0,41	0,08
Argila	-0,24	-0,66	-0,31	0,53	0,31	-0,65	-0,49	-0,31	-0,67	-0,52	-0,29	0,01	-0,69	0,60	-0,50	-0,57	-0,29
Prof-Efet	0,13	0,11	-0,04	-0,01	0,04	0,20	0,21	0,13	0,22	0,25	-0,06	-0,16	0,20	-0,03	0,13	0,19	0,11
Popul-pl	0,11	0,05	-0,08	-0,09	0,08	0,19	-0,07	0,05	0,13	0,22	0,10	0,12	0,08	-0,12	0,33	0,09	-0,18
Espig-ard	-0,09	0,05	0,02	-0,09	-0,02	0,09	0,11	-0,14	0,08	0,03	0,19	-0,03	0,06	-0,10	0,00	0,21	0,18
Grão-esp	0,11	0,25	0,13	-0,24	-0,13	0,14	0,13	0,10	0,17	0,14	0,01	0,06	0,17	-0,23	0,18	0,06	0,01
Acam-qu	-0,35	-0,15	0,10	0,25	-0,10	-0,30	-0,18	-0,28	-0,31	-0,35	-0,20	-0,24	-0,24	0,26	-0,24	-0,12	0,01
Clorofila	0,42	0,18	0,01	-0,14	-0,01	0,27	0,08	0,09	0,23	0,30	0,12	0,37	0,20	-0,16	0,30	0,20	-0,03
Lag-cart	0,03	-0,15	-0,05	0,14	0,05	-0,31	-0,39	0,12	-0,35	-0,30	-0,15	0,08	-0,24	0,15	-0,11	-0,34	-0,46
Alt-pl	0,39	0,27	0,09	-0,19	-0,09	0,40	0,21	0,02	0,37	0,33	0,32	0,26	0,34	-0,21	0,29	0,35	0,13
Decliv	-0,18	0,06	0,06	-0,13	-0,06	0,03	0,10	0,15	0,04	-0,06	0,30	0,02	0,09	-0,14	-0,07	-0,05	-0,03

Tabela 11. Continuação...

	Ca/T	Mg/T	K/T	Areia-g	Areai-f	Areia	Silte	Argila	Prof-Efet	Popul-pl	Espig-ard	Grão-esp	Acam-qu	Clorofila	Lag-cart	Alt-pl	Decliv
Ca/T	1,00																
Mg/T	0,50	1,00															
K/T	-0,24	-0,06	1,00														
Areia-g	0,07	-0,06	0,15	1,00													
Areai-f	0,31	0,43	0,12	0,40	1,00												
Areia	0,25	0,29	0,19	0,75	0,87	1,00											
Silte	0,46	0,03	-0,04	-0,52	-0,19	-0,36	1,00										
Argila	-0,68	-0,25	0,03	0,07	-0,34	-0,21	-0,77	1,00									
Prof-Efet	0,16	0,06	-0,05	-0,25	0,02	-0,19	0,28	-0,27	1,00								
Popul-pl	0,15	-0,16	0,03	0,20	-0,12	0,00	0,00	-0,01	-0,07	1,00							
Espig-ard	0,10	0,04	-0,17	0,08	-0,18	-0,19	-0,01	-0,03	0,24	0,16	1,00						
Grão-esp	0,17	0,06	0,04	-0,10	0,13	0,09	0,27	-0,25	-0,16	-0,23	-0,60	1,00					
Acam-qu	-0,23	-0,07	-0,07	-0,26	-0,11	-0,19	0,12	-0,04	-0,02	-0,32	0,01	0,06	1,00				
Clorofila	0,25	-0,07	-0,03	0,09	-0,02	0,09	0,24	-0,17	-0,14	0,14	-0,48	0,32	-0,03	1,00			
Lag-cart	-0,30	-0,29	0,33	-0,12	-0,14	-0,18	0,03	0,13	-0,21	-0,02	-0,05	0,23	0,07	0,06	1,00		
Alt-pl	0,37	0,05	-0,16	0,03	0,17	0,17	0,22	-0,23	-0,02	0,16	-0,37	0,26	-0,12	0,81	-0,05	1,00	
Decliv	0,06	0,15	0,14	0,12	-0,01	0,03	-0,18	0,09	-0,25	-0,01	0,00	0,05	-0,19	0,07	0,05	0,14	1,00

Rend-gr :Rendimento de grãos
pH-CaCl2 :pH em CaCl2
pH-SMP :pH em SMP
Al :Al trocável
H+Al :H+Al
Ca :Ca
Mg :Mg
K :K
SB :Soma de bases
T :CTC
P :Fósforo
C :Carbono
V :Saturação de bases

m :Sat. com Al
Ca/Mg :Rel. Ca/Mg
Ca/K :Rel. Ca/K
Mg/K :Rel. Mg/K
Ca/T :Sat. com Ca
Mg/T :Sat. com Mg
K/T :Sat. com K
Areia-g :Areia grossa
Areai-f :Areia fina
Areia :Areia total
Silte :Silte
Argila :Argila
Prof-Efet :Profundidade efetiva

Popul-pl :População de plantas
Espig-ard :Espigas c/ grão ardido
Grão-esp :Grãos por espiga
Acam-qu :Acamamento/quebramento
Clorofila :Índice de clorofila
Lag-cart :Lagarta do cartuchoi
Alt-pl :Altura de plantas
Decliv :Classe de declividade

Tabela 12 - Matriz de correlação de Spearman considerando os atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-20 cm da gleba Santa Cruz.

	Rend-gr	pH-CaCl2	pH-SMP	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Rend-gr	1,00																
pH-CaCl2	0,19	1,00															
pH-SMP	0,07	0,67	1,00														
Al	-0,27	-0,96	-0,66	1,00													
H+Al	-0,13	-0,94	-0,78	0,93	1,00												
Ca	0,38	0,73	0,40	-0,76	-0,66	1,00											
Mg	0,16	0,71	0,53	-0,71	-0,70	0,83	1,00										
K	-0,01	0,58	0,11	-0,52	-0,52	0,38	0,45	1,00									
SB	0,32	0,78	0,45	-0,79	-0,71	0,98	0,91	0,46	1,00								
T	0,43	-0,21	-0,41	0,16	0,35	0,42	0,21	-0,17	0,34	1,00							
P	0,07	0,17	0,09	-0,22	-0,19	0,43	0,27	0,04	0,39	0,20	1,00						
C	0,48	0,24	-0,12	-0,27	-0,12	0,41	0,12	0,21	0,33	0,38	0,08	1,00					
V	0,24	0,88	0,58	-0,89	-0,85	0,93	0,90	0,56	0,96	0,12	0,28	0,29	1,00				
m	-0,21	-0,94	-0,61	0,98	0,91	-0,78	-0,75	-0,59	-0,82	0,12	-0,18	-0,28	-0,92	1,00			
Ca/Mg	0,41	0,07	-0,11	-0,15	-0,01	0,26	-0,21	-0,13	0,11	0,30	0,13	0,48	0,10	-0,13	1,00		
Ca/K	0,27	0,39	0,41	-0,42	-0,38	0,75	0,59	-0,22	0,69	0,45	0,46	0,15	0,59	-0,40	0,18	1,00	
Mg/K	0,06	0,35	0,52	-0,38	-0,39	0,60	0,76	-0,19	0,64	0,29	0,21	-0,06	0,56	-0,39	-0,24	0,80	1,00
Ca/T	0,33	0,84	0,56	-0,86	-0,79	0,97	0,84	0,41	0,97	0,22	0,39	0,33	0,96	-0,86	0,21	0,72	0,60
Mg/T	0,12	0,77	0,65	-0,77	-0,80	0,75	0,97	0,49	0,85	0,01	0,20	0,07	0,88	-0,79	-0,28	0,49	0,70
K/T	-0,10	0,56	0,19	-0,49	-0,54	0,18	0,27	0,93	0,26	-0,45	0,01	0,11	0,42	-0,53	-0,15	-0,38	-0,35
Areia-g	-0,01	0,28	0,25	-0,33	-0,27	0,09	0,06	0,13	0,09	-0,27	0,30	0,00	0,17	-0,32	0,23	-0,06	-0,09
Areia-f	-0,06	0,51	0,53	-0,51	-0,56	0,37	0,51	0,27	0,43	-0,28	0,29	-0,27	0,49	-0,50	-0,14	0,28	0,36
Areia	-0,01	0,50	0,48	-0,53	-0,53	0,27	0,36	0,31	0,32	-0,36	0,32	-0,20	0,42	-0,51	0,01	0,10	0,14
Silte	0,14	0,28	-0,09	-0,19	-0,16	0,45	0,40	0,20	0,46	0,36	0,05	0,27	0,38	-0,20	-0,13	0,32	0,29
Argila	-0,04	-0,54	-0,18	0,45	0,44	-0,59	-0,59	-0,23	-0,62	-0,19	-0,26	-0,10	-0,58	0,47	0,14	-0,46	-0,45
Prof-Efet	0,13	0,13	-0,04	-0,05	-0,12	0,20	0,22	0,08	0,19	0,19	-0,11	-0,09	0,17	-0,09	-0,20	0,19	0,19
Popul-pl	0,11	0,01	-0,08	0,00	0,08	0,10	-0,14	0,05	0,05	0,12	0,09	0,16	-0,02	0,03	0,27	-0,02	-0,22
Espig-ard	-0,09	-0,04	0,02	0,07	0,09	-0,02	-0,07	-0,15	-0,05	0,12	0,20	-0,03	-0,10	0,09	-0,12	0,16	0,08
Grão-esp	0,11	0,30	0,13	-0,32	-0,34	0,21	0,26	0,11	0,25	-0,13	0,02	0,22	0,29	-0,28	0,07	0,10	0,15
Acam-qu	-0,35	-0,09	0,10	0,13	0,00	-0,33	-0,21	-0,24	-0,33	-0,40	-0,21	-0,27	-0,25	0,12	-0,22	-0,11	0,02
Clorofila	0,42	0,13	0,01	-0,16	-0,09	0,28	0,08	0,09	0,23	0,19	0,05	0,29	0,19	-0,16	0,48	0,23	0,01
Lag-cart	0,03	-0,11	-0,05	0,09	-0,01	-0,35	-0,38	0,14	-0,36	-0,41	-0,16	-0,04	-0,25	0,12	-0,01	-0,34	-0,47
Alt-pl	0,39	0,16	0,09	-0,15	-0,14	0,35	0,17	-0,01	0,31	0,22	0,21	0,23	0,25	-0,12	0,35	0,37	0,17
Decliv	-0,18	0,04	0,06	-0,10	-0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,02	0,35	-0,04	0,15	-0,11	0,01	0,06	0,05

Tabela 12 - Continuação...

	Ca/T	Mg/T	K/T	Areia-g	Areai-f	Areia	Silte	Argila	Prof-Efet	Popul-pl	Espig-ard	Grão-esp	Acam-qu	Clorofila	Lag-cart	Alt-pl	Decliv
Ca/T	1,00																
Mg/T	0,81	1,00															
K/T	0,26	0,37	1,00														
Areia-g	0,13	0,09	0,26	1,00													
Areai-f	0,47	0,54	0,28	0,44	1,00												
Areia	0,37	0,40	0,39	0,79	0,87	1,00											
Silte	0,39	0,30	0,06	-0,53	-0,13	-0,34	1,00										
Argila	-0,58	-0,50	-0,14	0,11	-0,29	-0,14	-0,81	1,00									
Prof-Efet	0,16	0,17	0,03	-0,20	0,05	-0,11	0,28	-0,28	1,00								
Popul-pl	0,08	-0,14	0,04	0,10	-0,04	-0,04	-0,06	0,04	-0,07	1,00							
Espig-ard	-0,06	-0,09	-0,14	-0,01	-0,05	-0,09	-0,12	0,04	0,24	0,16	1,00						
Grão-esp	0,27	0,26	0,14	-0,05	0,06	0,03	0,31	-0,28	-0,16	-0,23	-0,60	1,00					
Acam-qu	-0,27	-0,14	-0,12	-0,28	-0,25	-0,27	0,14	-0,13	-0,02	-0,32	0,01	0,06	1,00				
Clorofila	0,26	0,04	0,01	0,05	-0,05	0,02	0,09	-0,03	-0,14	0,14	-0,48	0,32	-0,03	1,00			
Lag-cart	-0,28	-0,28	0,28	-0,13	-0,08	-0,08	-0,20	0,32	-0,21	-0,02	-0,05	0,23	0,07	0,06	1,00		
Alt-pl	0,35	0,10	-0,10	0,01	0,12	0,10	0,15	-0,13	-0,02	0,16	-0,37	0,26	-0,12	0,81	-0,05	1,00	
Decliv	0,14	0,13	0,12	0,00	0,00	0,00	-0,13	0,07	-0,25	-0,01	0,00	0,05	-0,19	0,07	0,05	0,14	1,00

Rend-gr :Rendimento de grãos
pH-CaCl2 :pH em CaCl2
pH-SMP :pH em SMP
Al :Al trocável
H+Al :H+Al
Ca :Ca
Mg :Mg
K :K
SB :Soma de bases
T :CTC
P :Fósforo
C :Carbono
V :Saturação de bases

m :Sat. com Al
Ca/Mg :Rel. Ca/Mg
Ca/K :Rel. Ca/K
Mg/K :Rel. Mg/K
Ca/T :Sat. com Ca
Mg/T :Sat. com Mg
K/T :Sat. com K
Areia-g :Areia grossa
Areai-f :Areia fina
Areia :Areia total
Silte :Silte
Argila :Argila
Prof-Efet :Profundidade efetiva

Popul-pl :População de plantas
Espig-ard :Espigas c/ grão ardido
Grão-esp :Grãos por espiga
Acam-qu :Acamamento/quebramento
Clorofila :Índice de clorofila
Lag-cart :Lagarta do cartuchoi
Alt-pl :Altura de plantas
Decliv :Classe de declividade

Tabela 13 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-10 cm, nos pontos avaliados na gleba Santa Cruz.

Ponto	pH - Cacl ₂	pH - SMP	Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ +Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	SB - soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	Valor T (CTC) (cmol _c dm ⁻³)
01	5,10	6,00	0,00	5,00	3,80	1,60	0,38	5,78	10,78
02	5,00	5,80	0,00	5,80	2,50	1,10	0,59	4,19	9,99
03	5,00	6,00	0,00	5,00	3,30	1,60	0,41	5,31	10,31
04	5,00	5,80	0,00	5,80	2,90	1,20	0,58	4,68	10,48
05	5,10	6,00	0,00	5,00	3,50	1,50	0,62	5,62	10,62
06	5,00	6,00	0,00	5,00	2,50	1,00	0,29	3,79	8,79
07	5,00	5,90	0,00	5,40	4,00	1,80	0,48	6,28	11,68
08	5,10	6,10	0,00	4,60	3,50	1,60	0,47	5,57	10,17
09	5,20	6,10	0,00	4,60	3,40	1,50	0,44	5,34	9,94
10	4,90	5,80	0,10	5,80	3,10	1,50	0,48	5,08	10,88
11	4,80	5,60	0,20	6,70	3,20	1,10	0,33	4,63	11,33
12	5,10	5,80	0,00	5,80	4,30	1,70	0,37	6,37	12,17
13	4,90	5,70	0,10	6,20	2,90	1,40	0,42	4,72	10,92
14	4,80	5,90	0,20	5,40	3,10	1,60	0,36	5,06	10,46
15	4,90	5,80	0,10	5,80	3,10	1,10	0,47	4,67	10,47
16	4,80	5,70	0,20	6,20	2,90	1,20	0,45	4,55	10,75
17	5,00	6,00	0,00	5,00	3,10	1,60	0,38	5,08	10,08
18	4,90	5,80	0,10	5,80	2,30	0,90	0,48	3,68	9,48
19	5,20	6,10	0,00	4,60	3,00	1,30	0,39	4,69	9,29
20	5,30	6,00	0,00	5,00	3,80	1,50	0,38	5,68	10,68
21	5,40	6,20	0,00	4,30	2,60	1,50	0,46	4,56	8,86
22	5,60	6,40	0,00	3,70	3,00	2,00	0,50	5,50	9,20
23	4,90	5,90	0,20	5,40	2,00	1,30	0,52	3,82	9,22
24	4,80	5,90	0,20	5,40	1,60	1,10	0,36	3,06	8,46
25	4,60	5,70	0,60	6,20	1,50	1,00	0,43	2,93	9,13
26	4,80	5,80	0,30	5,80	1,00	0,80	0,42	2,22	8,02
27	4,70	5,80	0,30	5,80	1,60	1,00	0,35	2,95	8,75
28	4,70	5,70	0,30	6,20	2,00	1,10	0,35	3,45	9,65
29	4,80	5,90	0,20	5,40	2,20	1,40	0,39	3,99	9,39
30	4,70	5,70	0,30	6,20	1,40	1,00	0,59	2,99	9,19
31	5,00	6,00	0,00	5,00	2,40	1,60	0,45	4,45	9,45
32	4,80	5,90	0,20	5,40	1,40	0,80	0,37	2,57	7,97
33	4,70	5,80	0,20	5,80	2,00	1,10	0,34	3,44	9,24
34	4,80	5,90	0,10	5,40	1,60	1,20	0,34	3,14	8,54
35	4,60	5,80	0,40	5,80	1,70	1,50	0,38	3,58	9,38
36	4,70	5,80	0,20	5,80	1,90	1,10	0,32	3,32	9,12
37	4,80	5,90	0,10	5,40	1,60	1,00	0,37	2,97	8,37

Tabela 13 - Continuação...

Ponto	P-Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	Carbono (g dm ⁻³)	V - Sat. Bases (%)	m - Sat. Al ⁺³ (%)	Rel. Ca/Mg	Rel. Ca/K	Rel. Mg/K	Sat. Ca (Ca/T)	Sat. Mg (Mg/T)	Sat. K (K/T)
01	4,6	37,7	54	0,0	2,40	10,00	4,21	0,35	0,15	0,04
02	4,6	37,7	42	0,0	2,30	4,24	1,86	0,25	0,11	0,06
03	7,6	37,7	52	0,0	2,10	8,05	3,90	0,32	0,16	0,04
04	5,2	36,5	45	0,0	2,40	5,00	2,07	0,28	0,11	0,06
05	17,1	35,3	53	0,0	2,30	5,65	2,42	0,33	0,14	0,06
06	8,2	32,9	43	0,0	2,50	8,62	3,45	0,28	0,11	0,03
07	10,4	38,3	54	0,0	2,20	8,33	3,75	0,34	0,15	0,04
08	4,4	37,1	55	0,0	2,20	7,45	3,40	0,34	0,16	0,05
09	7,3	37,1	54	0,0	2,30	7,73	3,41	0,34	0,15	0,04
10	14,1	38,3	47	2,0	2,10	6,46	3,13	0,28	0,14	0,04
11	9,8	42,0	42	4,0	2,90	9,70	3,33	0,28	0,10	0,03
12	18,1	35,3	52	0,0	2,50	11,62	4,59	0,35	0,14	0,03
13	7,3	32,9	43	2,0	2,10	6,90	3,33	0,27	0,13	0,04
14	7,3	34,7	48	4,0	1,90	8,61	4,44	0,30	0,15	0,03
15	5,2	38,9	45	2,0	2,80	6,60	2,34	0,30	0,11	0,04
16	6,5	37,7	42	4,0	2,40	6,44	2,67	0,27	0,11	0,04
17	12,2	32,9	42	0,0	1,90	8,16	4,21	0,31	0,16	0,04
18	2,8	34,7	39	3,0	2,60	4,79	1,88	0,24	0,09	0,05
19	4,6	34,7	50	0,0	2,30	7,69	3,33	0,32	0,14	0,04
20	5,2	40,8	53	0,0	2,50	10,00	3,95	0,36	0,14	0,04
21	4,2	32,9	51	0,0	1,70	5,65	3,26	0,29	0,17	0,05
22	6,8	28,1	60	0,0	1,50	6,00	4,00	0,33	0,22	0,05
23	3,7	31,1	41	5,0	1,50	3,85	2,50	0,22	0,14	0,06
24	3,9	30,5	36	6,0	1,50	4,44	3,06	0,19	0,13	0,04
25	6,5	35,3	32	17,0	1,50	3,49	2,33	0,16	0,11	0,05
26	2,1	35,9	28	12,0	1,30	2,38	1,90	0,12	0,10	0,05
27	3,5	36,5	34	9,0	1,60	4,57	2,86	0,18	0,11	0,04
28	4,5	38,9	36	8,0	1,80	5,71	3,14	0,21	0,11	0,04
29	3,5	34,1	42	5,0	1,60	5,64	3,59	0,23	0,15	0,04
30	6,0	34,1	33	9,0	1,40	2,37	1,69	0,15	0,11	0,06
31	6,5	35,3	47	0,0	1,50	5,33	3,56	0,25	0,17	0,05
32	8,5	34,1	32	7,0	1,80	3,78	2,16	0,18	0,10	0,05
33	3,5	38,3	37	5,0	1,80	5,88	3,24	0,22	0,12	0,04
34	3,7	32,9	37	3,0	1,30	4,71	3,53	0,19	0,14	0,04
35	4,2	32,9	38	10,0	1,10	4,47	3,95	0,18	0,16	0,04
36	6,2	36,5	36	6,0	1,70	5,94	3,44	0,21	0,12	0,04
37	6,5	37,7	35	3,0	1,60	4,32	2,70	0,19	0,12	0,04

Tabela 13 - Continuação...

Ponto	Areia grossa (g kg ⁻¹)	Areia fina (g kg ⁻¹)	Areia total (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Profund. Efetiva (cm)
01	12	46	58	392	550	100
02	33	20	53	297	650	100
03	39	34	73	227	700	100
04	29	27	56	269	675	100
05	40	53	93	207	700	100
06	35	78	112	238	650	100
07	18	34	51	249	700	100
08	17	33	50	326	625	100
09	23	30	53	298	650	100
10	35	47	82	281	638	100
11	26	24	50	301	650	100
12	36	41	77	248	675	100
13	26	35	61	265	675	100
14	15	24	39	299	663	100
15	29	22	51	250	700	100
16	16	15	31	320	650	100
17	37	81	117	221	663	100
18	35	40	75	226	700	100
19	59	59	118	232	650	100
20	32	22	54	297	650	100
21	27	55	82	269	650	100
22	50	105	155	233	613	100
23	18	36	54	246	700	100
24	22	27	49	226	725	100
25	21	23	43	257	700	100
26	25	22	47	253	700	100
27	23	30	53	197	750	100
28	25	20	45	255	700	100
29	32	35	66	234	700	100
30	33	36	69	232	700	100
31	34	28	62	238	700	100
32	55	36	91	197	713	100
33	31	19	50	200	750	100
34	25	24	49	202	750	100
35	23	54	77	223	700	100
36	32	14	46	179	775	100
37	52	32	84	154	763	83

Tabela 14 - Atributos químicos e físicos de solo, na camada de 0-20 cm, nos pontos avaliados na gleba Santa Cruz.

Ponto	pH - CaCl ₂	pH - SMP	Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ +Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	SB - soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	Valor T (CTC) (cmol _c dm ⁻³)
01	5,05	6,00	0,00	5,00	2,60	1,20	0,27	4,07	9,07
02	4,95	5,80	0,05	5,80	2,10	1,10	0,48	3,68	9,48
03	4,95	6,00	0,05	5,20	2,15	1,15	0,32	3,62	8,82
04	5,00	5,80	0,00	4,90	2,35	1,25	0,47	4,07	8,97
05	5,05	6,00	0,00	4,65	2,30	1,15	0,44	3,89	8,54
06	4,85	6,00	0,10	5,40	1,65	0,80	0,24	2,69	8,09
07	4,80	5,90	0,15	5,60	2,60	1,35	0,35	4,30	9,90
08	4,90	6,10	0,10	5,40	2,05	1,25	0,32	3,62	9,02
09	4,90	6,10	0,15	5,40	2,00	1,10	0,31	3,41	8,81
10	4,80	5,80	0,15	5,80	2,05	1,20	0,35	3,60	9,40
11	4,65	5,60	0,30	7,25	1,75	0,75	0,24	2,74	9,99
12	4,85	5,80	0,15	6,00	2,65	1,25	0,26	4,16	10,16
13	4,75	5,70	0,20	6,20	1,60	0,95	0,29	2,84	9,04
14	4,60	5,90	0,30	6,05	1,75	1,10	0,25	3,10	9,15
15	4,80	5,80	0,20	6,00	2,05	0,95	0,34	3,34	9,34
16	4,75	5,70	0,20	6,00	1,85	0,95	0,32	3,12	9,12
17	4,90	6,00	0,10	5,40	1,85	1,25	0,30	3,40	8,80
18	4,90	5,80	0,10	5,60	1,65	0,85	0,38	2,88	8,48
19	5,05	6,10	0,05	5,00	1,95	1,00	0,31	3,26	8,26
20	5,15	6,00	0,00	5,00	2,70	1,45	0,31	4,46	9,46
21	5,20	6,20	0,00	4,65	2,05	1,35	0,34	3,74	8,39
22	5,35	6,40	0,00	4,15	2,20	1,60	0,35	4,15	8,30
23	4,90	5,90	0,20	5,40	1,30	1,00	0,38	2,68	8,08
24	4,75	5,90	0,25	6,05	0,95	0,80	0,27	2,02	8,07
25	4,50	5,70	0,80	6,70	0,85	0,65	0,31	1,81	8,51
26	4,75	5,80	0,25	6,00	0,75	0,65	0,33	1,73	7,73
27	4,50	5,80	0,40	7,75	1,00	0,60	0,24	1,84	9,59
28	4,50	5,70	0,45	7,95	1,15	0,60	0,25	2,00	9,95
29	4,65	5,90	0,25	6,05	1,45	0,95	0,28	2,68	8,73
30	4,70	5,70	0,25	6,20	1,20	0,85	0,42	2,47	8,67
31	4,90	6,00	0,05	5,40	1,70	1,15	0,32	3,17	8,57
32	4,70	5,90	0,25	5,80	1,00	0,50	0,27	1,77	7,57
33	4,60	5,80	0,30	6,50	1,40	0,70	0,27	2,37	8,87
34	4,75	5,90	0,15	5,60	1,30	0,95	0,25	2,50	8,10
35	4,50	5,80	0,50	6,25	1,35	1,20	0,28	2,83	9,08
36	4,50	5,80	0,45	7,40	1,35	0,75	0,23	2,33	9,73
37	4,70	5,90	0,20	6,05	1,15	0,65	0,28	2,08	8,13

Tabela 14 - Continuação...

Ponto	P-Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	Carbono (g dm ⁻³)	V - Sat. Bases (%)	m - Sat. Al ⁺³ (%)	Rel. Ca/Mg	Rel. Ca/K	Rel. Mg/K	Sat. Ca (Ca/T)	Sat. Mg (Mg/T)	Sat. K (K/T)
01	3,3	35,3	43	0,0	2,10	9,81	4,53	0,29	0,13	0,03
02	3,5	37,1	39	1,5	1,90	4,38	2,29	0,22	0,12	0,05
03	6,3	35,6	39	2,5	1,75	6,72	3,59	0,24	0,13	0,04
04	4,2	35,3	46	0,0	1,90	5,05	2,69	0,26	0,14	0,05
05	9,7	31,7	43	0,0	1,85	5,23	2,61	0,27	0,13	0,05
06	6,3	28,7	32	5,5	1,90	7,02	3,40	0,20	0,10	0,03
07	7,2	31,4	42	5,5	1,75	7,43	3,86	0,26	0,14	0,04
08	3,5	30,8	38	5,5	1,45	6,41	3,91	0,23	0,14	0,04
09	4,4	32,6	37	8,5	1,60	6,56	3,61	0,23	0,12	0,04
10	7,9	34,1	37	5,5	1,60	5,94	3,48	0,22	0,13	0,04
11	6,1	29,2	26	18,0	1,85	7,29	3,13	0,18	0,08	0,02
12	10,1	34,7	38	6,5	1,90	10,19	4,81	0,26	0,12	0,03
13	4,5	31,4	28	13,0	1,35	5,61	3,33	0,18	0,11	0,03
14	6,3	29,0	31	15,0	1,30	7,14	4,49	0,19	0,12	0,03
15	3,8	34,4	35	7,5	2,05	6,03	2,79	0,22	0,10	0,04
16	4,3	33,5	32	7,5	1,75	5,87	3,02	0,20	0,10	0,04
17	9,0	29,3	33	5,0	1,30	6,17	4,17	0,21	0,14	0,03
18	3,0	30,2	34	4,0	1,95	4,40	2,27	0,19	0,10	0,04
19	3,4	31,7	38	2,5	1,80	6,29	3,23	0,24	0,12	0,04
20	3,8	36,9	46	0,0	1,80	8,85	4,75	0,29	0,15	0,03
21	3,2	30,2	44	0,0	1,50	6,12	4,03	0,24	0,16	0,04
22	4,6	24,2	49	0,0	1,35	6,38	4,64	0,27	0,19	0,04
23	2,9	27,8	32	8,0	1,20	3,42	2,63	0,16	0,12	0,05
24	2,9	28,1	25	14,5	1,05	3,52	2,96	0,12	0,10	0,03
25	5,1	32,6	21	38,0	1,10	2,74	2,10	0,10	0,08	0,04
26	2,6	33,8	23	13,0	1,15	2,31	2,00	0,10	0,08	0,04
27	2,5	30,2	21	25,0	1,80	4,26	2,55	0,10	0,06	0,03
28	3,0	33,8	21	30,0	2,40	4,60	2,40	0,12	0,06	0,03
29	2,5	29,9	30	11,5	1,50	5,27	3,45	0,17	0,11	0,03
30	3,7	28,7	29	9,0	1,40	2,89	2,05	0,14	0,10	0,05
31	4,2	29,9	36	2,5	1,45	5,40	3,65	0,20	0,13	0,04
32	5,3	29,3	23	15,5	2,40	3,77	1,89	0,13	0,07	0,04
33	2,8	33,8	26	14,5	2,25	5,28	2,64	0,16	0,08	0,03
34	2,6	29,9	31	6,5	1,35	5,31	3,88	0,16	0,12	0,03
35	2,7	27,5	31	16,0	1,10	4,82	4,29	0,15	0,13	0,03
36	4,5	32,3	25	20,0	1,85	6,00	3,33	0,14	0,08	0,02
37	4,7	32,9	25	11,5	1,95	4,18	2,36	0,14	0,08	0,03

Tabela 14 - Continuação...

Ponto	Areia grossa (g kg ⁻¹)	Areia fina (g kg ⁻¹)	Areia total (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Profund. Efetiva (cm)
01	19	35	54	346	600	100
02	32	24	56	269	675	100
03	44	38	81	194	725	100
04	28	30	59	254	688	100
05	39	52	91	191	719	100
06	35	80	115	185	700	100
07	19	34	53	222	725	100
08	18	36	54	247	700	100
09	24	34	58	242	700	100
10	37	46	83	236	681	100
11	24	25	49	276	675	100
12	34	43	77	324	600	100
13	20	34	54	221	725	100
14	13	26	39	280	681	100
15	18	23	41	235	725	100
16	15	20	35	290	675	100
17	57	90	147	160	694	100
18	34	39	73	215	713	100
19	54	59	112	188	700	100
20	29	19	48	277	675	100
21	25	57	82	268	650	100
22	42	111	153	228	619	100
23	17	34	51	249	700	100
24	27	23	50	250	700	100
25	18	21	39	261	700	100
26	24	28	52	236	713	100
27	21	27	48	189	763	100
28	25	20	45	205	750	100
29	27	36	64	187	750	100
30	53	33	86	176	738	100
31	31	29	61	190	750	100
32	49	32	80	139	781	100
33	27	20	47	166	788	100
34	23	24	48	165	788	100
35	25	42	67	220	713	100
36	31	17	48	165	788	100
37	43	30	73	121	806	83

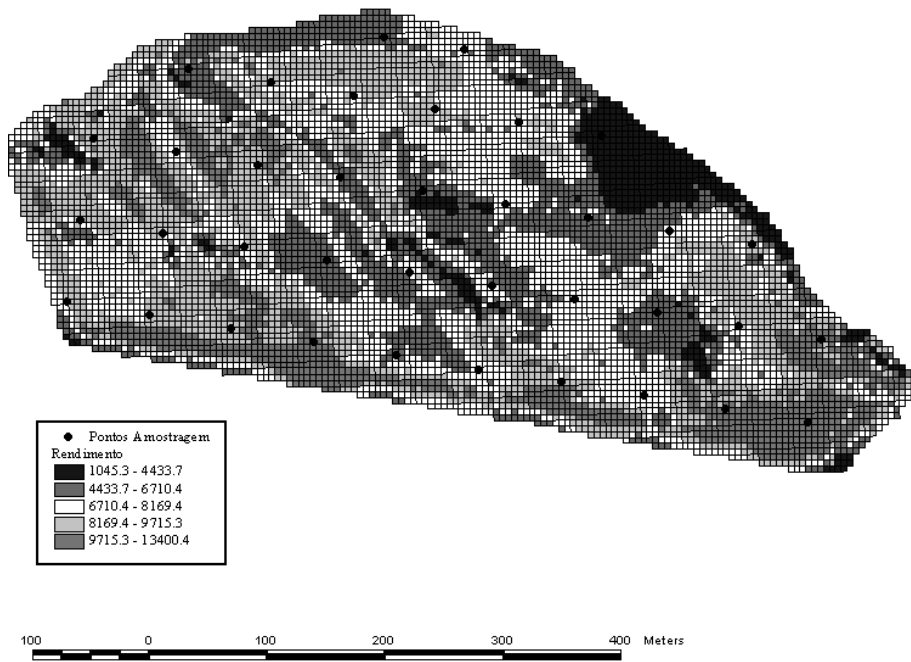


Figura 13a – Mapa dos dados de produtividade filtrados da gleba Santa Cruz (kg ha⁻¹)

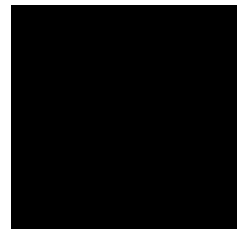
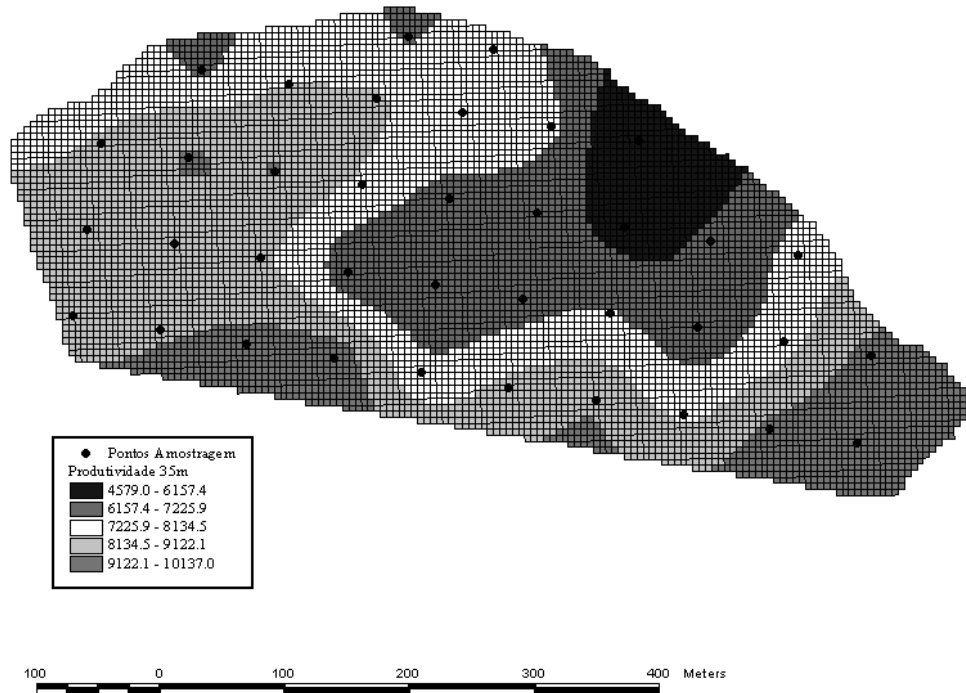


Figura 13b – Mapa dos dados de produtividade filtrados e transformado em 35 m em torno dos pontos de coleta da gleba Santa Cruz (kg ha⁻¹).

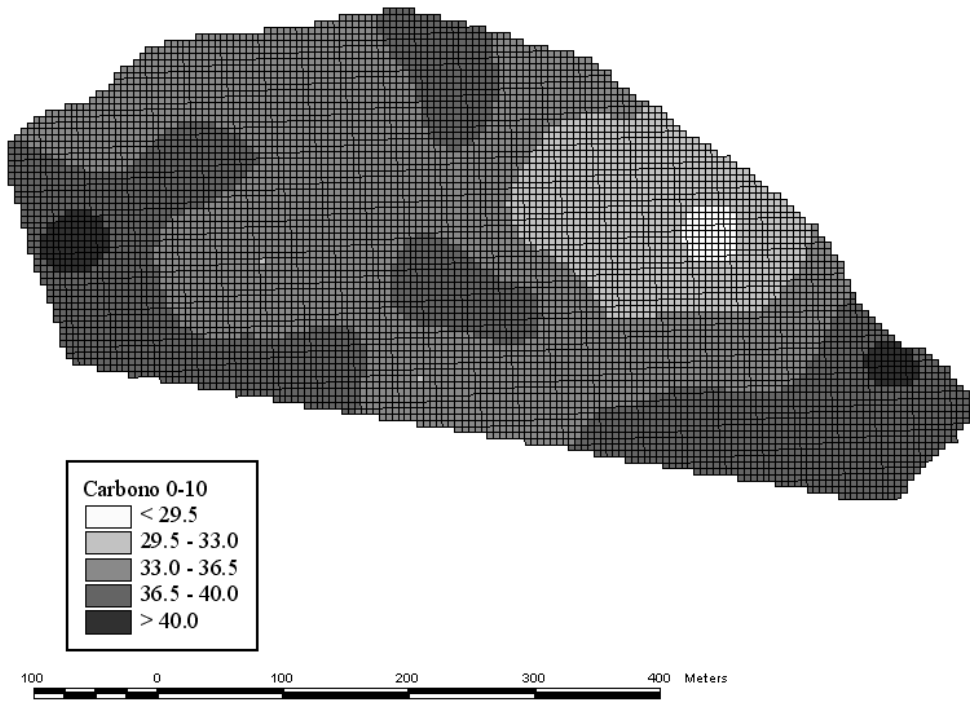


Figura 13c – Mapa do teor de C da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-10 cm (g dm^{-3}).

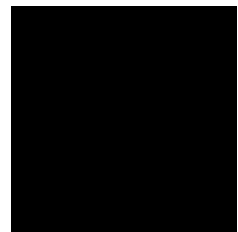
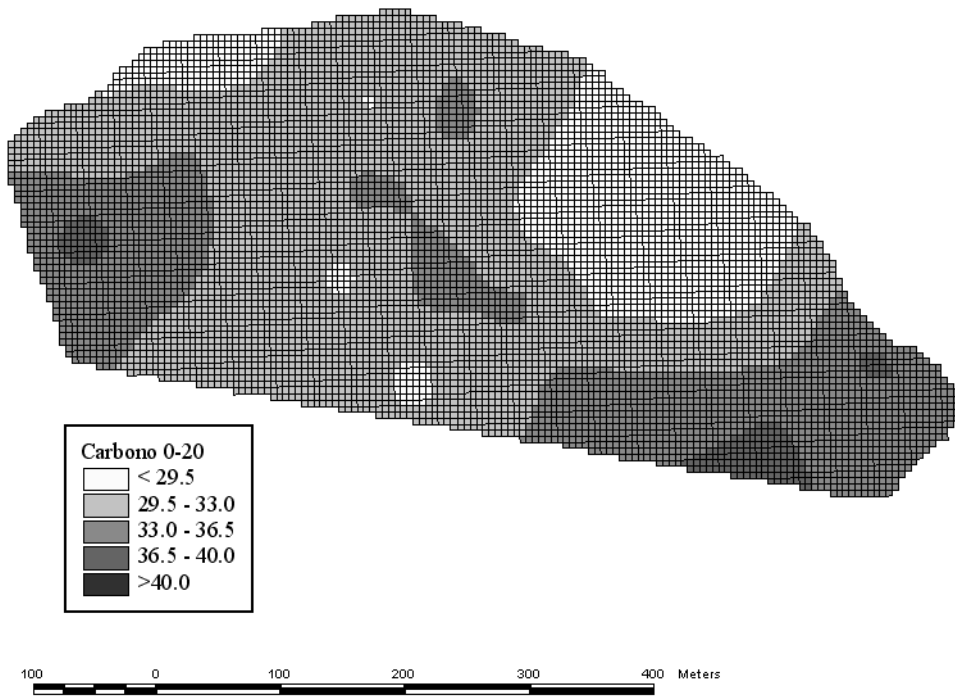


Figura 13d – Mapa do teor de C da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-20 cm (g dm^{-3}).

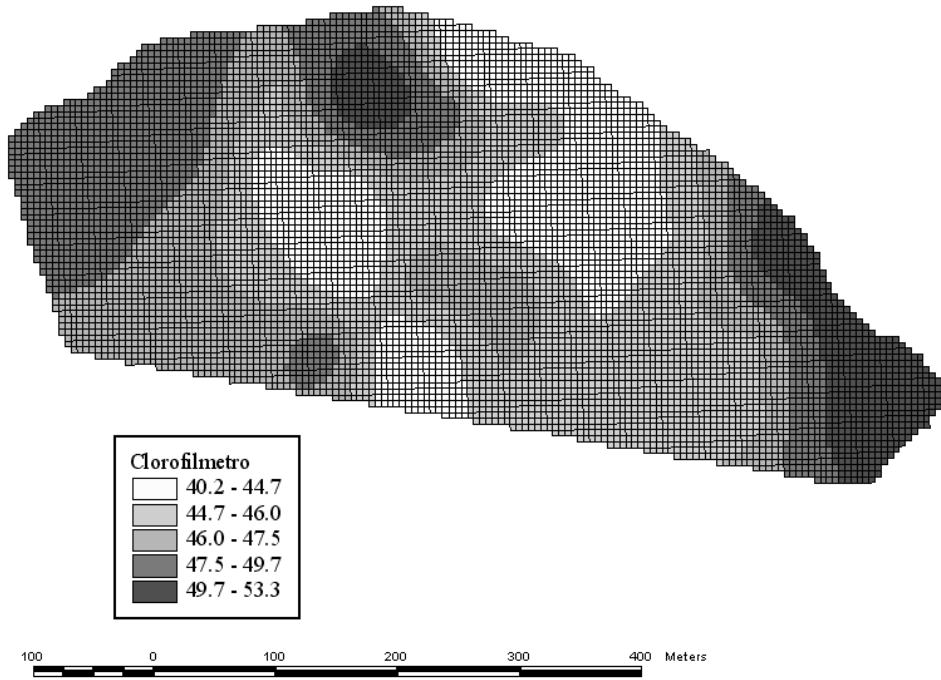


Figura 13e – Mapa da leitura do clorofilômetro da gleba Santa Cruz

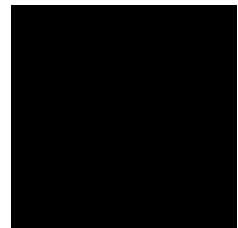
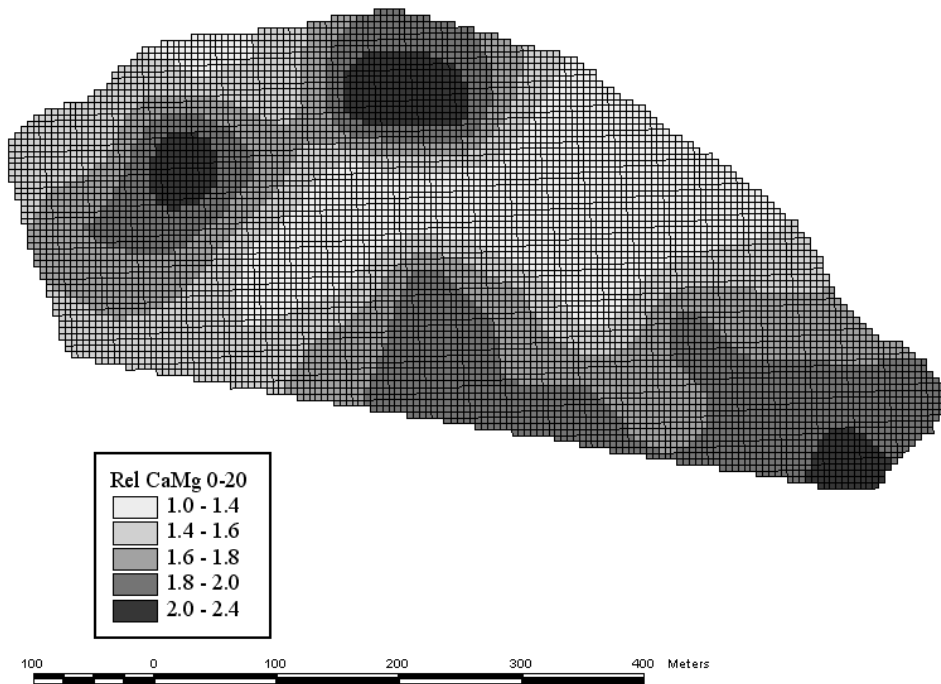


Figura 13f – Mapa da relação Ca : Mg da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-20 cm ($g\ dm^{-3}$).

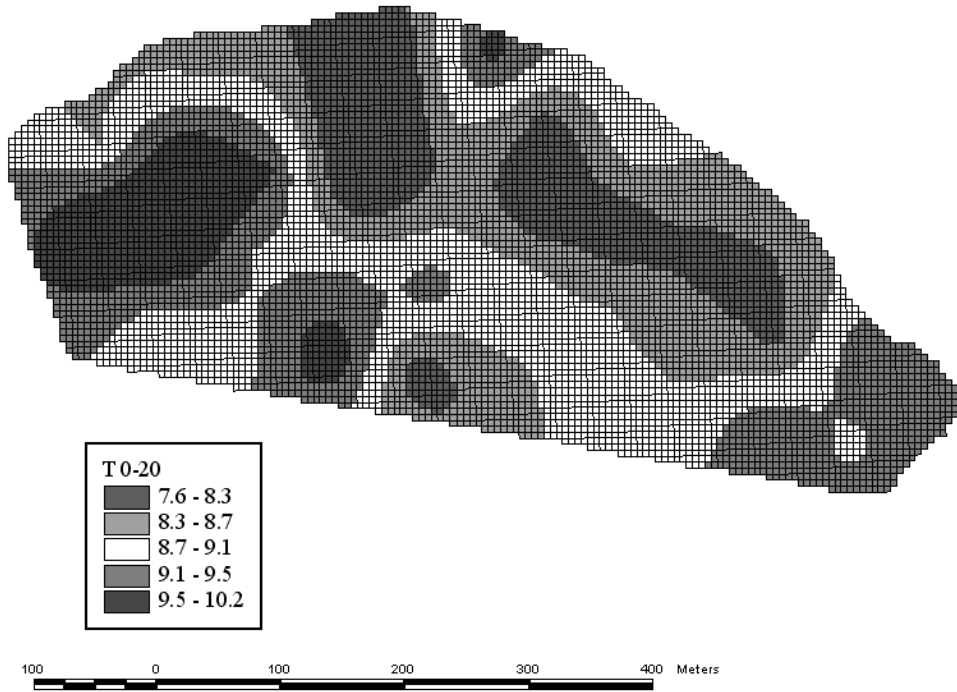
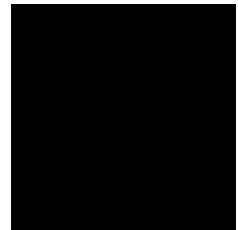


Figura 13g – Mapa da CTC total (T) da gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem 0-20 cm (cmol_c dm⁻³).



PRODUTIVIDADE

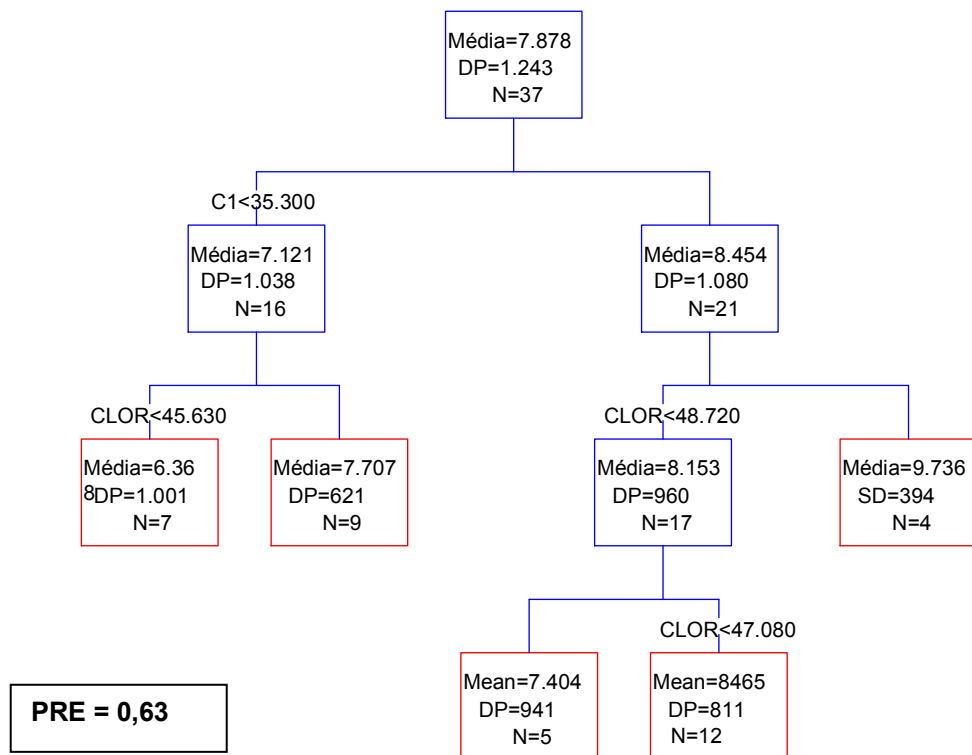


Figura 14 a – Árvore de regressão da gleba Santa Cruz, profundidade de amostragem 0-10 cm. Produtividade (kg ha^{-1}); DP – desvio padrão (kg ha^{-1}); N-número de pontos.

PRODUTIVIDADE

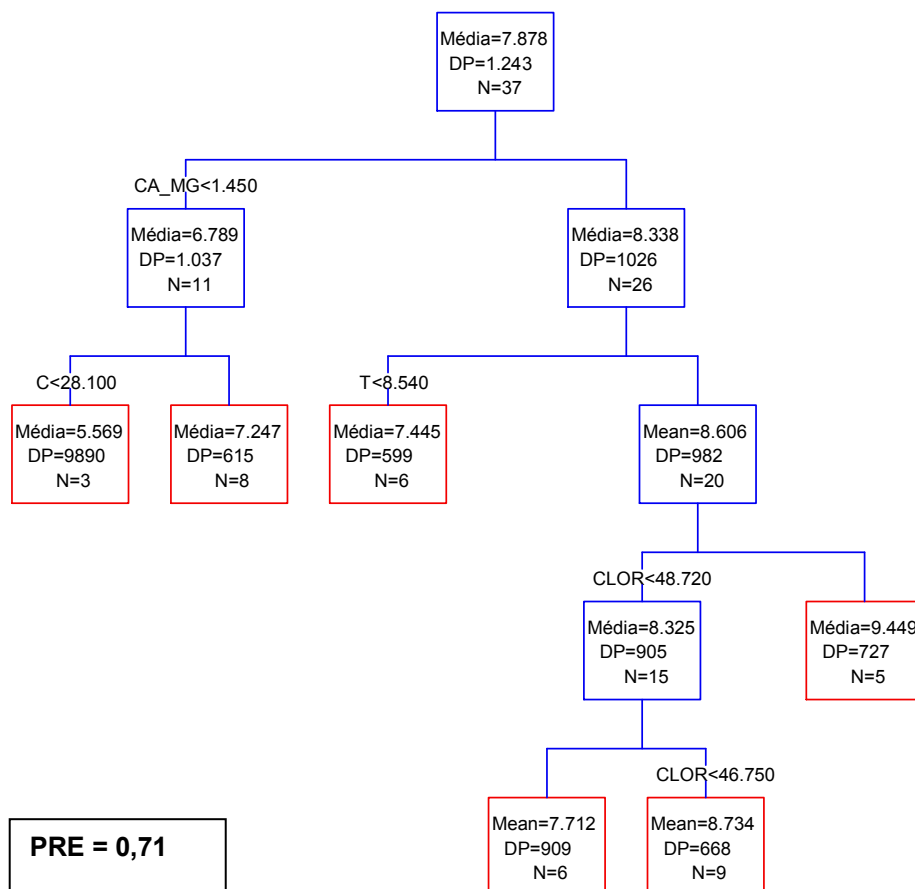
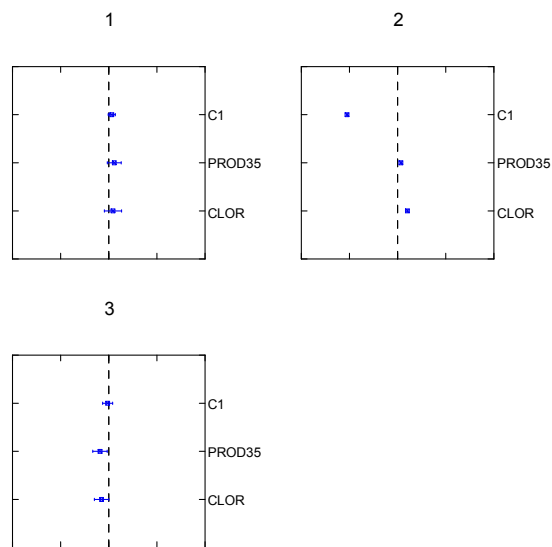


Figura 14b – Árvore de regressão da gléba Santa Cruz, profundidade de amostragem 0-20 cm. Produtividade (kg ha^{-1}); DP – desvio padrão (kg ha^{-1}); N-número de pontos.

a) Gleba Santa Cruz 0-10 cm



b) Gleba Santa Cruz 0-20 cm

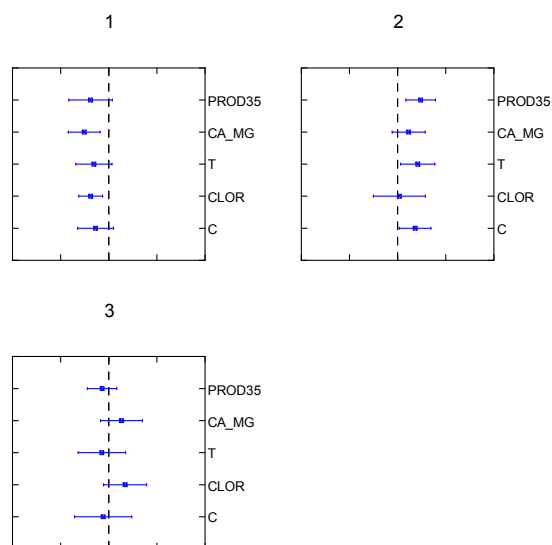


Figura 15 – Grupamentos homogêneos gerados pela proximidade Euclidiana entre os valores padronizados dos atributos selecionados, através do método K-means, gleba Santa Cruz na profundidade de amostragem de 0-10 (a) e 0-20 cm (b). A linha tracejada indica a média dos atributos e as linhas horizontais representam sua amplitude.

5.5. USO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE

Durante a pesquisa bibliográfica foram analisados vários casos, por vezes estes não obtinham correlação significativa que pudesse estabelecer claramente uma relação de causa e efeito. Quando além da variabilidade espacial era também avaliada a variabilidade temporal, a complexidade da análise aumentava, várias ferramentas estatísticas eram empregadas e em muitos casos sem sucesso, deixando claro que a Agricultura de Precisão (AP) necessitava de mais pesquisa a fim de aprimorar seus instrumentos para avaliação, especialmente por muitos dos dados levantados a campo não se ajustarem a curva normal (SCHIEBELBEIN, 2006).

As áreas envolvidas neste projeto apresentaram-se contrastantes e adequadas aos objetivos, porém nas avaliações de campo, para vários atributos os valores não se ajustaram a curva normal (Tabela 2). Esta condição implicou na utilização da estatística não paramétrica (ROLOFF, 2002). As ferramentas empregadas mostraram poder analítico e forneceram parâmetros para compreensão de grande parte da variabilidade espacial da produtividade do milho, durante a safra avaliada. Os resultados alcançados mostraram correspondência com o conhecimento técnico acumulado e o histórico das áreas, reforçando a necessidade de conhecimento multidisciplinar para o correto emprego da AP.

Se comparadas a agricultura tradicional e a AP, o avanço é inegável. Seria praticamente impossível obter mesma quantidade de informações com o mesmo tratamento. Exemplificando a afirmação, a Tabela 15, demonstra os resultados médios de fertilidade de ambas as glebas nas duas profundidades avaliadas. Este resultado estaria próximo de um resultado considerado como ideal obtido numa amostragem convencional, pois foram coletadas 400 amostras simples numa gleba e 370 na outra e ambas com área próxima a 18,0 ha.

A Tabela 15 não representa a grande variação de fertilidade observada nos dados georreferenciados, como os dados das Tabelas 9, 10, 13 e 14. Nestes, citando como exemplo o P na amostragem de 0-20 cm na gleba Santa Cruz, os valores variam de 10,1 a 2,45 mg dm⁻³, ao passo que o dado médio da tabela abaixo assume o valor de 4,58 mg dm⁻³. Na recomendação para a situação tradicional (SBCS, 2004), seriam recomendados na cultura do milho 75 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ para o 1º cultivo. Na situação de

maior valor da amostragem para AP são recomendados 45 kg ha^{-1} e na de menor valor, 85 kg.ha^{-1} . A amplitude desta recomendação é de 40 kg ha^{-1} , ou 89% da menor quantidade. Considerados os custos da adubação fosfatada e potencial de dano ambiental que doses muito altas deste nutriente possuem, ficam evidentes as vantagens do sistema avaliado.

Outro ponto a ser considerado é que o sistema tradicional pode não indicar a real necessidade da área. A gleba Jordãozinho demonstrou clara correlação da produtividade com as relações catiônicas, porém na tabela abaixo, nas duas profundidades amostradas, a relação não fica evidenciada. Segundo critérios comumente adotados, a relação ótima no solo “ideal” seria de 65% de Ca, 10% de Mg e 5% de K no valor T. Para a amostragem de 0-10 cm, esta relação é 39% de Ca, 10% de Mg, 5% de K. Na amostragem de 0-20 cm os valores são: 37% Ca, 9% Mg, 3% K. Não raro, uma recomendação de calagem para esta gleba consideraria a hipótese de uso de calcário calcítico, ao passo que as análises realizadas demonstram justamente o contrário, apontando inibição na absorção de Mg.

Tabela 15 - Resultados médios de alguns atributos químicos para duas profundidades de coleta de amostras das duas áreas do projeto.

Atributo	Unidade	Gleba Sta Cruz		Gleba Jordãozinho	
		Profundidade da amostra (cm)			
		0-10	0-20	0-10	0-20
pH CaCl ₂		4,93	4,81	5,53	5,36
SMP	cmol _c dm ⁻³	5,89	5,81	6,18	6,09
Al	cmol _c dm ⁻³	0,12	0,19	0,01	0,04
H+Al	cmol _c dm ⁻³	5,45	5,83	4,46	4,80
Ca	cmol _c dm ⁻³	2,59	1,72	3,91	3,64
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,31	1,00	1,00	0,90
K	cmol _c dm ⁻³	0,42	0,31	0,46	0,32
P	Mg.dm ⁻³	6,66	4,58	11,07	8,41
C	g.dm ⁻³	34,61	31,28	31,85	28,76
SB	cmol _c dm ⁻³	4,32	3,03	5,37	4,86
T	cmol _c dm ⁻³	9,77	8,86	9,83	9,66
V	%	44,22	34,19	54,63	50,31

Nas condições vigentes na safra 2005/06, para os talhões avaliados a malha padrão de 0,5 ha se mostrou suficiente para o estabelecimento de correlações que pudessem esclarecer as causas da variabilidade espacial da produtividade. Quanto a profundidade de amostragem, pelos resultados obtidos, as realizadas na profundidade de 0 20 cm se mostraram mais eficientes no diagnóstico de causa e efeito.

5.6. POSSIBILIDADES PRÁTICAS DE MANEJO COM AGRICULTURA DE PRECISÃO.

Considerados os resultados, as áreas necessitariam do uso de insumos apropriados em doses variáveis para maximização dos resultados. O emprego de equipamentos capazes de variarem a aplicação seguindo recomendação georreferenciada seria interessante, porém, não indispensável. Métodos alternativos não menos eficientes, porém mais trabalhosos, poderão ser utilizados.

Para a gleba Jordãozinho, onde os resultados indicam a relação de cátions como importante fonte de variabilidade e o Mg com principal elemento, recomenda-se a suspensão da aplicação de calcário calcítico e sua substituição por calcário dolomítico. Também seria interessante o uso de sulfato e óxido de Mg em doses variáveis.

Na gleba Santa Cruz a recomendação inicial seria a calagem da área, especialmente nos pontos onde houvesse a presença do Al tóxico, esta medida contribuiria para correção da disponibilidade de Ca e elevação do pH. Visando a recuperação e uniformização do teor de matéria orgânica recomenda-se a redução da população de animais em pastoreio na cobertura de inverno a fim de que esta tenha condição de formar maior volume de palhada na superfície do solo; o uso mais freqüente da cultura do milho no esquema de rotação de culturas, alternando seu cultivo a cada dois anos é outra medida interessante; durante o período de inverno seja dada a preferência como cobertura espécies com alta relação C/N (gramíneas). Quanto ao nitrogênio, pela característica predominante deste elemento ser utilizado em pós-emergência, recomenda-se a regulagem adequada dos equipamentos e redução na velocidade de trabalho.

Em ambas as glebas, especialmente na Santa Cruz que tem declividade média mais alta, recomendam-se práticas de conservação de solos compatíveis com a necessidade de se evitar o escoamento superficial de água e suas conseqüências erosivas.

6. CONCLUSÃO

Tendo como referência a condição ambiental ocorrida nas glebas avaliadas durante a safra de verão 2005/06, as limitações impostas por apenas um ano de experimentação e de acordo com os dados coletados, conclui-se no presente estudo que:

- Houve variabilidade espacial na produtividade em ambas as áreas do projeto, sendo esta maior na gleba Santa Cruz 125% e 25% na gleba Jordãozinho;

- As causas desta variabilidade foram distintas nas áreas sendo que as árvores de regressão apresentaram um PRE (Redução Proporcional de Erro), de 0,53 e 0,61 para a gleba Jordãozinho e no caso da gleba Santa Cruz o PRE para as amostragens foram de 0,63 e 0,71 respectivamente;

- Na gleba Jordãozinho as variáveis que mais influenciaram a produtividade foram na amostragem de 0-10 cm a saturação de Mg na CTC total (Mg/T) e a relação Mg/K, explicando neste caso 53% da variabilidade espacial da produtividade. Na amostragem de 0-20 cm as variáveis que mais influenciaram foram a concentração de Mg, a soma de bases (SB) e a relação Mg/K com explicação de 61% da variabilidade;

- Para a gleba Santa Cruz as variáveis do teor de carbono (C) e leitura do clorofilômetro, expressando a absorção de N, explicaram 63% da variabilidade espacial da produtividade na amostragem de 0-10 cm. Para a amostragem de 0-20 cm a explicação da variabilidade subiu para 71% com as variáveis C, clorofilômetro, T e relação Ca/Mg.

- Em ambas as glebas a amostragem do solo realizada na profundidade de 0-20 cm foi mais eficiente na explicação da variabilidade espacial da produtividade;

- As ferramentas estatísticas utilizadas foram capazes de esclarecer com coerência técnica as principais causas de variabilidade espacial na produtividade da cultura do milho;

- Os resultados obtidos são capazes de auxiliar na elaboração e gerenciamento de plano de ação capaz de minimizar o efeito negativo ocasionado pelos fatores limitantes a produtividade;

- São necessários mais trabalhos científicos visando aumentar o grau de entendimento sobre as várias relações existentes entre os diferentes fatores envolvidos num cultivo;

- Apesar das limitações decorrentes de sua breve existência como tecnologia, o conjunto de ferramentas disponibilizadas pela agricultura de precisão mostra-se promissora para o entendimento do complexo de fatores envolvidos num sistema produtivo e no gerenciamento da aplicação de insumos.

- Sugere-se que trabalhos sejam feitos a campo relacionando variáveis possíveis de interferirem na produtividade e suas respectivas correlações entre si.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. **Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfv/v13n2/9365.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2005.

BAYER, C.; BISSANI, C. A.; ZABATTA, J. A. Química de solos em plantio direto. In: FONTOURA, S. M.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto.** Guarapuava-PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. p.7-29.

BIANCO, R.; Pragas e seu controle. In: IAPAR **A cultura do milho no Paraná.** Londrina – PR: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1991. p. 185-221.

BONGIOVANNI, R.; DE BOER, J. L. **Nitrogen management in corn using site-specific crop response estimates from a spatial regression model.** In: Proceedings of the 5th international conference on precision agriculture, 6, 2000, Bloomington. **Relação de trabalhos.** CD-ROM.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Boletim Principal_04_07.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/MilhoTotalSerieHist.xls>> Acesso em: 19 jul. 2007.

BUCHLEITER, G. W.; BRODAHL, M.K. **Analysis of precision farming data with classification trees.** In: Proceedings of the 5th international conference on precision agriculture, 6, 2000, Bloomington. **Relação de trabalhos.** CD-ROM.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba – SP: POTAFÓS, 1993. p. 62-145.

CERETTA, C. A. Ciclagem de nutrientes como estratégia à maior eficiência no uso dos nutrientes. In: FONTOURA, S. M.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade de solos em**

plantio direto. Guarapuava-PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006.p. 117-150.

CLARKE, R. T.; BITTENCOURT, H. R. Uso de árvores de decisão na classificação de imagens digitais. Anais **XI SBSR, INPE**, Belo Horizonte-MG, 2003. p.2043-2045.

COLVIN, T. S. Precision agriculture management progress and prospects for corn/soybeans systems in the Midwestern United States. In: SRINIVASAN, A. **Handbook of Precision Agriculture, principles and applications.** New York –NY: Food Products Press, 2006. p.341-352

DOERGE, T. A. **Management Zones Concepts.** Site specific management guidelines, Potash & Phosphate Institute (PPI). Disponível em: <www.ppi-far.org/ssmg> Acesso em: 11 de março de 2007.

DOERGE, T.A. Site Specific Agriculture – Yield map interpretation. **J. Prod. Agric.**, Johnston, IA: v. 12, n.1,\$p. 54-61.1998.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília - DF: EMBRAPA, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná.** Curitiba – PR: SUDESUL/IAPAR, 1984. 2V. (Boletim Técnico, 27).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Tradução: Maria Edna Tenório Nunes. 2. ed. Londrina – PR: Editora Planta, 2006. 403p.

FANCELLI, L. A.; DOURADO NETO, D. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, L. A. **Milho estratégias de manejo para a região sul.** Guarapuava – PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. p 103-116.

FERGUSON, R. B.; HERGERT, G. W. **Soil sampling for precision agriculture, 2000.** University of Nebraska Cooperative Extension EC154. Disponível em <http://ianrpubs.unl.edu/soil/ec154/ec154.html>> Acesso em: 20 jul. 2007.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas.** Passo Fundo-RS: Universidade de Passo Fundo (UPF), 2004. 528p.

FONTOURA, S. M. V. **Adubação nitrogenada na cultura do milho em Entre Rios, Guarapuava, Paraná.** Guarapuava-PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2005. 94p.

FRANCIS, D. D.; PIEKIELEK, W. P. **Assessing crop nitrogen needs with chlorophyll meters.** Site specific management guidelines, Potash & Phosphate Institute (PPI). Disponível em: < www.ppi-far.org/ssmg> Acesso em: 11 de março de 2007.

GIMENEZ, L. M. & MOLIN, J.P. Algoritmo para redução de erros em mapas de produtividade para agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Agrocomputação,** Ponta Grossa-PR , v.2, n.1, p.6, 2004. p.55-10.

HERNANDEZ, R. J. M.; SILVEIRA, R. I. **Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays L.*)** . Scientia Agricola, 1998, vol 55, n 1. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161998000100014> Acesso em: 10 de julho de 2007.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo.** Tradução e adaptação: Scheid Lopes. 2.ed. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1998. 177p.

KARLEN, D. L., ANDEWS, S.S., COLVIN, T.S., JAYNES, D.B. **Spatial and temporal variability in corn growth, development, insect pressure, and yield.** In: Proceedings

of the 4th international conference on precision agriculture pg 101-112, 7, 1998, St. Paul. Ed : Robert, P.C., Rust, R.H. e Larson, W.E.: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America e Soil Science Society of America, 1998.

LEPSCH, I. F., BELLINAZZI JR, R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA. C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas-SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.175p.

LOGSDON, S., PRUGER, J., MEEK, D., COLVIN, T., JAMES, D., MILNER, M. **Crop yield variability as influenced by water in rain-fed agriculture.** In: Proceedings of the 4th international conference on precision agriculture pg 453-465, 7, 1998, St. Paul. Ed : Robert, P.C., Rust, R.H. e Larson, W.E.: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America e Soil Science Society of America, 1998.

MAAK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba - PR. Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 305p.

MAGALHÃES, A. C., SILVA, W. J. Determinantes genético-fisiológicos da Produtividade do Milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e Produção do Milho**, Campinas-SP, v.2, Fundação Cargill, 1987. p.425-450.

MAGALHÃES, P. C. Aspectos fisiológicos da cultura do milho irrigada. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COUTO, L. **A Cultura do Milho Irrigado.** Brasília-DF: EMBRAPA, 2003. p. 43-67.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; DE OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações** – Piracicaba-SP: POTAFOS, 1989. 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 1997. 674p.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P. Remoção de erros mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,

Campina Grande-PB, v.8, n1, pg 126-134, 2004.

MOLIN, J.P. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho.** Castro-PR Fundação ABC, 2000. 72p.

MOLIN, J. P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: ConBAP – Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ESALQ/USP, 2004, Piracicaba-SP. **Relação de trabalhos.** CD-ROM.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná – SEAB/DERAL. **Produção Agrícola Municipal.** Disponível em:
<www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pps.xls#Milho_Normal!A1> Acesso em 19 jul. 2007.

PINTO, N. F. J. A. Manejo de doenças na cultura do milho irrigado. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COUTO, L. **A Cultura do Milho Irrigado.** Brasília-DF: EMBRAPA, 2003. p. 157-182.

ROLOFF, G.; FOCHT, D. Brazil: potential and constraints. In: SRINIVASAN, A. **Handbook of Precision Agriculture, principles and applications.** New York –NY: Food Products Press, 2006. p.635-656.

ROLOFF, G., FOCHT, D., Mapeamento dos Atributos do solo-Malha ou zona de manejo? In: III Simpósio sobre Agricultura de Precisão, Anais. Piracicaba-SP. 2001. **Relação de trabalhos.** CD-ROM.

ROLOFF, G.; FOCHT, D.; SCHIEBELBEIN, L. M.; **Estabelecimento das relações causa:efeito que interferem na produtividade da soja.** In: ConBAP – Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ESALQ/USP, 2006, São Pedro-SP. **Relação de trabalhos.** CD-ROM.

ROLOFF, G.; FOCHT, D.; SCHIEBELBEIN, L. M.; **Mining regional spatial field data for cause and effect relations involving soybeans yield.** In: Proceedings of the 8th

international conference on precision agriculture, 7, 1998, St. Paul. Ed : Robert, P.C., Rust, R.H. e Larson, W.E.: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America e Soil Science Society of America, 2006.

REETZ JR, H. F.; FIXEN, P.E. **Strategic Approach to site specific systems** Site specific management guidelines, Potash & Phosphate Institute (PPI). Disponível em: <www.ppi-far.org/ssmg> Acesso em: 17 mai. 2007.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Arquivo do Agrônomo n°15 – Instituto Potafós, encarte do informações agrônômicas n° 103., Piracicaba-SP, 2003

RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A., ADAMI, M., FREITAS, J. G. Resposta espectral do Milho e sua relação com altos níveis de produtividade e grãos. In: 11 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 2003, Belo Horizonte. **Anais 11 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.p. 2597-2603.

SCHIEBELBEIN, L.M. **Atributos do solo espacializados e seu controle sobre a produtividade da soja em um Latossolo Vermelho distroférico**. Curitiba, 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

SCHIEBELBEIN. L. M.; ROLOFF, G.; FOCHT, D. **Diferentes formas de preparação e utilização dos dados oriundos de monitores de produtividade na análise da dependência espacial e correlação com variáveis de solo**. In 2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, São Pedro-SP – ESALQ/USP 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. -10. ed - Porto Alegre – RS, 2004. 400p.

SRINIVASAN, A. Precision agriculture an overview. In: **Handbook of Precision**

Agriculture, principles and applications In: SRINIVASAN, A. **Handbook of Precision Agriculture, principles and applications**. New York –NY: Food Products Press, 2006. p. 3-18.

TAIZ, L.; ZEIGER E.; trad. Santarém E. R. **Fisiologia vegetal**. 3ª Edição. Porto Alegre – RS. Ed. Artmed, 2004. 719p.

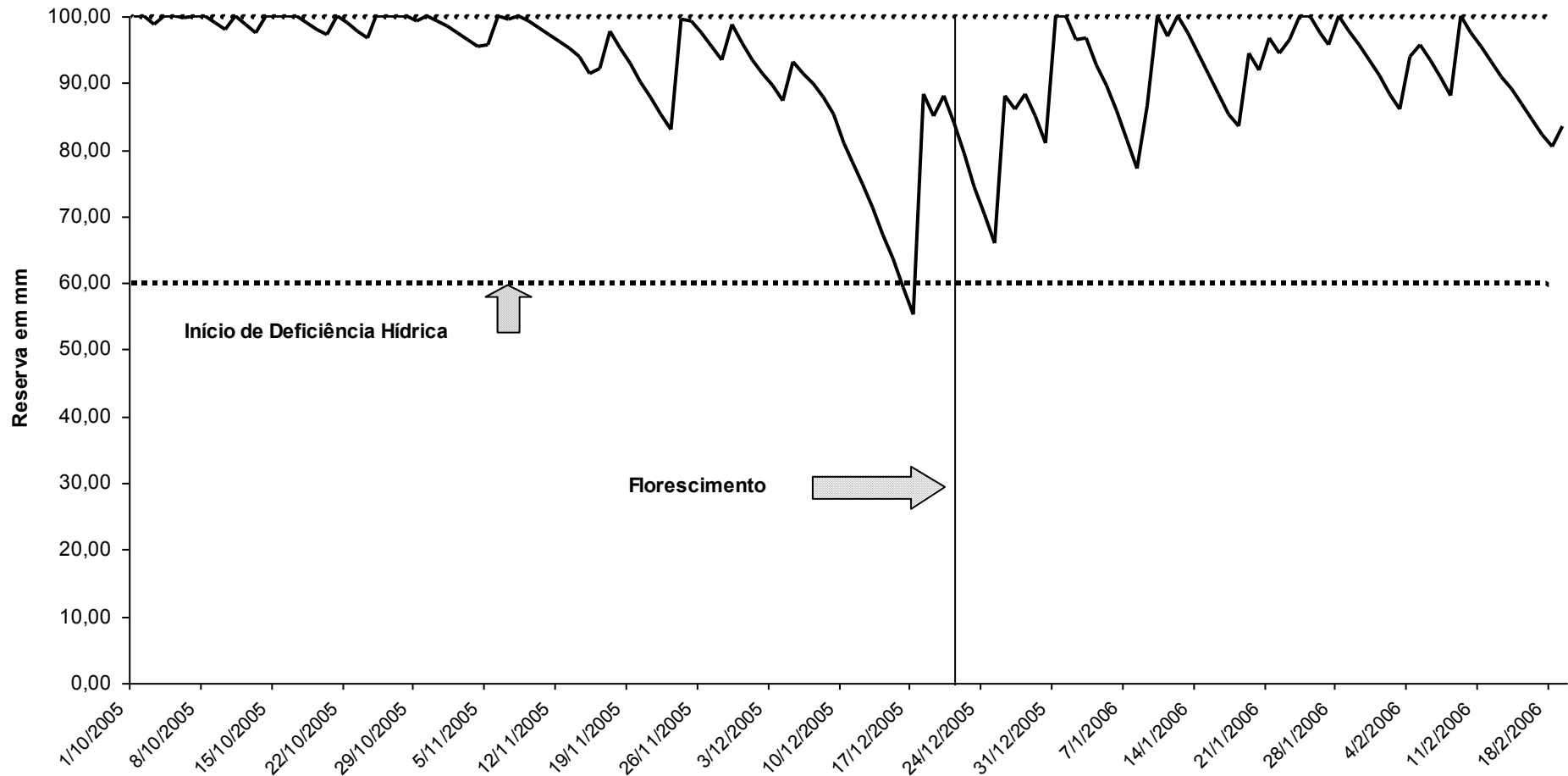
TIMLIN, D. J., PACHEPSKY, Y. A., SNYDER, V.A., BRYANT, R.B. **Soil Surface Curvature and the spatial and temporal variability of corn grain yields on a Hillslope**. In: Proceedings of the 4th international conference on precision agriculture pg 203-224, 7, 1998, St. Paul. Ed : Robert, P.C., Rust, R.H. e Larson, W.E.: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America e Soil Science Society of America, 1998.

VIEIRA JUNIOR, P.A., MOLIN, J.P., DOURADO NETO, D., MANFRON, P., MASCARIN, L.S., FAULIN, G.C., DETOMINI, E.R. Relações entre população, distribuição espacial de plantas, atributos do solo e rendimento de grãos de milho. . In: ConBAP – Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ESALQ/USP, 2004, Piracicaba-SP. **Relação de trabalhos**. CD-ROM.

WYCISKALLA, T.D., VARSA, E.C., CHONG, S.K., EBELHAR, S.A. INDORANTE, S.J., MCCAULEY, W.M., ROBERTSON, G.K. An evaluation of soil site factors responsible for yield variations in two southern Illinois farm fields. In: Proceedings of the 5th international conference on precision agriculture, 6, 2000, Bloomington. **Relação de trabalhos**. CD-ROM.

Anexo 1 – Balanço hídrico estimado par cultura do milho com germinação aproximada em 1º de outubro de 2005.

Balanço Hídrico da Cultura de milho Gleba Jordãozinho germinação em 1/10/2005



Anexo 2 – Balanço hídrico estimado par cultura do milho com germinação aproximada em 10 de outubro de 2005.

Balanço Hídrico da Cultura de milho Gleba Santa Cruz germinação em 10/10/2005

