



**Ministério da Educação - MEC**  
**Secretaria de Educação Tecnológica – SETEC**  
**Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes/MG – EAFI/MG**

**GILBERTO EUFRÁSIO DO COUTO**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E SUAS  
CORRELAÇÕES COM OS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO EM  
UMA CULTURA DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**

**INCONFIDENTES**  
**2008**

**GILBERTO EUFRÁSIO DO COUTO**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E SUAS  
CORRELAÇÕES COM OS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO EM  
UMA CULTURA DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**

Monografia apresentada à Escola Agrotécnica Federal  
de Inconfidentes – MG, como parte das exigências do  
Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

**Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Dias Rochas**

**INCONFIDENTES  
2008**

**GILBERTO EUFRÁSIO DO COUTO**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E SUAS  
CORRELAÇÕES COM OS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO EM  
UMA CULTURA DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**

**DATA DE APROVAÇÃO: 26 de Novembro de 2008**

---

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Carlos Dias Rocha (EAFI)**

---

**Prof. Dr. Miguel Angel Isaac Toledo Del Pino (EAFI)**

---

**Prof. Dr. Lucia Ferreira (EAFI)**

*À Deus, por me conduzir nesse mundo e permitir que eu  
cumprisse mais uma etapa em minha vida*

*À meu pai Antônio Moreira do Couto "in memória", pelo seu pouco  
convívio ao meu lado, mas me ensinou muitas lições para vida.*

*DEDICO*

## **Agradecimentos**

A Deus, por permitir viver de forma incrível nesse mundo

À Nossa Senhora por me dar uma grande interseção junto ao Pai

À minha querida mãe “Maria Madalena Jesus Couto”, meu irmão “Gilson Ezequiel do Couto” pelo apoio para realização dessa graduação. Meu sincero agradecimento

À Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, pela acolhida nesses três anos

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Dias Rocha, por não medir esforços para uma melhor qualidade de ensino na instituição

Aos Prof. Dr. Miguel Angel Isaac Toledo Del Pino e Prof. Dr. Lucia Ferreira, por participar na avaliação do trabalho

Ao Prof. Dr. João Célio de Araujo, por dar incentivo a execução do projeto

Ao Alexandre Schuler mesmo à distância agradecer seu apoio e motivação para realizar esse projeto

Ao Caetano técnico responsável pela cultura do café na EAFI e seus subordinados por me ajudar na parte na colheita dos frutos

E também Adalberto e Eteane, que muito me ajudaram nas análises e na coleta do solo

Aos colegas de sala de aula pelo excelente convívio nessa graduação dentre eles, Sara, Felipe, Thiago da Borda, Thiago Índio, Carlos, Mirela, Gabrielle, Bruna, Ricardo, Cristiano, Wellington, Rafaela, Mark, Rafael e Leonardo

Aos servidores da escola, principalmente Fernanda e Sidnei, pela amizade nesses anos

Aos colegas de república, pela amizade e pelas boas risadas que nós demos durante o convívio

## Sumário

RESUMO .....	II
ABSTRACT .....	III
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivos gerais .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
3.1. Cafeicultura no Brasil .....	4
3.2. Física do solo .....	5
3.3. Compactação do solo .....	6
3.4. Penetrômetro .....	8
3.5. Mapas temáticos e geoestatística .....	9
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	12
4.1. Escolha do local .....	12
4.2. Mapa de produtividade .....	13
4.3. Mapa de compactação do solo .....	13
4.4. Mapa de umidade do solo .....	14
4.5. Densidade do solo .....	15
4.6. Granulométrica .....	16
4.7. Análises estatísticas dos dados obtidos .....	16
4.8. Geração de mapas temáticos .....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5.1. Estatística descritiva .....	17
5.1.1. Coeficiente de Variação .....	18
5.3. Mapas digitais .....	19
5.3.1. Mapa de produtividade .....	19
5.3.2. Mapa dos atributos do solo .....	22
5.3.3. Mapas da densidade do solo .....	24
5.4. Correlações entre a produtividade e parâmetros físicos do solo avaliado .....	28
6. CONCLUSÕES .....	29
7. LITERATURA CONSULTADA .....	30
8. Anexo .....	32
8.1. Gráficos da resistência a penetração do solo medido pelo penetrômetro .....	32

## RESUMO

A variabilidade espacial dos atributos do solo surge desde a sua formação, sendo o manejo da cultura empregada nesse solo se torna, mais uma forma adicional para contribuir com essa variabilidade. E o estudo dessas variabilidades se torna indispensável para uma agricultura sustentável e economicamente viável, pois com essas variabilidades em mãos, pode-se fazer uma análise completa do talhão que está sendo trabalhado para produção vegetal destinada ao uso antrópico. Esse é o desígnio da agricultura de precisão que visa tratar o talhão da forma como ele se apresenta, tendo alta variabilidade em seus parâmetros ou não. O objetivo da prática desse trabalho foi o de avaliar a variabilidade de atributos físicos de um Latossolo Vermelho onde se encontra um plantio de café, na Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, sul de Minas Gerais. Foram amostrados trinta pontos, tirando-se amostras da produtividade de quatro plantas por ponto amostral; resistência a penetração medida através de um penetrômetro analógico em uma profundidade de 0,0-0,70m; densidade do solo medida através do método do torrão parafinado numa camada de 0,0-0,3m; mensuração da granulométrica do solo que consiste em teores de silte, areia e argila usando percentual de cada parâmetro como unidade de medida. Após a coleta dos dados a campo realizou-se a análise estatística descritiva, onde também se calculou valores candidatos a discrepantes onde os mesmos foram retirados para um novo cálculo estatístico descritivo, e esses valores filtrados também foram usados para realização da interpolação dos dados para geração de mapas digitais e, além disso, realizou-se uma correlação dos dados filtrados da produtividade entre os outros valores dos parâmetros estudados para confirmar ou não se esses parâmetros interferiram na produtividade da cultura avaliada. Esses mapas foram gerados no programa geoestatístico GS+ e os modelos estatísticos e a correlação foram calculados no Microsoft® Excel. Para confecção dos mapas, o módulo interpolador utilizado foi o quadrado inverso da distância. Após os cálculos estatísticos, apenas a densidade do solo medido pelo torrão parafinado, a produtividade e a resistência a penetração apresentaram valores considerados discrepantes. Já o coeficiente de variação da produtividade, percentual de silte, e densidade a 0,70m foi considerando alto, provando assim através desse tipo de análise um alta variabilidade desses parâmetros, entretanto areia e densidade a 0,30m proporcionaram valores médios, e densidade medida pelo torrão parafinado, argila e umidade seus coeficientes de variação relataram baixos valores, sendo eles de baixa variabilidade espacial no terreno avaliado. As correlações apresentaram baixos valores, a areia e umidade foram únicos que apresentaram valores positivos 0,40 e 0,28 respectivamente, os demais parâmetros, densidade medida pelo do torrão -0,23, silte -0,22, argila -0,21, resistência a penetração a 0,30 – 0,70m 0,06 e -0,19 respectivamente apresentaram valores negativos, mas bem próximos de zero considerando, assim, que não houve correlação significativa. Conclui-se, portanto que, o que interferiu na produtividade foi uma variável oculta, que pode se tratar de algumas doenças impregnadas em determinadas partes da cultura ou uma variabilidade espacial na composição química do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variabilidade espacial, geoestatística, correlação, produtividade, coeficiente de variação.

## ABSTRACT

The space variability of the attributes of the ground appears since its formation, being the handling of the culture used in this ground if it becomes, plus an additional form to contribute with this variability. The study of these variability if becomes indispensable for a sustainable and economically viable agriculture, therefore with these variability in hands, a complete analysis of the grid can be made that is being worked for vegetal production destined to the atrophic use. This is the design of the precision agriculture that it aims at to deal with the grid the form as it presents itself, having high variability in its parameters or not. The objective of the practical one of this work was to evaluate the variability of physical attributes of a Latossolo Vermelho where if it finds a coffee plantation, in Escola Federal Agrotécnica Inconfidentes, south of Minas Gerais. Samples of the productivity of four plants for model point had been showed to thirty points, taking off themselves; resistance the penetration measured through one penetrometer analogical in a depth of 0,0-0,70m; density of the ground measured through the method of the soil paraffined in a layer of 0,0-0,3m; mensuración of the grain sized one of the ground that consists of texts of silte, sand and clay using percentile of each parameter as unit of measure. After the collection of the data the field became fulfilled it analysis descriptive statistics, where also if it calculated values candidates the outlier where the same ones had been removed for a new descriptive statistical calculation, and these values also filtered had been used for accomplishment of the interpolation of the data for generation of digital maps e, moreover, a correlation of the filtered data of the productivity was become fulfilled enters the other values of the studied parameters to confirm or if these parameters had not intervened with the productivity of the evaluated culture. These maps had been generated in geoestatistic program GS+ and the statistical models and the correlation had been calculated in the Microsoft® Excel. For confeccion of the maps, the module used interpolater was the inverse square of in the distance. After the statistical calculations, only the density of the ground measured by the paraffined soil, the productivity and the resistance the penetration had presented considered values outlie. Already the coefficient of variation of the productivity, percentage of silte, and density 0,70m was considering high, thus proving through this type of analysis one high variability of these parameters, however sand and density 0,30m had provided average values, and density measured for the paraffined soil, clay and humidity its coefficients of variation had told to basses values, being they of low space variability in the evaluated land. The correlations had presented basses values, the sand and humidity had been only that they had presented positive values 0,40 and 0,28 respectively, the too much parameters, density measured for the one of the soil -0,23, silte -0,22, clay -0,21, resistance the penetration the 0,30 - 0,70m 0,06 and -0,19 had respectively presented values negative, but well next to zero considering, thus, that it did not have significant correlation. One concludes, therefore that, what it intervened with the productivity was an occult 0 variable, that can be about some illnesses impregnated in determined parts of the culture or a space variability in the chemical composition of the ground.

Words Key: geoestatistic, space variability, correlation, productivity, coefficient of variation.



## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma nação está associado à sua capacidade de produção, gerenciamento e comercialização de recursos advindos de vários setores, como indústria e a agricultura. No caso do nosso país, o setor agrícola contribui com a maior fatia do montante das exportações, gerando assim os recursos financeiros necessários ao desenvolvimento do país.

Agricultura de Precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e da planta encontrada nos talhões e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente (MOLIN et al., 2006). Isto posto, o emprego dessa técnica tende a diminuir o impacto ambiental da produção agrícola no país. Pois, os insumos e tratos culturais serão usados de maneira pontual, não usando a média como é comum na agricultura convencional.

A agricultura de precisão requer princípios de manejo de acordo com a variabilidade no campo, o que requer novas técnicas para estimar e mapear a variabilidade espacial dos atributos e propriedades dos solos (ZIMBACK, 2003).

O Estado de Minas Gerais é, responsável por 50,4% da produção de café do país, em números absolutos corresponde a 23.385 sacas de café beneficiadas para a safra de 2008. Isto significa que a produção no estado está 42% maior que a safra anterior (CNCAFE, 2008). Com isso, se justifica o uso da agricultura de precisão, nos empregos dos tratos culturais.

Diversas pesquisas foram realizadas no levantamento de variabilidade espaciais em plantações de café. Fatores como declividade e posição topográfica influenciam na produtividade das culturas de maneira indireta, por influenciarem nos atributos químicos e físicos do solo (SOUZA, 2004).

Outros autores estudaram o mapeamento de características específicas, bem como variabilidade e dependência espacial destas nos solos na cultura do café, como: índice de cone

(MOLIN & SILVA JÚNIOR, 2003), mapa de maturação (FAULIN et al., 2004), aplicação em taxa variada de P, K (MOLIN et al., 2006).

Molin et al., (2006) destacam que se tem feito poucos mapas de produtividades para grandes culturas agrícolas no Brasil como cana-de-açúcar, café, laranja. Pesquisas com a otimização de recursos naturais para agricultura necessitam ser realizadas, pois, inicia-se uma crise energética mundial.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

Diagnosticar a variabilidade dos parâmetros físicos do solo, sob lavoura de café na Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes e estabelecer as correlações entre dados de compactação e as características levantadas na lavoura.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Elaborar um mapa de produtividade do cafeeiro;
- Elaborar mapas dos parâmetros físicos e da umidade do solo;
- Correlacionar os parâmetros levantados e verificar como a compactação do solo interfere em uma cultura cafeeira.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Cafeicultura no Brasil

A cultura do café foi introduzida no Brasil em 1727, no estado Pará, com sementes e mudas oriundas da Guiana Francesa. A (Figura 1) esquematiza todo o percurso de implantação do café no Brasil durante esses quase III séculos da chegada da planta ao território brasileiro.

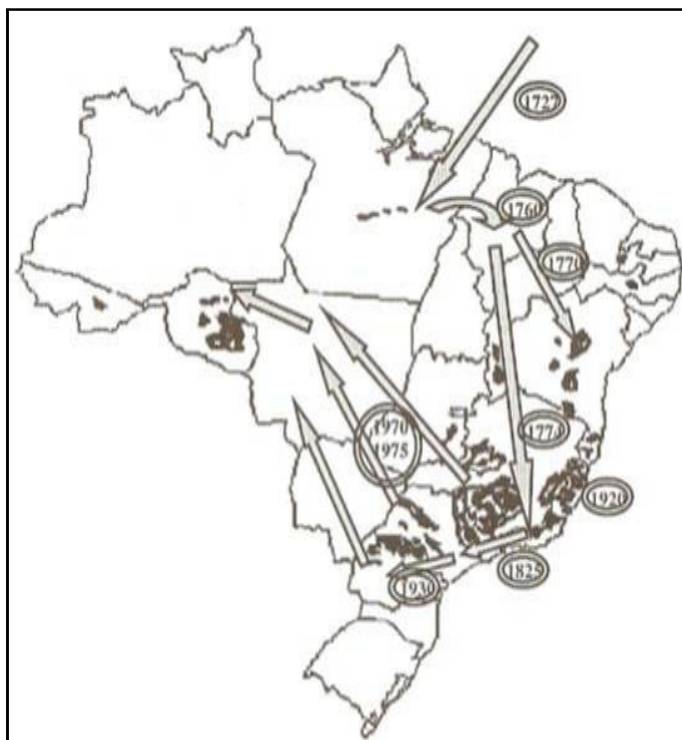


Figura 1 - Evolução da cafeicultura no Brasil e áreas cafeeiras. (Fonte: MATIELLO et al., 2002)

Matiello et al., (2002), relataram que o parque cafeeiro atual é de aproximadamente 5 bilhões de pés de café e é composto por uma parcela de cafeeiros novos

(21%) e adultos, considerados, assim, plantas com mais 2,5 anos. No aspecto regional de áreas de plantio do fruto destaca-se a liderança do Estado de Minas Gerais (52%), em seguida o Espírito Santo (21%), São Paulo (8,7%), Paraná (8%), Rondônia (6%) Bahia (2,3%), e outros estados são pequenos produtores (2%), incluídos Mato Grosso, Rio de Janeiro, Goiás, Ceará, Pernambuco, Pará e Acre.

Segundo ABIC (2008), o Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo responsável por 30% do mercado internacional de café, volume equivalente à soma da produção dos outros seis maiores países produtores. É, também, o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos.

Existem diversos fatores que interferem na produtividade do cafeeiro. Podemos destacar o teor de nutriente disponível no solo para cultura, presença de alguma praga ou doença que acomete a plantação e parâmetros físicos do solo onde as plantas se estabelecem.

Conforme MATIELLO et al., (2002) a constituição do solo pode ser verificada externa e internamente. Externamente, se constitui o relevo do talhão e a presença de cascalho na superfície ou rochas e, também, a presença de erosão laminar ou em sulco. E internamente são determinadas pela textura, estrutura, profundidade e a porosidade.

### **3.2. Física do solo**

A textura é uma condição física determinada pela quantidade e pelo tamanho das partículas (areia, silte e argila) no solo, não podendo ser alterada de forma econômica. A textura tem influência direta sobre: retenção de nutrientes; a capacidade de armazenamento, liberação e infiltração de água no solo; o arejamento do solo; a temperatura da superfície do solo e a resistência à erosão (MATIELLO et al., 2002).

As partículas podem ser caracterizadas da seguinte maneira, conforme FERREIRA et al., 2003:

a) Areia – é solta, com grãos simples não forma agregados, não plástica, não pode ser deformada, não pegajosa, não higroscópica, predominam poros grandes na massa, não coesa, pequena superfície específica, CTC praticamente ausente.

b) Silte – é sedosa ao tato, apresenta ligeira coesão quando seca, poros de tamanho intermediário, ligeira ou baixa higroscopicidade, superfície específica com valor intermediário, CTC baixa.

c) Argila – é plástica e pegajosa quando úmida, dura e muito coesa quando seca, alta higroscopicidade, elevada superfície específica alta CTC, contração e expansão, forma agregados com outras partículas.

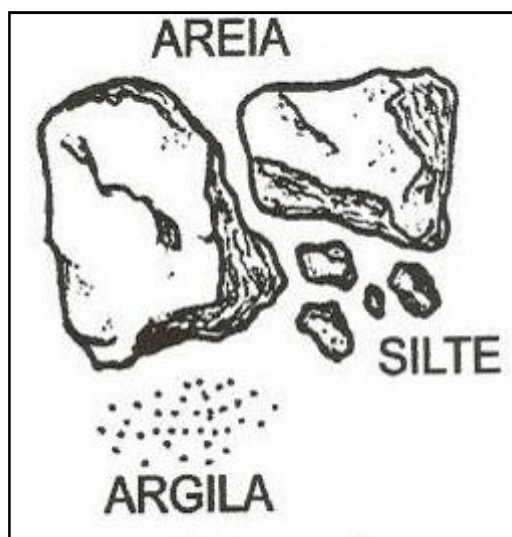


Figura 2- Representação comparativa dos tamanhos das frações de areia, silte e argila (Fonte: FERREIRA et al., 2003).

A textura é argilosa se o solo apresentar mais de 35% de argila, arenosa se tiver mais de 85% de areia e barrenta se tiver menos de 35% de argila e menos 85% de areia; existem ainda, várias classes intermediárias. Uma boa estrutura do solo pode amenizar problemas com solos muito pesados, ou seja, solos com um teor elevado de argila.

### 3.3. Compactação do solo

O solo é o substrato básico de toda vida terrestre (FERREIRA et al., 2003). O manejo correto de elemento para a vida sustentável na terra se faz necessário. Pois conhecer seu estado físico é de suma importância.

O termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado durante a qual existe um aumento da densidade do solo em consequência da redução do seu volume (GUPTA & AMARAL, 1987; GUPTA et al., 1989 citado por FERREIRA et al., 2003). Ocorrendo este fenômeno diminui a porcentagem de macro poros.

A compactação pode ocorrer em duas regiões do perfil do solo e, em ambas, relacionadas ao manejo inadequado do solo:

a) Superfície - pelo tráfego de máquinas pesadas no solo quando o mesmo está com alta porcentagem de umidade, o que facilita a compactação da superfície do solo.

b) Sub-superfície - nas camadas de 0,40 a 0,60 m de profundidade, graças à infiltração e deposição das argilas presente no solo, sendo retidas nessa profundidade. O manejo incorreto de gradagens ou outros implementos que pulveriza o solo causam o mesmo fenômeno (MATIELLO et al., 2002).

Existem múltiplas maneiras de diagnosticar esse problema. (MATIELLO et al., 2002; FERREIRA et al., 2003), destacam:

Na planta:

- Baixa emergência das plantas;
- Variação no tamanho das plantas;
- Folhas amareladas;
- Sistema radicular pouco profundo (figura 3);
- Raízes mal formadas;

No solo:

- Presença de crostas;
- Aparecimento de trincas nos sulcos de rodagem do trator;
- Zonas endurecidas abaixo da superfície do solo;
- Empoçamento de água;
- Erosão pluvial excessiva;
- Presença de resíduos vegetais parcialmente decompostos;
- Necessidade de maior potência das máquinas de cultivo;
- Alta densidade ou massa específica do solo, determinada em laboratório;
- Alta resistência a penetração.

Na figura 3 pode ser observado o problema que o adensamento do solo pode causar a uma planta de café, no que tange ao seu desenvolvimento de seu sistema radicular.



Figura 3 - Sistema radicular do cafeeiro desenvolvido em diferentes condições de adensamento. (Fonte: MATIELLO et al., 2002).

### 3.4. Penetrômetro

É um equipamento com uma haste longa que penetra no solo sempre que impulsionada pelo peso nela existente (MATIELLO et al., 2002). De todas as técnicas para a detecção do adensamento do solo, o penetrômetro é mais preciso.

MATIELLO et al., (2002) relataram que, no penetrômetro, a haste é graduada e permite avaliar a dureza do solo, nas várias batidas (do peso) necessárias para a haste penetrar à determinada distância. E com os dados coletados, cria-se um gráfico que permitirá a verificação da densidade do solo, em sua respectiva profundidade.

Subsolagem é a prática pela qual se rompe as camadas adensadas do na sub-superfície do solo. A subsolagem é realizada por um subsolador tracionado por um trator.

MAGALHÃES et al., (2004) adverte que a subsolagem é uma prática agrônômica cara e também que na maioria dos casos, essa tomada de decisão é feita com informações pouco confiáveis.

Na agricultura de precisão tende se usar o maior número de informações. Com o levantamento do índice da compactação do solo no talhão e a reunião desses valores pode-se fazer um mapa de compactação do solo como o seguinte (Figura 4):



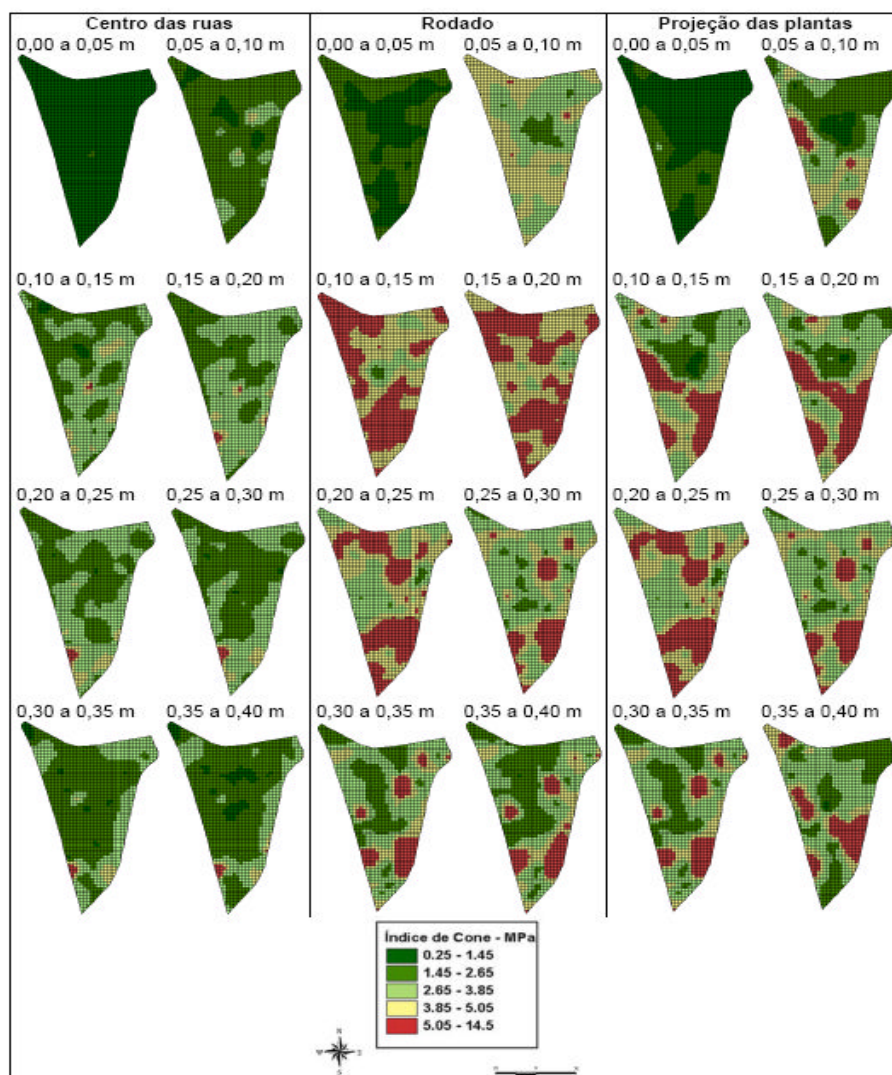


Figura 4 - Mapa do índice de cone referente aos dados coletados nas diferentes profundidade e localização. Fonte: MAGALHÃES et al., (2004).

Com essa informação em mãos, fica mais fácil verificar os pontos do talhão onde serão necessários o uso da subsolagem.

### 3.5. Mapas temáticos e geostatística

De acordo com ARAÚJO et al., (2004) agricultura de precisão propõe que o tratamento localizado dos pontos do terreno pode maximizar o uso da terra e de insumos agrícolas, aumentando a produtividade e diminuindo o gasto com insumos. Fazer um mapa de produtividade se faz necessário, pois com esse estudo em mãos, o responsável pela área

tomará suas decisões com mais concisão. Mapa de produtividade é uma parte essencial à agricultura de precisão.

A maior dificuldade encontrada hoje pela Agricultura de Precisão está em estabelecer uma boa correlação entre as propriedades do solo e os atributos que determinam a produtividade (KNOB, 2004).

E para estudar essas variabilidades usa-se a geoestatística. A geoestatística é um tópico especial da estatística aplicada que tratam de problemas referentes às variáveis regionalizadas, aquelas que têm comportamento espacial mostrando características intermediárias entre as variáveis verdadeiramente aleatórias e as totalmente determinísticas (LANDIM, 1998 citado por ZIMBACK, 2003).

A geoestatística oferece uma ampla e flexível variedade de ferramentas que fornecem estimativas para locais não amostrados, sendo que estas técnicas estimam valores pela média linear ponderada das amostras disponíveis, não diferentemente da regressão linear múltipla (ZIMBACK, 2003).

O semivariograma é um modelo que expressa o quanto um dado fator varia espacialmente com a distância. Para se obter esse modelo em uma área, são calculadas as semivariâncias como uma combinação de todos os pontos amostrais. Para calcular a semivariância, toma-se dois pontos e subtrai-se um do outro, eleva-se o resultado ao quadrado e divide-se por dois (KNOB, 2004). Que tem como fórmula geral para se calcular a semivariograma:

$$\gamma (h) = \frac{1}{2N} \sum [Z (x_i) - Z (x_i + h)]^2$$

onde:

$\gamma (h)$  - é o valor do semivariograma estimado para a distância h;

x - é a medida de posição;

h - é a distância entre medições.

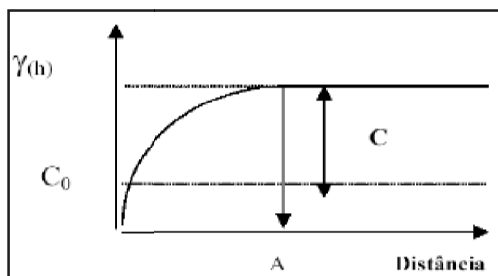


Figura 5 - Modelo de semivariograma.

$\gamma(h)$ : semivariância;

Co: efeito pepita;

C: semivariância estrutural;

C + Co: Patamar;

A: Alcance.

O semivariograma resume a continuidade espacial para todos os pareamentos (comparação de dois valores) e para todos os h significativos (ZIMBACK, 2003).

O Efeito Pepita (Co) corresponde a cota do ponto onde o semivariograma corta o eixo das ordenadas. Segundo VALENTE (1989) citado por ZIMBACK (2003), este ponto reflete as microestruturas não captadas pela menor escala da amostragem, erros de amostragem de análises laboratoriais, etc.

O Alcance (A) corresponde ao conceito da Zona de Influência ou de Dependência Espacial de uma amostra, marcando a distância a partir da qual as amostras tornam-se independentes, (Guerra 1988 citado por ZIMBACK 2003).

O Patamar (C+Co) corresponde ao ponto onde toda semivariância da amostra é de influência aleatória, correspondendo a variância total ( $s^2$ ) obtida pela estatística clássica TRANGMAR et al., (1985) citados por ZIMBACK (2003).

Quando o Efeito Pepita (Co) for aproximadamente igual ao Patamar (C+Co), denomina-se Efeito Pepita Puro demonstrando que a amostra não recebe influência espacial TRANGMAR et al., (1985) citado por ZIMBACK (2003).

Após a geração do semivariograma e para se chegar ao mapa digital, há a necessidade de fazer uma interpolação dos dados. Onde se gera os mapas digitais para visualização dos valores estipulados. O método de interpolação mais comuns e de uso em conjuntos de dados relacionados à Agricultura de Precisão são citados e descritos por MOLIN (2001) como sendo, vizinho mais próximo da média local, quadrado inverso da distância a uma potência e “krigagem”.

De acordo com ZIMBACK (2003) na agricultura de precisão usa-se o quadrado inverso da distancia a uma potência e “Krigagem”. Ambos os métodos estimam valores de locais não amostrados baseados na medição de locais vizinhos com pesos determinados para cada medição. A ponderação do inverso da distância é mais fácil de realizar, enquanto que a “Krigagem” consome mais tempo e é mais complicada de se aplicar; contudo a “Krigagem” faz uma descrição mais acurada da estrutura espacial dos dados e produz valiosa informação sobre a distribuição da estimação do erro.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Escolha do local

O presente projeto foi implantado no município de Inconfidentes Minas Gerais com localização geográfica de Latitude 22°19'01S e Longitude 46°19'40W na Fazenda da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, MG, em uma lavoura de café implantada a sete anos. A precipitação média anual é de 1500 mm. O solo é Latossolo Vermelho Escuro e o clima da região foi classificado de acordo com o método de Köppen como subtropical com inverno seco (Cwb).



Figura 6 – Vista parcial do experimento. Inconfidentes, MG 2008.

O talhão é formado pela cultivar ‘Icatu Vermelho’. Com um espaçamento de 1,00 m x 1,50m, totalizando 6666 plantas.ha<sup>-1</sup>, o talhão depara dez anos de implantação, em uma

área experimental de 0,284 ha. Há dois anos, o talhão sofreu uma poda de recepa, que é uma poda baixa e drástica, que provê a renovação quase total da copa.

Os pontos amostrais foram determinados na primeira, quarta, oitava e décima terceira linha, respectivamente, onde no início da linha se iniciava um ponto amostral e a cada 12 m era considerado os demais pontos, para todos os parâmetros avaliados.

#### **4.2. Mapa de produtividade**

Foram colhidos manualmente sobre panos, os grãos para a determinação da produtividade de quatro plantas e considerados no centro dessas quatro plantas um ponto amostral, durante o mês de Julho, com um total de 30 pontos amostrais. Após cada colheita no pano, os frutos eram armazenados em sacos devidamente identificados e pesados em uma balança digital para se determinar a produtividade de cada ponto. Cada ponto foi georreferenciado por meio das coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) obtidas por um GPS Garmin Legend. A produtividade da área de cada ponto foi convertida para  $t.ha^{-1}$ , através de uma simples regra de três, seja,  $1,5 \times 4 = 6m^2$  que equivale área do ponto amostral (SILVA et al., 2007)

Tendo em mãos os valores em  $t.ha^{-1}$  junto com as coordenadas, estas foram exportados para o programa GS+ (ROBERTSON, 1998), para geração de mapa temático da produtividade.

#### **4.3. Mapa de compactação do solo**

A resistência à penetração é o método mais prático para se mensurar a compactação do solo. Este consistiu em inserir no solo uma haste com uma ponta cônica e um soquete com peso conhecido, com isso sabe-se a resistência a penetração por meio de uma fórmula a qual se calculou a densidade do solo em determinada profundidade.

$D = \frac{W}{V} * \frac{1}{1000}$  onde:

D=densidade;

B= número de batidas;

I= profundidade do início no perfil avaliado;

F= profundidade final no perfil avaliado.

A resistência foi medida sob a copa da planta. Primeiramente foi retirado o excesso de matéria orgânica na superfície do solo com uma enxada (Figura 7). Com isso utilizou-se o penetrômetro. E com o uso das fórmulas gerou gráficos com densidades conhecidas ao longo do perfil do solo (anexo 8.1.).

Foram avaliados trinta pontos na área experimental. Com uma profundidade de 0,00 a 0,70m. E cada ponto amostral foi georreferenciado por meio das coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) em um GPS Garmin Legend metodologia utilizada por (KNOB, 2004).

E posteriormente correlacionado com o teor de produtividade para verificar se o índice de cone interveiu na produtividade da área experimental. E também exportado juntos com as coordenadas e os valores encontrados para o programa GS+ (ROBERTSON, 1998) para geração de um mapa temático do índice a 0,3m e 0,7m .

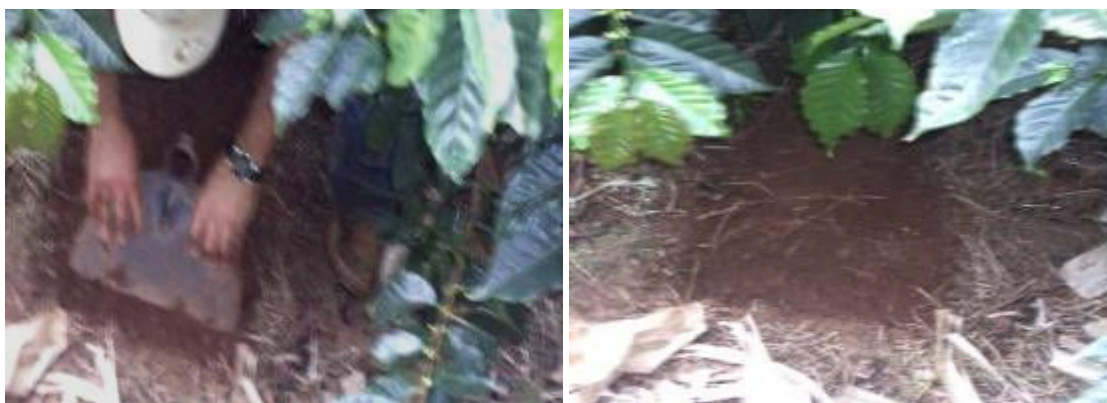


Figura 7 – Limpeza do Solo para dar início a medir a resistência a penetração através do penetrômetro.

#### **4.4. Mapa de umidade do solo**

É de suma importância conhecer a umidade do solo junto com a densidade do solo para fazer uma correlação entre dois parâmetros para saber se o teor de água no solo atuou como um lubrificante na haste e na ponta cônica. Para conhecer o real valor da densidade do solo.

Para determinação da umidade do solo, utilizou-se método o proposto por FERREIRA et al., 2003. Este método consiste em se determinar a massa de uma amostra de solo antes e depois da secagem em estufa a 105 - 110°C durante 24 horas ou até a massa estar constante. A umidade foi expressa pela equação:

---

#### 4.5. Densidade do solo

Um método utilizado para medir a densidade do solo foi o torrão parafinado (torrão impermeabilizado) num total de trinta amostras. Metodologia usada foi proposta por FERREIRA et al., 2003 em que o valor da densidade foi obtido conforme a fórmula abaixo:

Onde:

$D_s$  = Densidade  $\text{g.cm}^{-3}$

PST = peso do seco do torrão

V<sub>lt</sub> = volume do torrão

A figura 8 exhibe o preparo do torrão e este sendo pesado imerso em água e devidamente impermeabilizado.

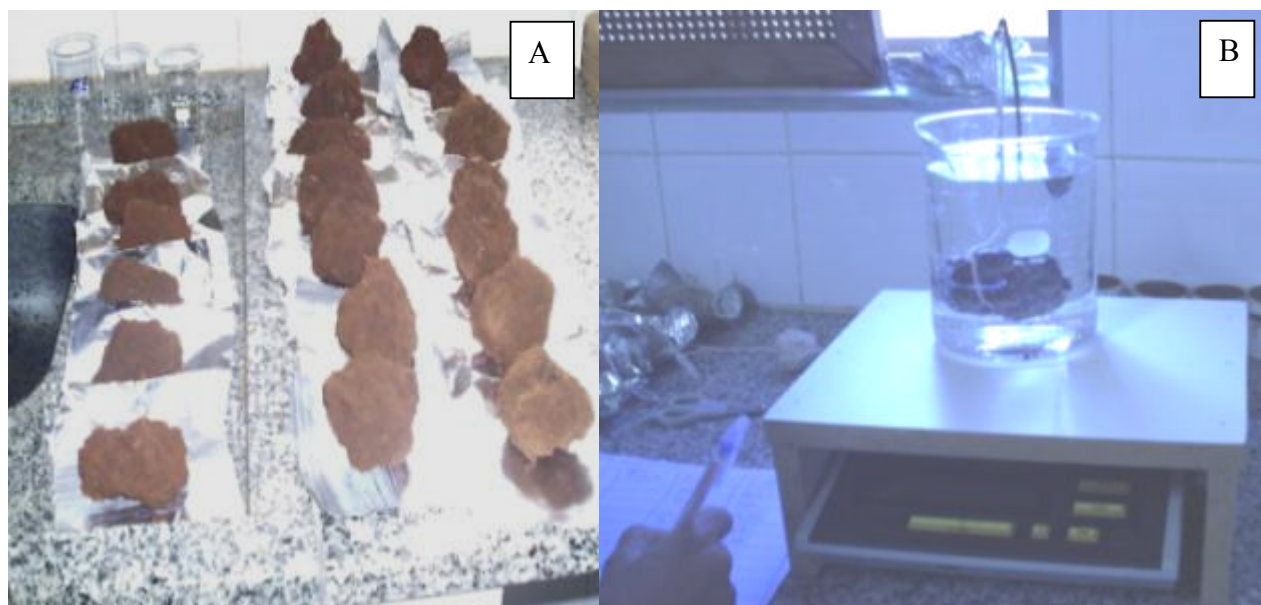


Figura 8 - A torrão devidamente identificados e secos; B torrão sendo pesado em uma balança analítica.

O tamanho desses torrões estavam na ordem de 7 cm de diâmetro. E cada amostra foi retirada dos pontos amostrais previamente determinados.

#### 4.6. Granulométrica

Para determinação dos teores de areia, silte e argila, foi usado o método do densímetro Bouyoucos, conforme (FERREIRA et al., 2003).

#### 4.7. Análises estatísticas dos dados obtidos

A análise exploratória dos dados por meio da estatística descritiva foi realizada para fornecer os principais parâmetros (soma, média, mediana, limite superior e inferior, coeficiente de variação, curtose, quartil inferior e superior). Esses parâmetros foram calculados no Microsoft® Excel sugerido por TRIOLA, 2005.

Segundo MOLIN (s,d) é sempre necessário um tratamento preliminar dos dados antes de transformá-los em mapas que vá servir para análise e tomada de decisão. Este tratamento consiste na retirada de valores candidatos a discrepantes.

Para identificação desses valores candidatos discrepantes (*outlier* mínimo e *outlier* máximo) nos conjunto de dados, utilizou-se critérios descritos por (MEGATTI, 2002)

$Ls = q_{\uparrow} + (q_{\uparrow} - q_{\uparrow})$ ,  $Li = q_{\downarrow} - (q_{\uparrow} - q_{\downarrow})$ , onde:

Ls= limite superior

Li = limite inferior

$q_{\uparrow}$ = quartil superior

$q_{\downarrow}$ = quartil inferior

Primeiramente, foi feita a estatística descritiva dos valores encontrados a campo (dados brutos). Uma vez detectados esses valores os mesmo eram retirados dos conjuntos de dados e calculados novamente, os parâmetros estatísticos (dados filtrados) e realizados o mapas temáticos com os (dados filtrados).

A correlação foi feita no programa Microsoft® Excel a 5% de significância (TRIOLA, 2005).

#### 4.8. Geração de mapas temáticos

Os mapas foram gerados pelo Software GS+ (ROBERTSON, 1998) versão 5. Os registros granulométricas do solo, densidade do torrão, densidade medida pelo penetrômetro e produtividade foram interpolados pelo inverso do quadrado da distância.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Estatística descritiva

Para julgar se um atributo variabilidade horizontal pode-se adotar dois critérios: calcular o coeficiente de variação entre as amostras ou adotar tabelas de classificação que apresentam os valores limites para cada classe de enquadramento (KNOB, 2004). As (Tabelas 1 e 2) apresentam esses valores da estatística descritiva realizada no experimento.

Tabela 1 - Valores encontrados na análises descritiva dos parâmetros granulométricos levantados em uma cultura de café em Inconfidentes, MG 2008.

	Silte		Argila		Areia	
	Filtrados	Brutos	Filtrados	Brutos	Filtrados	Brutos
<b>Soma</b>	194,43	194,43	1716,54	1848,74	610,66	656,82
<b>Media</b>	7,20	7,20	68,66	68,47	23,49	24,33
<b>Mediana</b>	7,27	7,27	69,42	69,42	23,07	23,07
<b>Valor Máximo</b>	13,52	13,52	79,28	82,29	31,80	46,17
<b>Valor Mínimo</b>	0,76	0,76	60,28	49,91	16,95	16,95
<b>Desvio Padrão</b>	3,37	3,37	5,56	7,01	3,98	5,85
<b>Quartil Superior</b>	9,52	9,52	70,77	71,19	26,60	26,99
<b>Quartil Inferior</b>	5,17	5,17	64,47	63,88	21,05	21,16
<b>LS*</b>	—	16,05	—	82,16	—	35,73
<b>LI**</b>	—	-1,36	—	52,19	—	12,42
<b>Curtose</b>	-0,61*	-0,61*	-0,63*	0,74**	-0,59*	6,58***

\*distribuição mesocúrtica, \*\* distribuição platicúrtica, \*\*\* distribuição leptocúrtica, Ls\* é o limite superior, LI\*\* é o limite inferior

Tabela 2 - Valores encontrados na análises descritiva dos parâmetros levantados em uma cultura de café em Inconfidentes, MG 2008.

	Umidade		Densidade à 30cm		Densidade à 70 cm	
	Filtrados	Brutos	Filtrados	Brutos	Filtrados	Brutos
<b>Soma</b>	864,78	864,78	40,22	46,26	53,94	53,94
<b>Media</b>	30,89	30,89	1,61	1,65	1,93	1,93
<b>Mediana</b>	31,15	31,15	1,48	1,51	1,82	1,82
<b>Valor Máximo</b>	35,28	35,28	2,54	2,83	3,51	3,51
<b>Valor Mínimo</b>	24,61	24,61	1,09	0,51	1,09	1,09
<b>Desvio Padrão</b>	2,52	2,52	0,33	0,49	0,64	0,64
<b>Quartil Superior</b>	32,01	32,01	1,75	1,90	2,37	2,37
<b>Quartil Inferior</b>	29,16	29,16	1,42	1,42	1,37	1,37
<b>LS*</b>	–	36,30	–	2,61	–	3,87
<b>LI**</b>	–	24,87	–	0,70	–	-0,12
<b>Curtose</b>	0,13*	0,13*	1,38***	1,36***	-0,11**	-0,11**

\*distribuição mesocúrtica, \*\* distribuição platicúrtica, \*\*\* distribuição leptocúrtica, LS\* é o limite superior, LI\*\* é o limite inferior

Silte foi o parâmetro que apresentou um maior valor de coeficiente de variação, porém não apresentou valores considerados discrepantes, então seus valores encontrados no experimento se mantiveram nos modelos estatísticos calculados.

Já areia foi o parâmetro que após a filtragem houve uma melhora em seu valor de coeficiente de variação saltando de 20,07% para 16,94%.

### 5.1.1. Coeficiente de Variação

O coeficiente de variação é um parâmetro muito importante na análise das discrepâncias dos atributos avaliados. Esses valores foram estipulados após a filtragem dos dados brutos, ou seja, foram estabelecidos após eliminação dos valores considerados discrepantes em relação aos encontrados no estudo. A figura 9 relata os valores de coeficiente de variação encontrados no presente estudo.

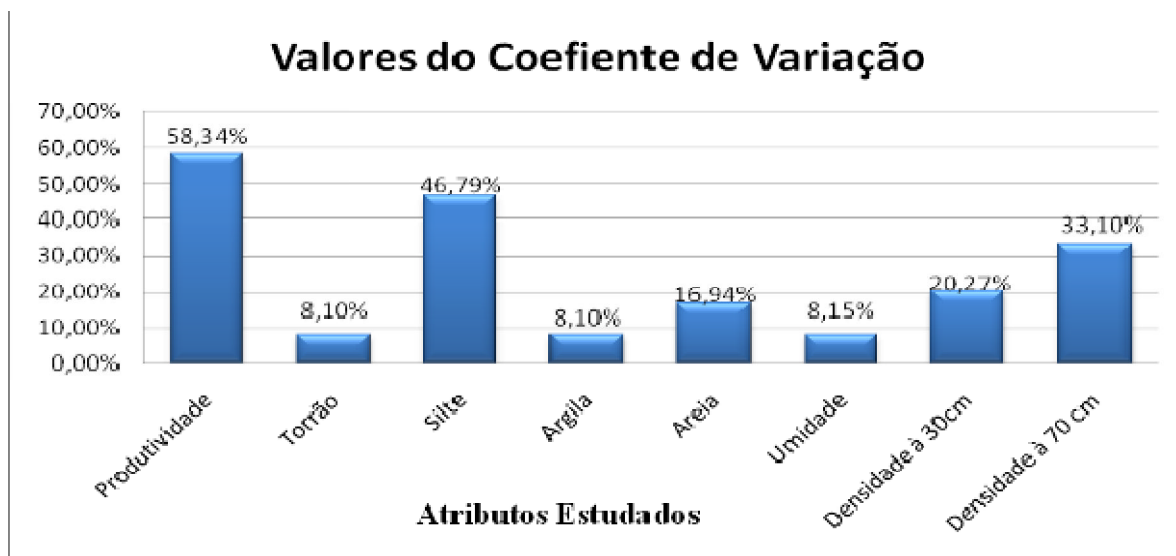


Figura 9 - Valores dos coeficientes de variação encontrados nas análises dos objetos estudados.

De acordo GOMES (1984) citado por MACHADO (2006), o coeficiente de variação abaixo de 10% é considerado um valor baixo, entre (10-20%) médio (20-30%) alto (>30%) muito alto.

A figura 9 mostra o menor valor de coeficiente de variação, densidade medida pelo torrão parafinado(8,10%) e também mesmo valor de percentual de argila (8,10%), seguida por umidade (8,15%), percentual de areia (16,94%), densidade à 30cm (20,27%), densidade à 70cm (33,10%), percentual de silte (46,79%) e a produtividade foi a variável que o maior valor de coeficiente de variação (58,34%).

MOLIN et al., (2006), trabalhando com produtividade em sacas café beneficiado.ha<sup>-1</sup> encontrou um valor muito alto de coeficiente de variação na casa 30%. SILVA et al (2007) fazendo uma colheita manual de café também encontrou um valor muito alto de coeficiente de variação, valor este de 78%. O valor encontrado de coeficiente de variação da produtividade, nesse estudo condiz com os valores citados pelos autores acima.

### 5.3. Mapas digitais

#### 5.3.1. Mapa de produtividade

Valores dispostos na tabela 1, onde se encontram valores brutos onde não se eliminou os valores considerados discrepantes (*outlier*) e valores filtrados onde houve

tratamento dos dados, ou seja, retirados valores discrepantes tanto acima ou abaixo do estabelecido.

A tabela 3, com a estatística descritiva dos valores brutos e filtrados encontrados na colheita. Valores abaixo de  $-6,13 \text{ t.ha}^{-1}$  ou acima de  $20,87 \text{ t.ha}^{-1}$  foram considerados discrepantes e foram eliminados, assim dando origem ao grupo de dados filtrados. Com isso houve um ajuste nos parâmetros avaliados. Como observado, o limite inferior não houve alteração, já no limite superior houve troca de valores. E, também, houve uma redução no valor da média que passou de  $8,37 \text{ t ha}^{-1}$  para  $7,84 \text{ t ha}^{-1}$ .

O valor do coeficiente de variação alto mostra a existência de uma heterogeneidade na produtividade da área estudada. E com os dados filtrados realizou-se uma interpolação por meio do quadrado inverso da distância. Em que pode-se constatar a grande variabilidade na produção da área.

Tabela 3 - Estatística descritiva da produtividade do cafeeiro, safra 2007-2008, cultivar 'Icatu Vermelho'. Inconfidentes, MG 2008

Dados da Produtividade	Filtrados	Brutos
Soma	219,58	242,83
Media	7,84	8,37
Mediana	7,17	7,33
Limite superior	19,67	23,25
Limite Inferior	1,08	1,08
Desvio Padrão	4,58	5,33
Coeficiente de Variação	58%	64%
Quartil Superior	10,69	10,75
Quartil Inferior	3,98	4,00
Curtose	0,16*	1,02**

**\*distribuição mesocúrtica,\*\* distribuição platicúrtica.**

Com o mapa figura 11 de produtividade interpolado, pode-se observar áreas com suas respectivas produtividades. Pode-se observar que houve áreas com baixa produtividade, principalmente nas bordas, e com áreas com maior produtividade ao centro do talhão.

Com ambos os valores pode-se observar variabilidade de produtividade dentro do mesmo talhão. Esta técnica proporcionou a visualização da diferença de produtividade. A figura 10 mostra como houve uma sensível mudança nos valores após a retirada dos valores discrepantes no histograma de distribuição de frequência.

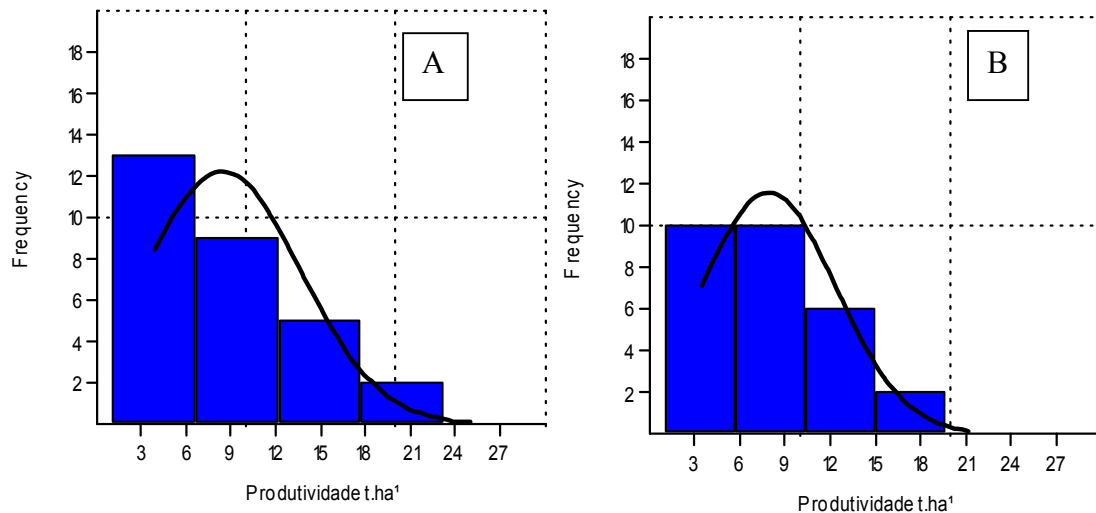


Figura 10 - Histograma de Frequência, “A” antes da filtragem (dados brutos), “B” histograma feito a partir dos dados processados retirados valores discrepantes (dados filtrados).

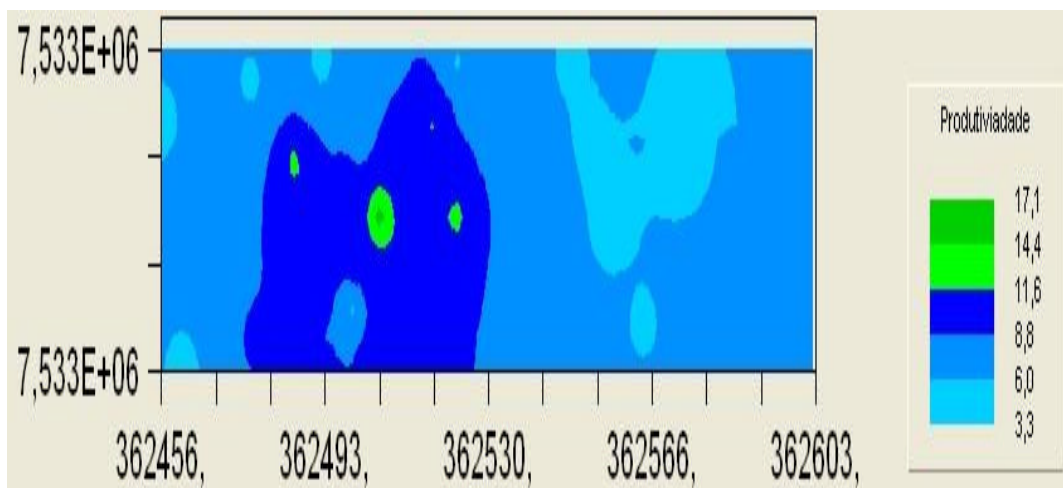


Figura 11 - Modelo digital do mapa interpolado de produtividade (t.ha<sup>-1</sup>) gerado a partir da amostragem manual em uma cultura de café. Inconfidentes, MG 2008.

Os resultados aqui obtidos assemelham-se aos de MOLIN et al., (2004) realizados na colheita de cana de açúcar manual com o intuito de gerar um mapa de produtividade após a retirada do valores considerados discrepantes, houve uma melhora no coeficiente de variação saltando de 43,29% para 29,45% e também uma redução no valor da média antes da filtragem era 141,3 t ha<sup>-1</sup> indo para 129,7 t ha<sup>-1</sup>. Ocorreram mudanças de todos os modelos estatísticos após a filtragem. Com isso é imprescindível a eliminação dos dados discrepantes para uma melhor análise dos valores encontrados na área experimental.

A metodologia empregada para visualização da variabilidade espacial da produtividade se mostrou válida, pois, por meio do mapa digital de produtividade visualizou a

existência de áreas no mesmo talhão com alta e baixa produtividade. Discrepância essa verificada no coeficiente de variação da produtividade, demonstrando a heterogeneidade da área e com isso, comprovando há necessidade de aplicação de taxas variadas de insumos agrícolas, para se almejar uma determinada produtividade.

### 5.3.2. Mapa dos atributos do solo

As figuras abaixo correspondem mapa de percentual de areia figura 12, percentual de silte figura 13, percentual de argila figura 14, densidade do torrão figura 18, densidade do solo à 30 cm figura 19 e densidade do solo à 70 cm figura 20.

A figura 12 mostra a variabilidade do teor de areia presente no talhão avaliado. O coeficiente de variação do silte foi de 16,87%. E também pode comparar visualmente com o mapa de produtividade figura 11 onde houve um maior percentual de areia, e uma maior produtividade, porém, o valor encontrado não mostrou haver uma correlação significativa entres os valores de percentual de areia e produtividade.

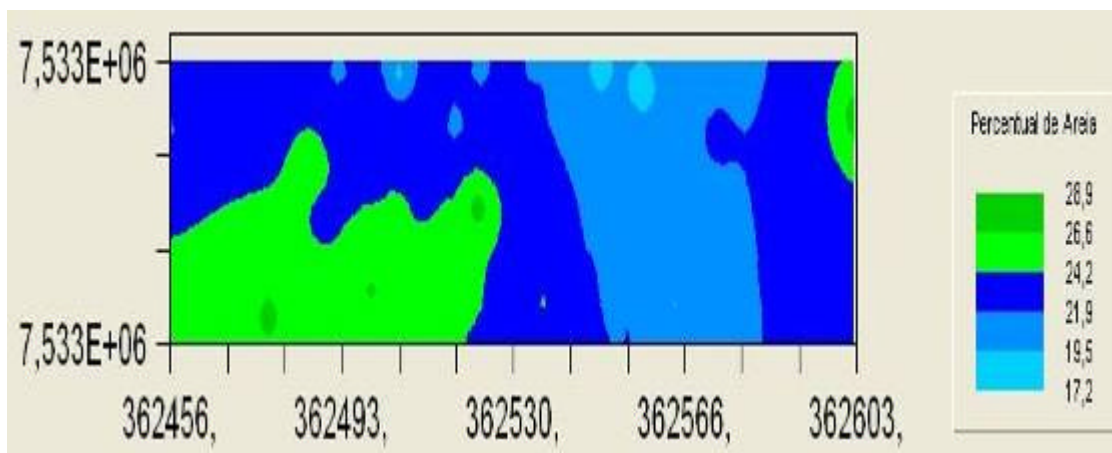


Figura 12 - Modelo digital de percentual de areia, gerado a partir dos valores fornecidos da análise granulométrica. Inconfidentes, MG 2008.

Pode-se na figura 13 que o percentual de silte apresenta uma grande variação entres os valores, quando comparados de uma ponta a outra. No início mostra valores baixos e no final da área experimental valores maiores. O coeficiente de variação do silte de 46% é considerado um valor alto. Isso mostra que o silte foi o parâmetro físico do solo que mais mostrou variação entre os valores.

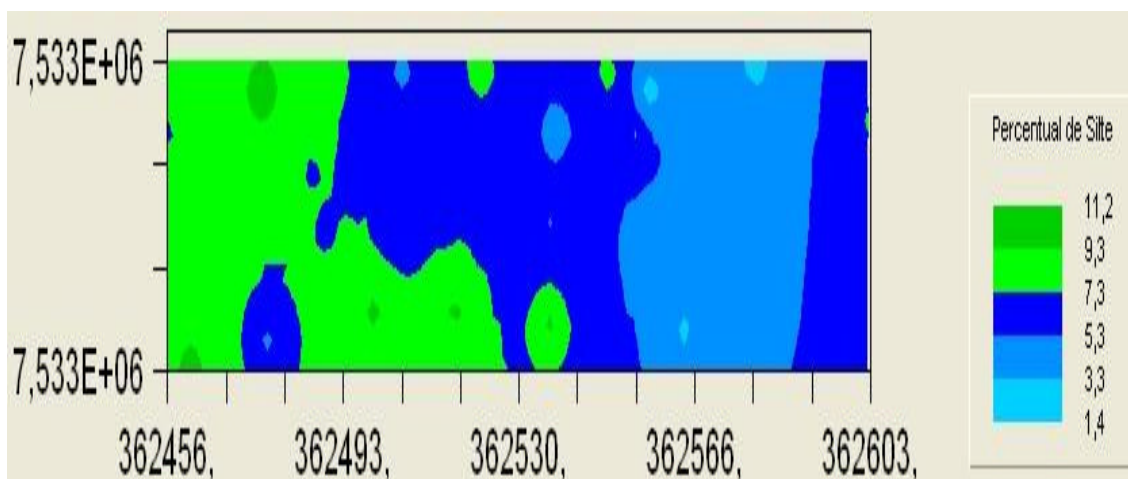


Figura 13 - Modelo digital de percentual de silte, gerado a partir dos valores fornecidos da análise granulométrica. Inconfidentes, MG 2008.

A figura 14 mostra que no início do talhão ocorreu um maior percentual de argila e ao fundo apresentou um menor percentual de areia. Comparando visualmente com o mapa de produtividade figura 11 onde apresentou maior valor de produtividade apresentou menor valor de argila e onde foi o maior valor de argila houve uma menor produtividade. Mas através da correlação não mostrou haver uma correlação positiva entre os dois parâmetros.

De acordo MATIELLO et al., (2002) solo de textura média são os mais indicados para o cafeeiro. Por isso onde houve um menor valor de argila figura 14 foi maior a produtividade figura 11, mas como citado acima através da correlação isso não se provou ser significativamente positivo.

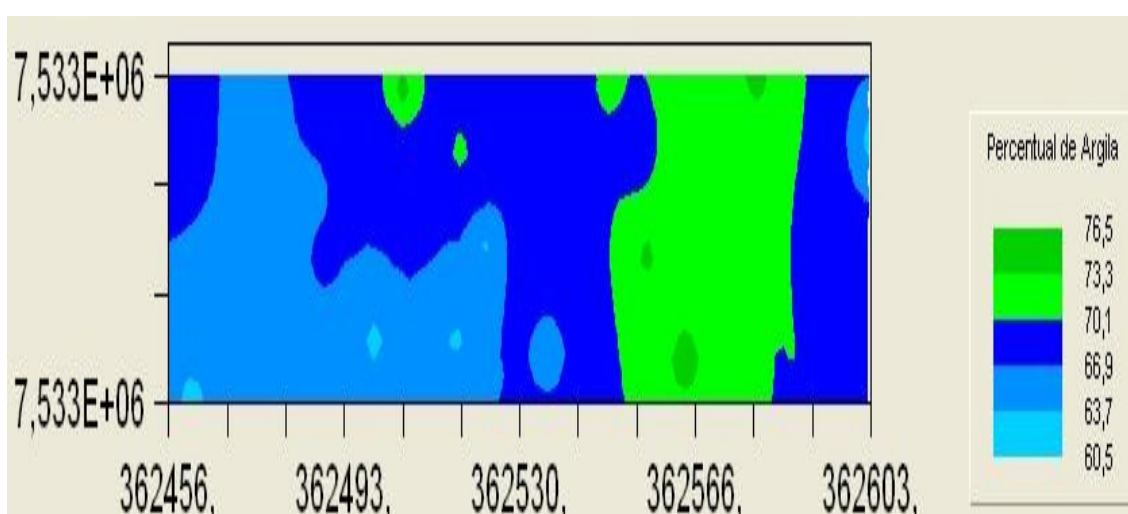


Figura 14 - Modelo digital de percentual de argila, gerado a partir dos valores fornecidos da análise granulométrica. Inconfidentes, MG 2008.

Como observado na figura 15 o solo da cultura está classificado como um solo argiloso. Classificação essa que se deu através das médias (silte 7,20%, Argila 68,66% , Areia 23,49%) encontradas na área experimental.

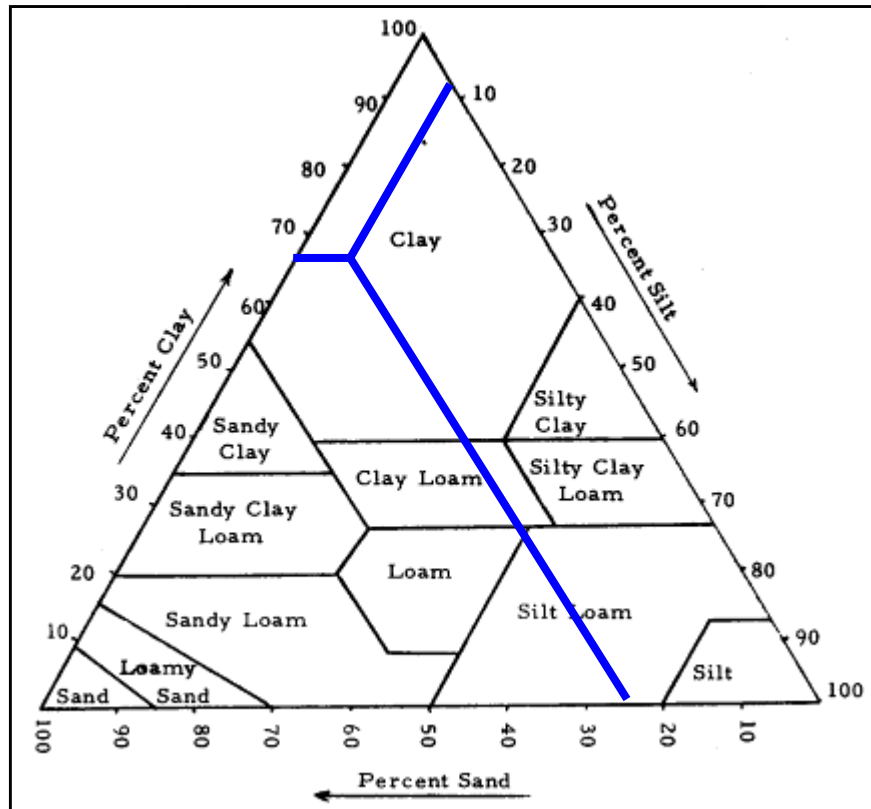


Figura 15 - Diagrama textural do solo fornecido pelos valores médios encontrado na cultura do café. Inconfidentes, MG 2008.

### 5.3.3. Mapas da densidade do solo

Conforme observado na figura 16 e 17 a densidade medida pelo método do torrão parafinado não excedeu de forma significativa valores acima de  $1,5 \text{ g. cm}^{-3}$  com isso verifica-se que o solo coletado sob as copas das plantas não apresenta alta densidade e com isso não dificulta a penetração do sistema radicular da planta no solo.



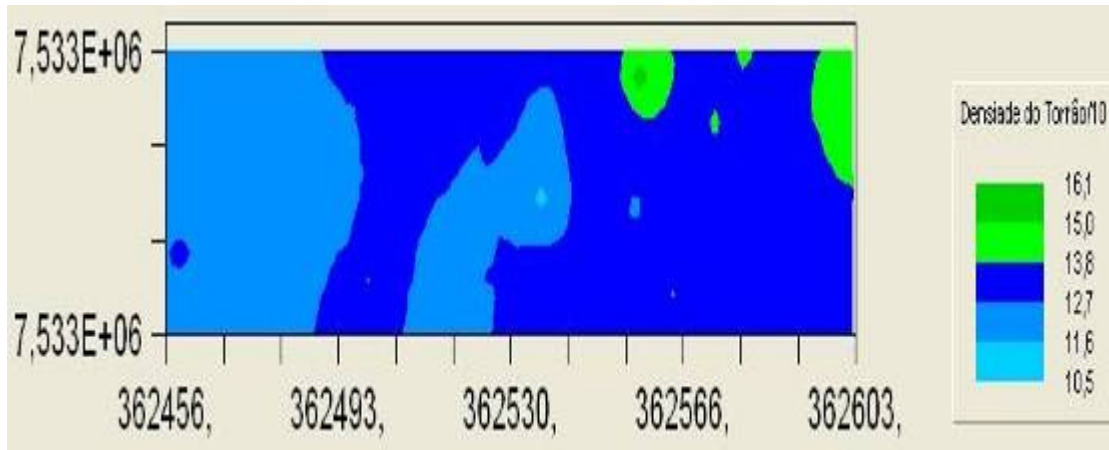


Figura 16 - Modelo digital de densidade do solo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), gerado a partir do torrão parafinado. Inconfidentes, MG 2008.

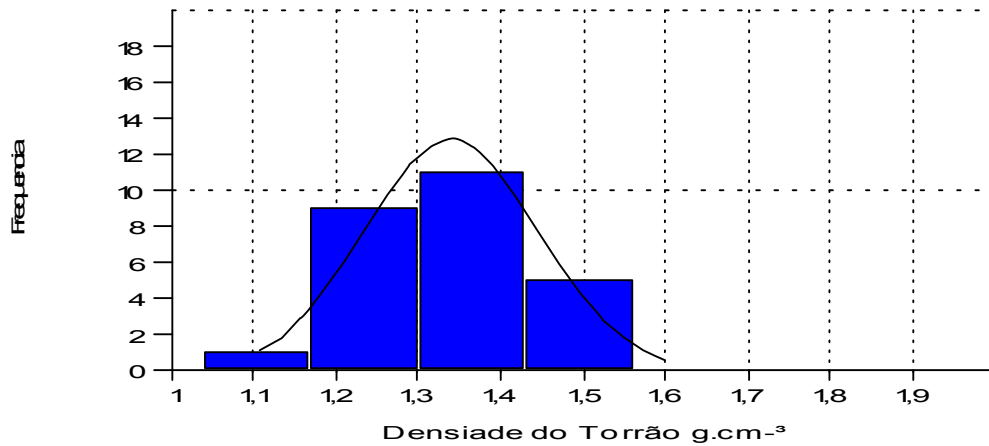


Figura 17 - Distribuição de frequência da densidade do torrão parafinado ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

Apenas 22% da área na camada de 30 cm encontra-se com uma densidade acima ( $1,8\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), isso pode ser visualizado na (Figura 18). Diferente de KNOB, (2004), que estudando uma área de semeadura direta, encontrou quase 70% da área um valor de acima de 4 MPa, valor considerado alto, encontrado através de um penetrômetro digital.

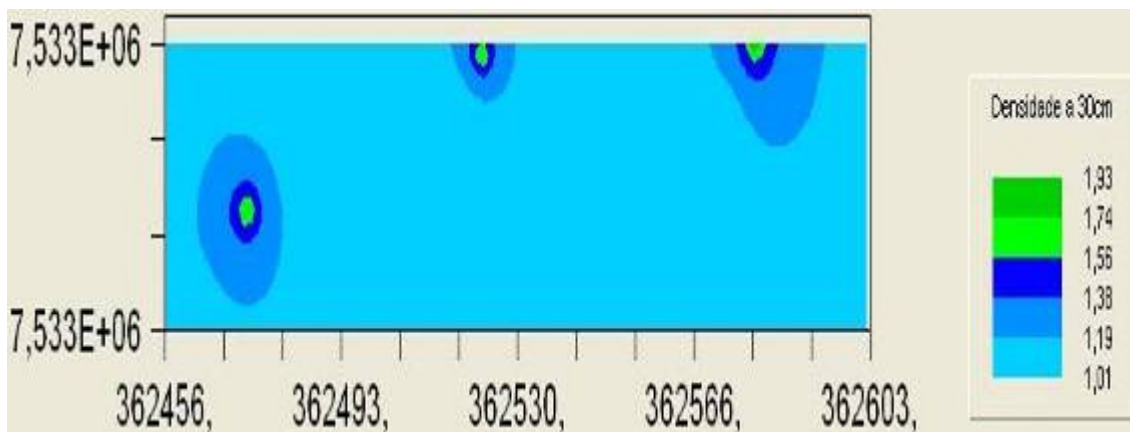


Figura 18 - Modelo digital da densidade à 30cm do solo(g.cm<sup>-3</sup>). gerado pelo penetrômetro. Inconfidentes, MG 2008.

Entretanto, MAGALHÃES et al., (2005) verificaram que em área de semeadura direta de milho e soja o solo apresentou menores valores de compactação, podendo, segundo os autores estar relacionado ao teor de matéria orgânica nos mesmos. No presente estudo, isso pode ser observado na (Figura 20), com alto volume de raízes e restos vegetais justificando os valores adequados para densidade do solo e não prejudicando as plantas com os valores encontrados.

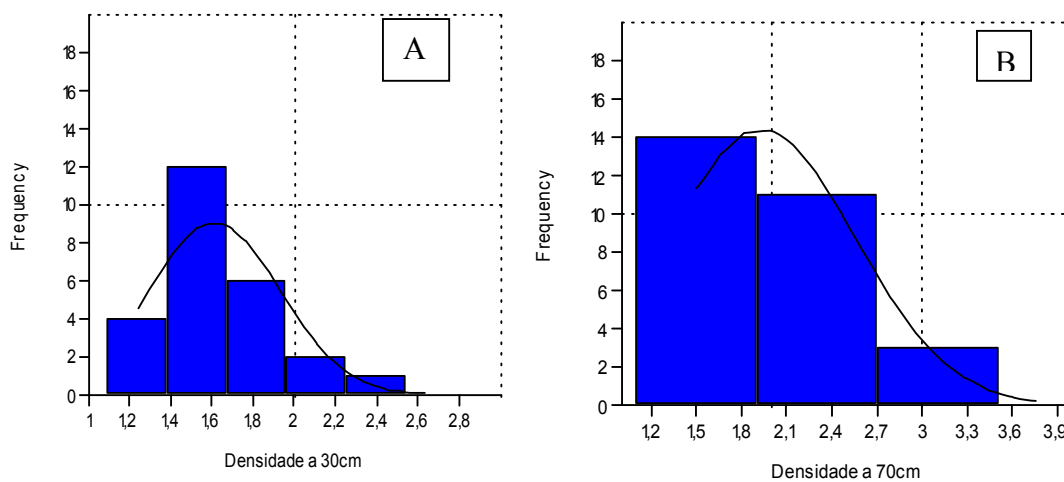


Figura 19 - De distribuição de frequência, "A" a 30cm, "B" 70cm.



Figura 20 - A - Camada de 30 cm solo rico em raízes demonstrado um alto teor de matéria orgânica. B – Presença de restos vegetais, configurando alto teor de matéria orgânica no solo.

A camada de 70 cm figura 21 apresentou valores maiores de compactação, talvez por não apresentar um valor significativo de matéria orgânica. Fato esse que ajuda diminuir a densidade do solo e assim reduzir o nível de compactação do mesmo.

MAGALHÃES et al., (2004) encontram valores baixos de índice de cone sob a copa do cafeeiro trabalhando com um penetrômetro eletrônico (MPa) atribuindo esses valores também a alta incidência de raízes das plantas.

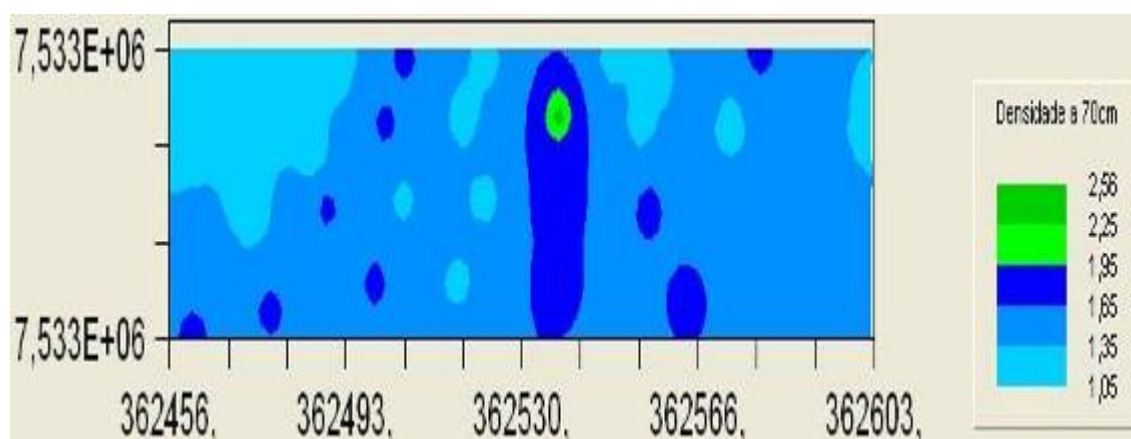


Figura 21 - Modelo digital da densidade à 70cm do solo ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) gerado pelo penetrômetro. Inconfidentes, MG 2008.

A correlação entre a umidade a 30 cm e densidade medida pelo penetrômetro resultou em um valor de -0,12 onde se constata que não houve correlação significativa

positiva entre a umidade e penetração do aparelho com isso a umidade não foi um fator que interferiu na resistência à penetração.

Anexo (8.1) encontra-se os gráficos da penetrometria realizada na área experimental.

#### 5.4. Correlações entre a produtividade e parâmetros físicos do solo avaliado

As correlações se deram entre a produtividade e a demais parâmetros analisados (densidade do torrão; percentual de areia, silte e argila; densidade do solo avaliada através do penetrômetro a 0,3 e 0,7m; umidade do solo). Foi executado no Microsoft® Excel a 5% de significância.

As propriedades físicas não interferiram na variabilidade espacial da produtividade e como pode ser observado nas correlações tabela 4 não houve valores que justificassem a correlação positiva entre produtividade e os parâmetros avaliados.

Tabela 4 - Valores do coeficiente de correlação ( $r^2$ ) entre a produtividade e parâmetros físicos do solo avaliado.

Variável	( $r^2$ )
Torrão	-0,23*
Silte	-0,22*
Argila	-0,21*
Areia	0,40*
Umidade	0,28*
Resistência a penetração a 30 cm	-0,06*
Resistência a penetração a 70 cm	-0,19*

**\*Valores não significativos a 5% de probabilidade.**

## **6. CONCLUSÕES**

A metodologia empregada foi eficiente na elaboração do mapa de produtividade e verificar a variabilidade da produção do cafeeiro;

A variabilidade da densidade do solo medida por todos os métodos não acompanhou a variabilidade da produtividade do da produção das plantas;

A variabilidade granulométrica do solo não apresentou correlação positiva com a produtividade encontrada no experimento;

Com as correlações feitas entre a produtividade e os parâmetros físicos do solo avaliado, não apresentou correlação positiva, então o que justifica a variabilidade da produtividade do talhão, pode ser outra variável que não foi estudada nesse trabalho.

## 7. LITERATURA CONSULTADA

ABIC, Associação Nacional do Café; **O Café Brasileiro Na Atualidade**; disponível em: <<http://www.abic.com.br/scafe/historia.html#atualidade>> Acessado: 19/10/2008.

ARAÚJO, J. C.; MOLIN J. P.; CARLOS A. VETTORAZZI C. A.; **Uso De Fotografias Aéreas Coloridas 35 Mm Na Avaliação De Produtividade De Grãos**; 2005; Congresso de Agricultura de Precisão; Piracicaba, SP; Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/ler/download/APP%202004.04.pdf> > Acessado: 03/10/2008.

CNCAFÉ; Confederação Nacional do Café; **Previsão da safra de café 2008**; Disponível em: <<http://www.cncafe.com.br/conteudo.asp?id=20>> Acessado: 03/10/2008.

FERREIRA, M. M.; et al., 2003; **Física Do Solo**; Ed. UFLA; Lavras, MG, 2003; p.44-48.

GUERRA, P. A. G. **Geoestatística operacional**. Brasília, MME/DNPM, 1988. 145p.

KNOB, M. J.; **Aplicação De Técnicas De Agricultura De Precisão Em Pequenas Propriedades**; Dissertação de mestrado; Disponível em: < [http://w3.ufsm.br/pp/gea/admin/dissertacoes/0905081500\\_marcelino\\_knob.pdf](http://w3.ufsm.br/pp/gea/admin/dissertacoes/0905081500_marcelino_knob.pdf) > Acessado:03/11/2008

MAGALHÃES R. P.; MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C.; **Estudo Da Espacialidade Do Índice De Cone Em Função Do Local Amostrado Em Uma Lavoura De Café (Coffe Arábica L.)**; 2005; Congresso de Agricultura de Precisão; Piracicaba, SP; Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos901/espacialidade-indice-cone/espacialidade-indice-cone.pdf>> Acessado:15/09/2008

MAGALHÃES R. P.; MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C.; **Relação Entre O Índice De Cone, Teor De Água, Textura E Matéria Orgânica Do Solo Em Semeadura Direta**; 2005; Congresso de Agricultura de Precisão; Piracicaba, SP; Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos901/espacialidade-indice-cone/espacialidade-indice-cone.pdf>> Acessado:15/09/2008

MASCARIN, L. S.; MOLIN J.P.; **Geração De Mapas De Produtividade De Citros**; 2006; Congresso Brasileiro. de Agricultura de Precisão, ESALQ/USP, Anais, São Pedro - SP; acessado em: < <http://www.apagri.com.br/infos/info10.pdf> > disponível:

MATIELLO J. B. et al.; **Cultura do Café no Brasil Novo Manual de Recomendações**; Ed. Ministério da agricultura, da pecuária e do abastecimento; Rio de Janeiro, RJ, Varginha, MG; 2002; p.322-325

MEGATTI, L. A. A.; **Metodologia para identificação caracterização e remoção de erros em mapas de produtividade**; Dissertação de mestrado; Piracicaba; 2002; Disponível em: <

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-05082002-171422/>> acessado: 03/11/2008

MOLIN, J. P., FONTANA G., GUIMARÃES R.V., CABRERA F. R., COSTA M.B.; **Elaboração de Mapas de Produtividade de Cana-De-Açúcar em Corte Manual com Queima Prévia**; disponível em: <[http://www.esalq.usp.br/departamentos/ler/download/TEC% 202004.01.pdf](http://www.esalq.usp.br/departamentos/ler/download/TEC%202004.01.pdf)>\_ acessado: 03/11/2008

MOLIN, J. P.; **Agricultura de Precisão Parte Dois: diagnóstico, aplicação localizada e consideração econômica**; Disponível em:< <http://br.monografias.com/trabalhos901/agricultura-precisao-diagnostico/agricultura-precisao-diagnostico.pdf> > Acessado: 03/11/2008

MOLIN, J. P.; **Agricultura de Precisão Parte Um: O que é e Estado em que Esta a Arte do Sensoriamento**; Disponível em: < <http://br.monografias.com/trabalhos901/agricultura-precisao-sensoriamento/agricultura-precisao-sensoriamento.shtml>> Acessado: 03/11/2008

MOLIN, J. P.; **Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão**; acessado disponível em: [http://www.esalq.usp.br/departamentos/ler/download/CLP% 202000.01.PDF](http://www.esalq.usp.br/departamentos/ler/download/CLP%202000.01.PDF) Acessado: 03/11/2008

ROBERTSON, G.P. **GS+: geostatistics for the environmental sciences (version 5.1 forwindows)**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P; JÚNIOR J. M; MACHADO R.V.; **Variabilidade Espacial De Atributos Químicos E De Produtividade Na Cultura Do Café; 2007**; disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n1/a34v32n1.pdf> > acessado: 03/11/2008

SIQUEIRA, G. M.; **Variabilidade De Atributos Físicos Do Solo Determinados Por Métodos Diversos**; Dissertação de Mestrado ;2006 Disponível em:< <http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/GI%C3%A9cio2006.pdf> > acessado: 03/11/2008

SOUZA Z. M.; MARQUES JÚNIOR J.; PEREIRA G. T.; MOREIRA L. F.; **Variabilidade Espacial Do Ph, Ca, Mg E V% Do Solo Em Diferentes Formas Do Relevo Sob Cultivo De Cana-De-Açúcar**; 2004; disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/331/33134615.pdf>>; acessado: 03/11/2008

TRAGMAR, B. B., YOST, R. S., UEHARA, G. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy**, v. 38, p. 45-94, 1985.

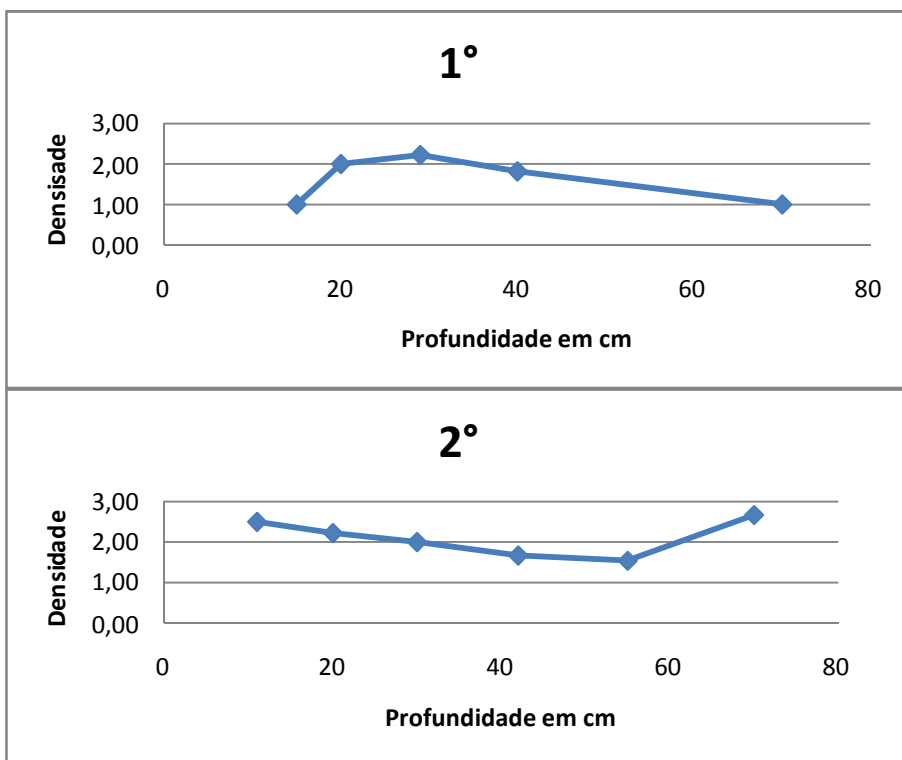
TRIOLA, M. F. ; **Introdução à estatística**; 9º Ed. LTC Rio de janeiro, 2005. Pg. 378-430.

VALENTE, J. M. G. P. **Geomatemática – Lições de geoestatística**. Ouro Preto, Ed. da Fundação Gorceix, 1989. 8v.

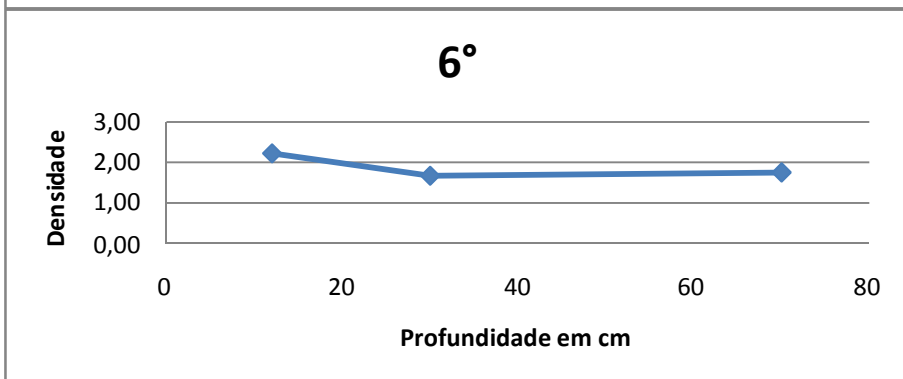
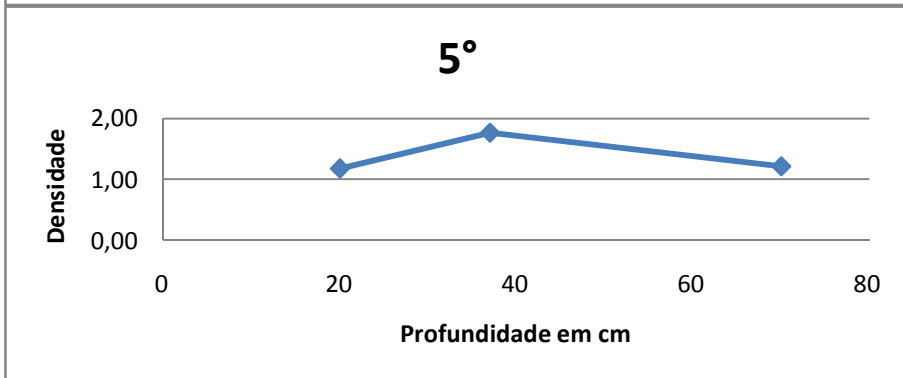
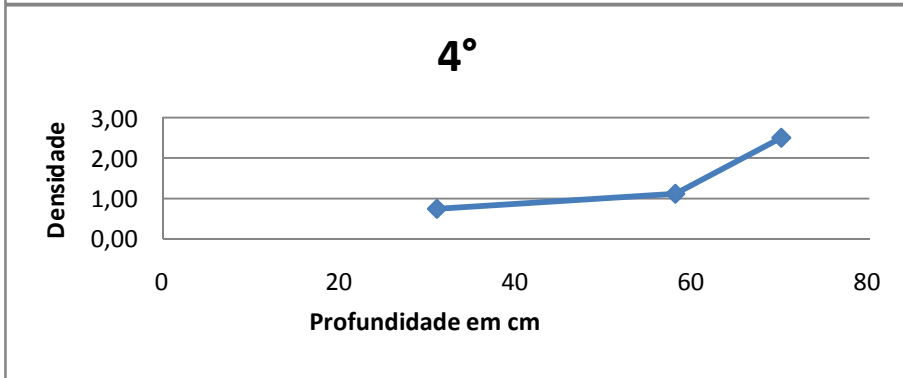
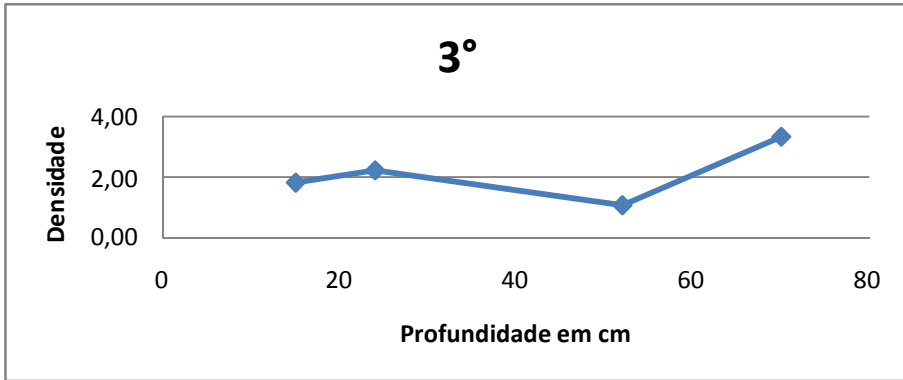
ZIMBACK, C. R L.; **Geoestatística**. Botucatu: Universidade Estadual De Paulista, Faculdade De Ciências Agrônômicas, grupo de estudo e pesquisa agrária; 2003.

## 8. Anexo

### 8.1. Gráficos da resistência a penetração do solo medido pelo penetrômetro







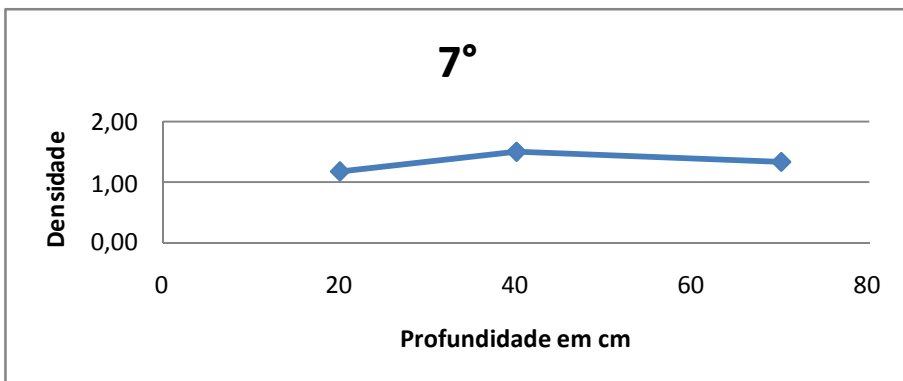
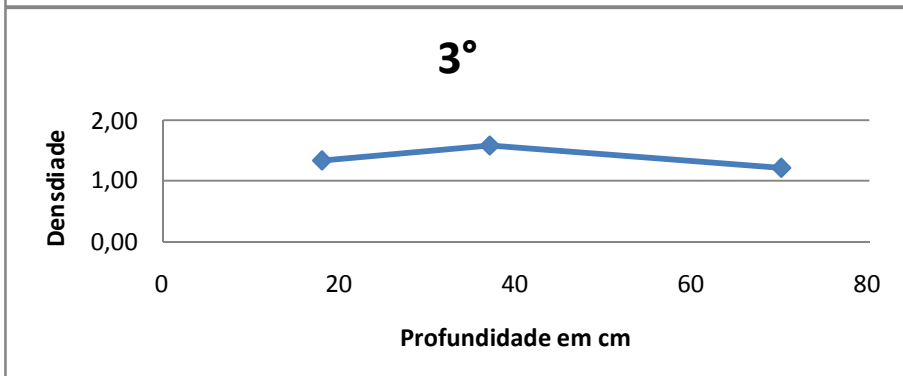
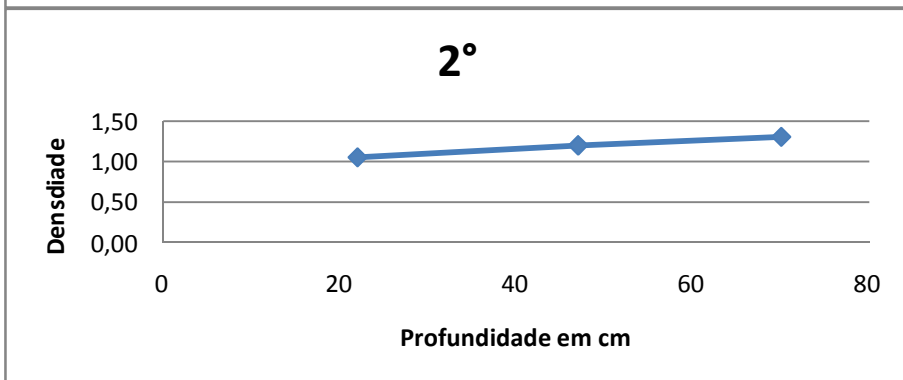
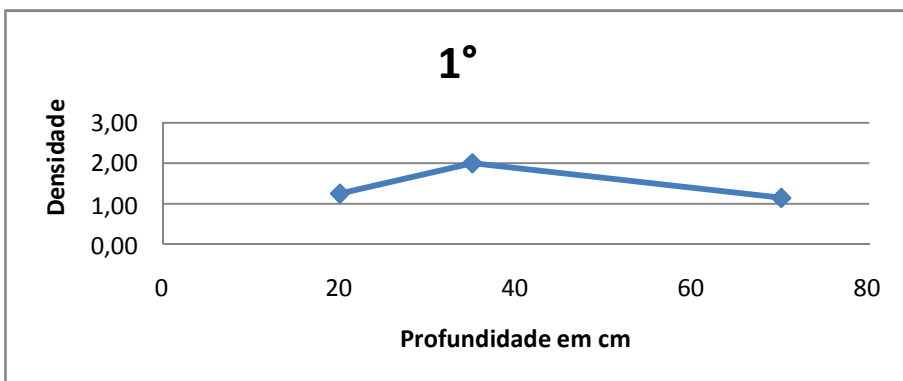
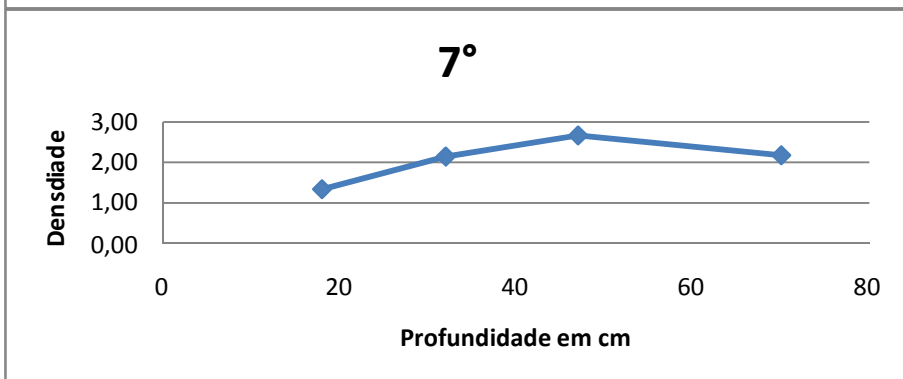
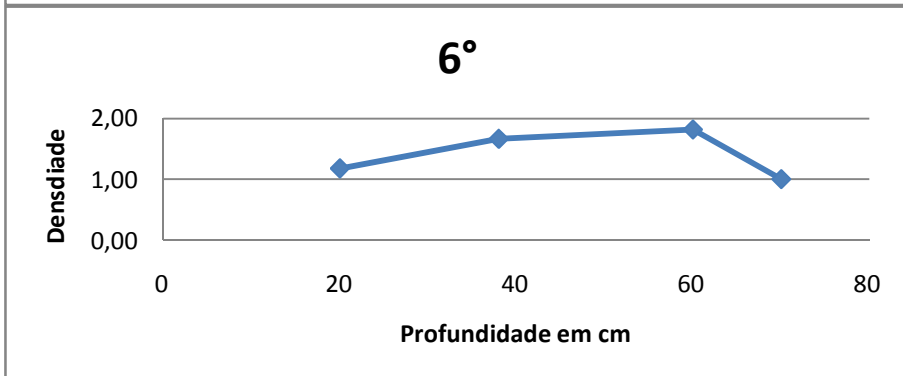
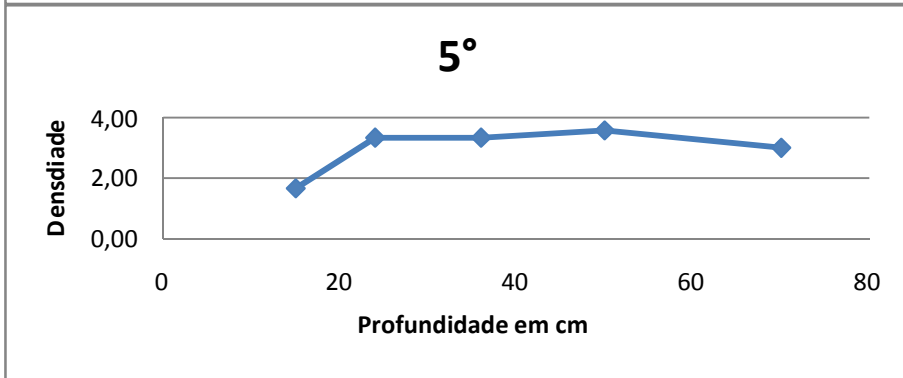
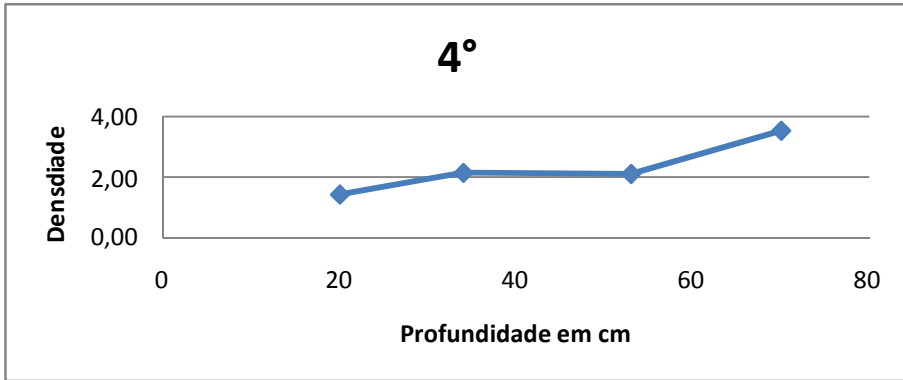


Figura 4 - Gráficos de compactação do levantados na primeira linha do cafezal. Inconfidentes, MG 2008.





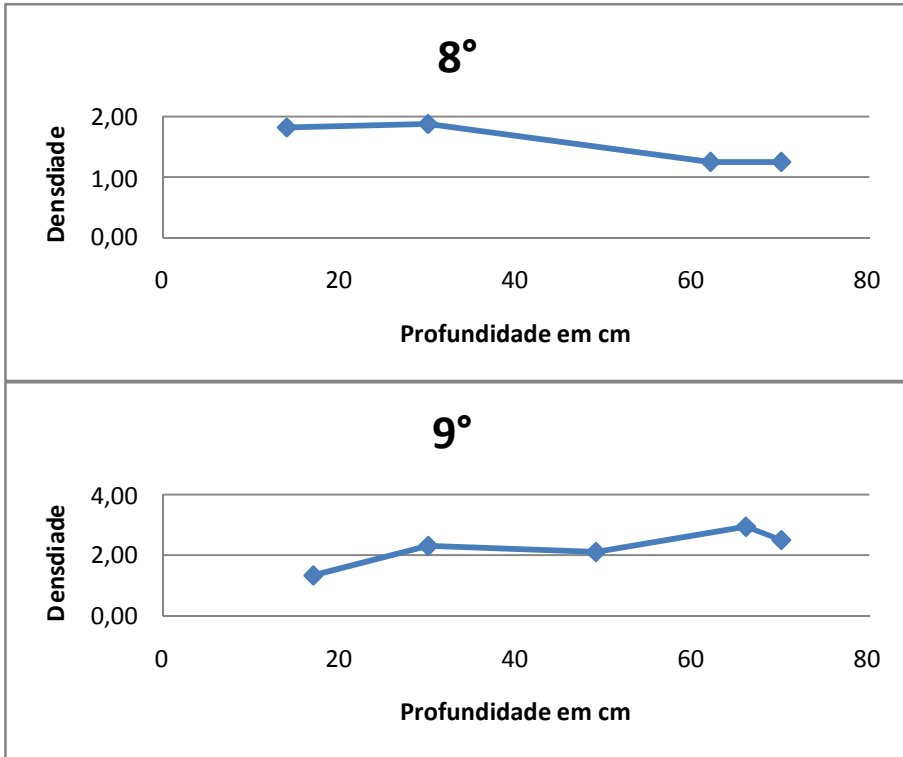
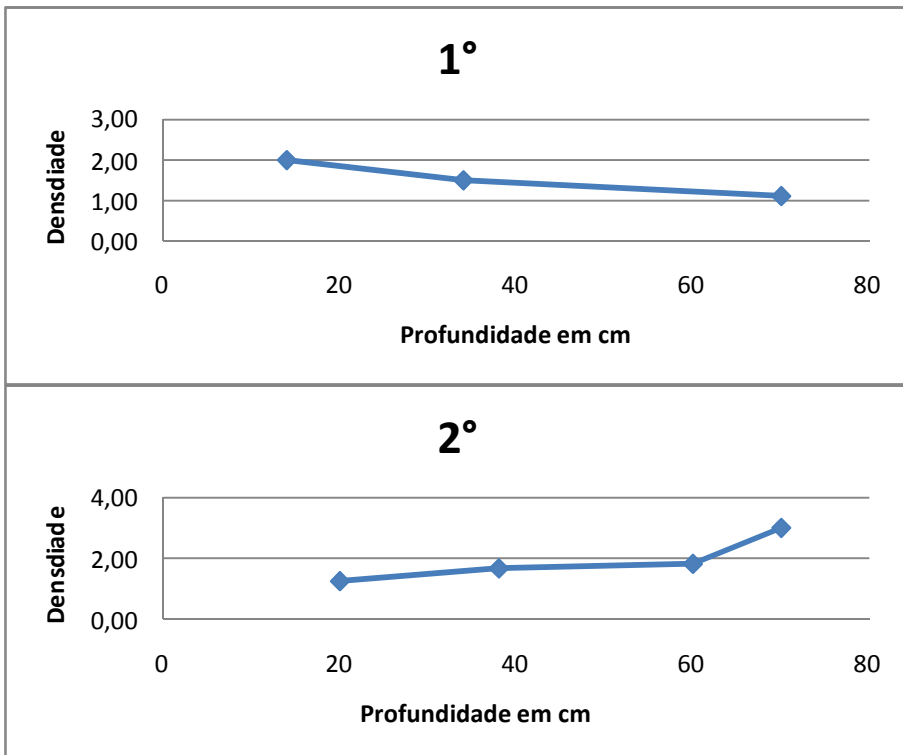
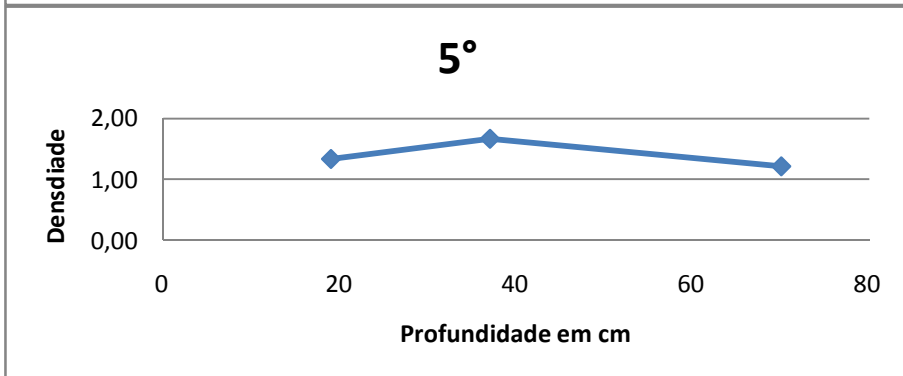
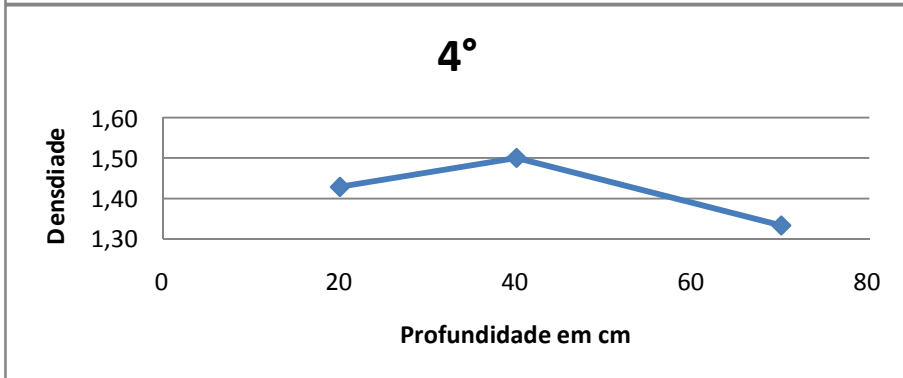
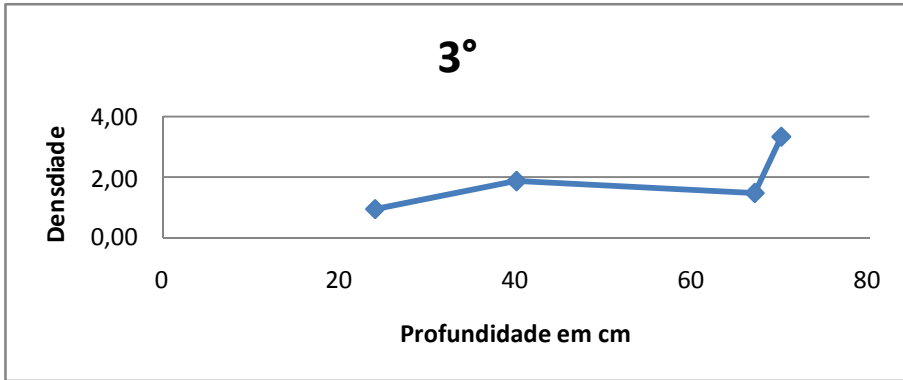


Figura 5 - Gráficos de compactação do levantados na quarta linha do cafezal. Inconfidentes, MG 2008.





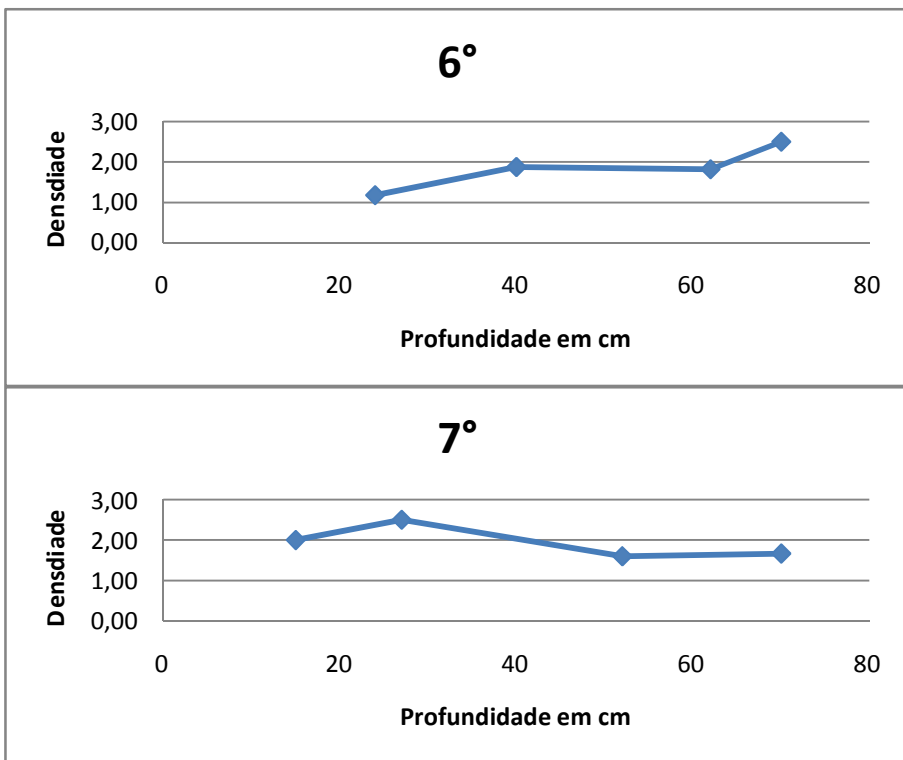
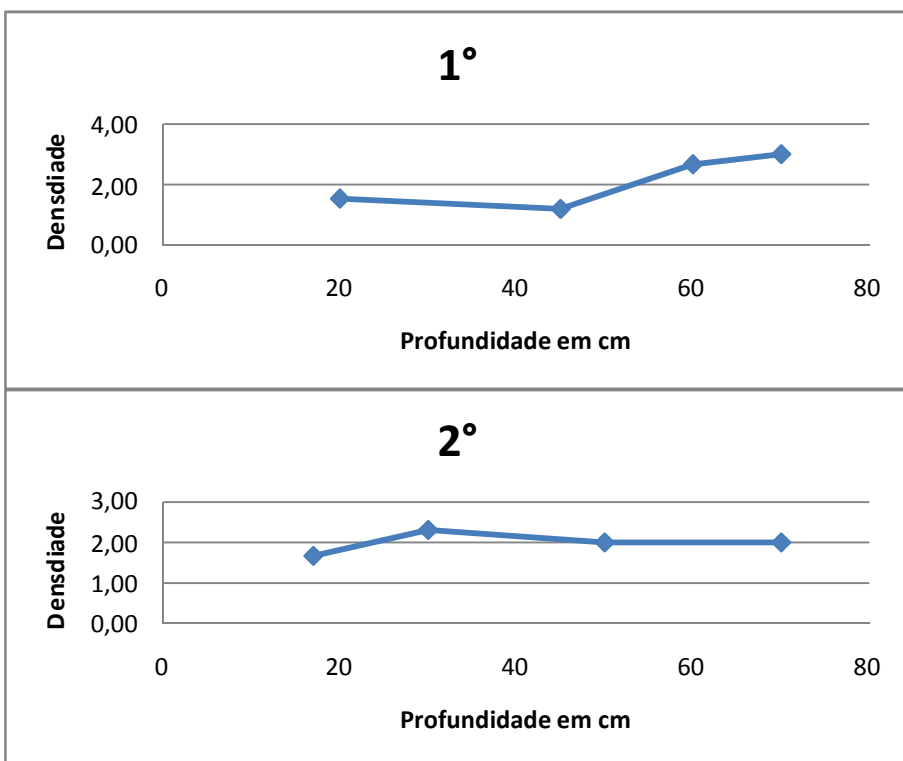


Figura 6 - Gráficos de compactação do levantados na oitava linha do cafezal. Inconfidentes, MG 2008.



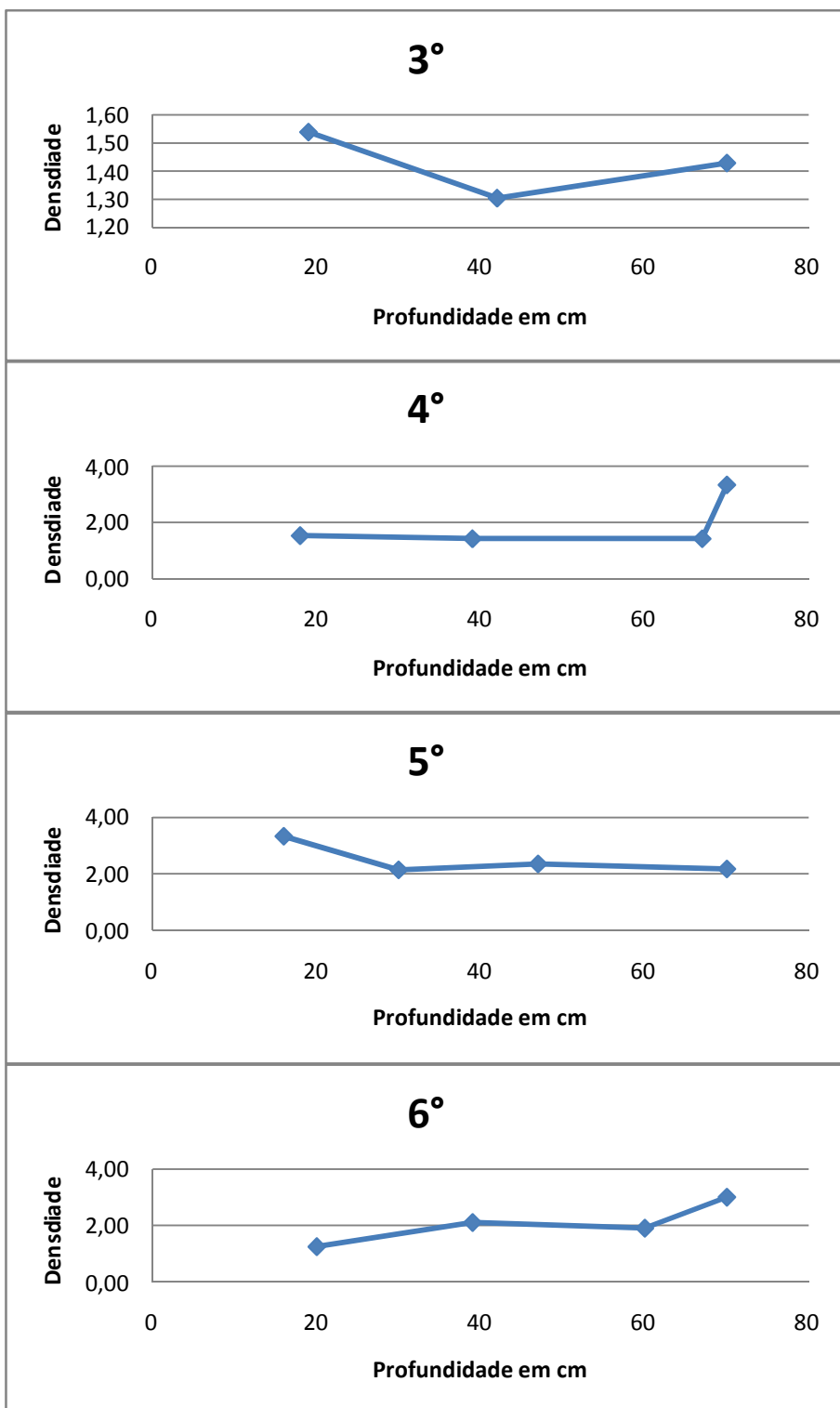


Figura 7 - Gráficos de compactação do levantados na oitava linha do cafezal. Inconfidentes, MG 2008.