

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Departamento de Engenharia de Biosistemas

Relatório de Estágio Supervisionado

Comparação de dois métodos na determinação de unidades de gerenciamento numa cultura de laranja no estado de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Molin

Estagiário: Miller Andrés Ruiz Sánchez

Piracicaba, SP

Agosto de 2012

Comparação de dois métodos na determinação de unidades de gerenciamento numa cultura de laranja no estado de São Paulo

Introdução:

A produção brasileira de laranja é uma das maiores do mundo, atingindo cerca de 25% da produção mundial. É por isso que essa cultura é de grande importância para o Brasil gerando grandes ganhos para a sua economia (CITRUSBR, 2012). No entanto é preciso desenvolver tecnologias que ajudem a manter o nível da produção e melhorar a sua eficiência. Dessa forma a agricultura de precisão (AP) começa a ser considerada para a produção citrícola (Sevier e Lee, 2011).

O conceito de AP leva em consideração a variabilidade espacial de cada um dos fatores envolvidos na produção agrícola, tratando-os de forma diferenciada de acordo com a demanda local. Através do uso de tecnologia proporciona melhora na eficiência de produção e conseqüentemente em maiores ganhos para o agricultor. Tem-se então a necessidade de se dividir as lavouras em subunidades que compartilhem características similares dentro do sistema de produção procurando dar a cada região um manejo particular em resposta às suas propriedades (Whelan e Mcbratney, 2000).

O estabelecimento de zonas de manejo é um dos princípios da AP que faz possível a aplicação de tratamentos variáveis dentro de um talhão (Stafford e Werner, 2003). Segundo Zaman e Schumann (2006), as zonas de manejo podem ser úteis para aplicação variável de insumos agrícolas usando ferramentas de análise espacial dentro da AP para melhorar o gerenciamento de recursos numa cultura. Dessa forma, o conceito fundamental do zoneamento é identificar e manejar regiões de forma espacialmente coerente dentro dos limites da lavoura obtendo a máxima eficiência do uso de insumos. Segundo Fraisse et al. (2000), a determinação de zonas de manejo é difícil devido à complexa combinação dos fatores que podem afetar a resposta de uma cultura.

Existem diferentes formas de elaboração de zonas de manejo. As primeiras abordagens foram baseadas em dados de relevo, topografia e informação das propriedades químicas e físicas do solo. Uma segunda abordagem leva em conta somente o mapeamento do rendimento e a produtividade da lavoura. No entanto uma terceira metodologia combina as duas primeiras para estabelecer as zonas de manejo (Ortega e Santibanez, 2007).

A maioria das pesquisas que procuram determinar zonas de manejo dentro de um cultivo consideram somente dados de solo esquecendo que as variações de produtividade são devidas à interação de todos os fatores de produção. Além disso, são necessários dados de vários anos de produção para conseguir um grau de certeza adequado no estabelecimento de zonas de manejo (Basnet et al., 2003).

Alguns dos métodos de zoneamento que consideram tanto fatores de solo quanto os dados de produtividade estão associados com metodologias estatísticas que ajudam a descrever o comportamento das diferentes variáveis dentro dos sistemas de produção (Milne et al., 2012).

Um destes métodos é a análise *cluster*, que procura agrupar os dados coletados a partir de um algoritmo. Os algoritmos de agrupamento diferem nas medidas de similaridade utilizadas, na sua ponderação para definir o critério global para ser otimizado pela classificação e, no algoritmo utilizado para encontrar a melhor classificação. Os algoritmos cluster podem ser divididos em várias categorias, porém os mais amplamente usados são algoritmos de particionamento, os quais dividem os dados em k partições, e cada partição representa um cluster. Todavia, existem também os algoritmos hierárquicos, que formam grupos mediante um esquema de árvore, em que se elimina ou junta grupos de acordo com algumas restrições (Ortega e Santibanez, 2007; Russ e Kruse, 2011).

Outra metodologia procura fazer o zoneamento a partir de lógica difusa. Este método tem sido amplamente usado na delimitação de zonas de manejo e classificação de solo, no entanto, procedimentos de classificação difusa foram desenvolvidos para uso em situações onde as fronteiras de classe não estão nitidamente definidas, dessa forma um objeto pode pertencer parcialmente a algumas zonas (Fraisse et al., 2000). O procedimento de lógica difusa é criado a partir da lógica Booleana, na qual, os dados são separados somente por dois conceitos: falso e verdadeiro, os quais são representados pelos números 0 e 1. Porém a lógica difusa permite valores intermédios entre os dois extremos. (Mazlounzadehet al., 2010).

Alguns autores têm utilizado vários métodos na determinação de zonas de manejo, mostrando diferenças na interpolação e na aplicação de taxa variável (Zaman e Schumann, 2006). Dessa forma, existe uma grande necessidade de se dividir as lavouras em unidades de gerenciamento adequadas às características da cultura e dos outros fatores que afetam a produção, assim como determinar a metodologia mais adequada do zoneamento.

Objetivo

O presente trabalho procura fazer a comparação de duas metodologias para estabelecer unidades de gerenciamento dentro de uma cultura de laranja no estado de São Paulo, a partir de dados de propriedade, de solo e planta durante um período de quatro anos.

Metodologia

Este trabalho foi realizado em uma cultura comercial de laranja em duas áreas de 25 ha cada uma (Talhão 1 e Talhão 2) localizada no município de Botucatu, no interior do estado de São Paulo, Brasil. Durante um período de quatro anos (2008 – 2011), foram realizadas amostragens de solo georeferenciadas com densidade de 2 amostras ha⁻¹ a partir das quais foram obtidos os valores de matéria orgânica (MO) e proporção de argilas no solo. Enquanto para conseguir dados de condutividade elétrica (CE), usou-se o sensor de CE, modelo Veris 3100 (Veris Technologies®, Salina – KS, EUA) o qual coleta os dados de condutividade elétrica a 0,30 e 0,90 m de profundidade. O mapeamento da produtividade se baseou no método proposto por Molin e Mascarin (2007). Além disso, para facilitar a análise estatística os dados brutos de produtividade foram convertidos para porcentagem da média de produtividade de cada área. Para os valores de NDVI utilizou-se o sensor óptico CropCircle ACS-470 da empresa HollandScientific®.(Lincoln – NE, EUA).

Os dados levantados de solo, produtividade e NDVI foram organizados e interpolados em mapas do tipo raster, mediante o uso do software SSToolbox 3.4. Posteriormente, foi realizada uma análise de componentes principais com ajuda do software SPSS 20 ® IBM, para verificar as variáveis mais adequadas para o zoneamento. Dessa forma, foram feitos dois testes para conhecer a correlação entre as variáveis. Um destes testes foi a prova de esfericidade de Bartlett, a qual confere se a matriz das correlações é diferente de 1, e que os componentes têm uma correlação parcial. Além disso, foi feito o teste KMO, o qual compara a magnitude dos fatores e permite qualificar a correlação das variáveis (Paz, 2007). Com o software SPSS 20 ® IBM também foi usado para a análise *cluster* a partir da qual foi feito o zoneamento 1. Com a análise cluster feita no SPSS 20 ® IBM, foi possível identificar o número de cluster por talhão a partir dos gráficos dos dendrogramas. Logo, foi usado o software IDRISI Taiga ®, para fazer os mapas dos clusters para cada talhão.

O segundo zoneamento foi realizado a partir dos mapas raster das variáveis do solo e de produção anteriormente mencionadas. Levando em conta o trabalho desenvolvido por Mazloumzadeh et al. (2009), foram discriminados os valores de cada variável de acordo com critérios agrônômicos, procurando para variáveis do solo valores ideais para a produção de laranja, enquanto para as variáveis de produção será considerada o histórico da produtividade. Além disso, os valores do NDVI foram qualificados considerando os resultados obtidos por Schumann et al. (2006).

Os dois métodos para a determinação de zonas de gerenciamento foram comparados levando em conta os coeficientes de variação de cada variável usada para a determinação das zonas de gerenciamento, além da variância relativa para cada uma das variáveis. Também foi utilizado como um fator de comparação final, a variância relativa total das duas metodologias avaliadas em cada área.

Resultados

Análise de Componentes Principais

A partir dos dados obtidos durante os primeiros quatro anos do estudo, foi desenvolvida a análise de componentes principais para eliminar as variáveis que não tiveram uma influência grande para o zoneamento.

A partir disto foi eliminada a variável do NDVI por não ter uma variação suficiente para intervir na determinação das zonas de gerenciamento. Para os valores do NDVI no talhão 1, a variância foi de 0,001, e o desvio padrão foi de 0,024. Enquanto no talhão 2 estes valores foram de 0,001 e 0,028.

Depois de eliminar esta variável, realizou-se uma análise exploratória dos dados restantes. Para os dois talhões as tabelas apresentam informação similar. O valor de significância da prova de Bartlett foi inferior a zero, o qual indica que existe uma dependência e fatores comuns nos dados. Porém, o valor do KMO para os dois talhões é de 0,625 e 0,621 o qual indica que embora os fatores tenham uma relação, esta é muito baixa (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Teste de Bartlett e Teste KMO, Talhão 1.

KMO - Medida de adequação da amostra		0,625
Teste de esfericidade de Bartlett	Approx. Chi-quadrado	2407,079
	df	15
	Sig.	0,000

Tabela 2. Teste de Bartlett e Teste KMO, Talhão 2.

KMO - Medida de adequação da amostra		0,621
Teste de esfericidade de Bartlett	Approx. Chi-quadrado	7599,287
	df	28
	Sig.	0,000

Levando em consideração o desvio padrão, no talhão 1 foi eliminada da análise a variável de matéria orgânica pois seu desvio padrão foi muito baixo para ser usado como um fator determinante da variabilidade. Enquanto ao valor da condutividade elétrica referente a 0,90 m de profundidade, este foi eliminado de acordo a agrupação feita na análise previa na qual foi considerado como um componente isolado, com pouca relação com as demais variáveis. Da mesma forma para o talhão 2, estas variáveis foram eliminadas considerando a análise previa que também as agrupava como um componente isolado (ver anexos) .

Antes de continuar a análise formal dos dados, foi feita uma tabela de comunalidades que permite saber que parte da variância de uma variável é explicada pelo modelo fatorial obtido, partindo da hipótese que a variabilidade total esta explicada pelo conjunto das variáveis. É assim, como os valores na análise de comunalidades para as variáveis de produtividade nos dois talhões, e o valor de argila no talhão 2, representam a maioria da variabilidade comum nos talhões, ou seja, que os valores que estão mais próximos a 1 representam em maior proporção a variabilidade dentro de cada talhão pois extraem maior variabilidade (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Comunalidades Talhão1

Variável	Inicial	Extração
Produtividade 2011	1	0,748
Produtividade 2010	1	0,661
Produtividade 2009	1	0,567
CondutividadeEletrica 0,30	1	0,522
Produtividade 2008	1	0,447
Argila	1	0,334

Tabela 4. Comunalidades Talhão 2

Variável	Inicial	Extração
Produtividade 2011	1	0,767
Argila	1	0,729
Produtividade 2009	1	0,646
Produtividade 2008	1	0,552
Produtividade 2010	1	0,421
Condutividade eletrica 0,30	1	0,409

Na matriz de componentes dos talhões estão a informação resumida em duas macro-características ou componentes principais que tem como objetivo conter a maioria da variância achada visando diminuir a redundância (Bernal et al., 2004). No talhão 1 a agrupação feita no primeiro componente afasta os dados de produtividade dos anos 2008 e 2009 das demais informações, resumindo a variabilidade da lavoura em apenas dois componentes. No componente 1 estão as variáveis de solo além dos dados de produtividade com valores extremos pois o ano 2008 teve a menor produção dos quatro anos com apenas 47,7% da produtividade media dos dois anos seguintes, enquanto o ano 2011 teve a maior produção representando o 172% da media dos dois anos anteriores. No

componente 2 deste talhão foram agrupados os dados de produtividade que representam a média de produtividade dos quatro anos. Para o talhão 2, o componente 1 agrupa a maioria das variáveis dentro da análise afastando só à produtividade do ano 2011 colocando-a no componente 2 ao ter sendo a única variável que integra este componente (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5. Matriz De Componentes Talhão 1.

Variável	Componentes	
	1	2
Produtividade 2011	0,806	-0,314
Condutividade eletrica 0,30	-0,718	0,084
Argila	0,574	-0,071
Produtividade 2008	0,545	-0,387
Produtividade 2010	0,450	0,678
Produtividade 2009	0,415	0,628

Tabela 6. Matriz De Componentes Talhão 2

Váriavel	Componentes	
	1	2
Condutividade eletrica 0,30	0,520	-0,373
Argila	0,854	-0,009
Produtividade 2008	0,742	0,045
Produtividade 2009	0,800	0,083
Produtividade 2010	0,484	0,432
Produtividade 2011	-0,125	0,867

Para determinar finalmente o número adequado de fatores que vão definir os agrupamentos foi usado um gráfico de sedimentação, o qual mostra uma representação gráfica dos autovalores (Figuras 1 e 2). Nos dois talhões o gráfico apresenta como melhor opção o uso de somente dois componentes na elaboração dos clusters, pois são considerados o número de componentes com o eigenvalue acima de 1, se considerando aqueles componentes como suficientes para explicar a variância (Vallejo, 2011). No entanto, para o talhão 2, poderia se eliminar o componente 2 e manter um bom nível da variância, de acordo com Fraisse et al. (2001) os valores de rendimento da cultura devem ser usados no estabelecimento das zonas de manejo diferencial.

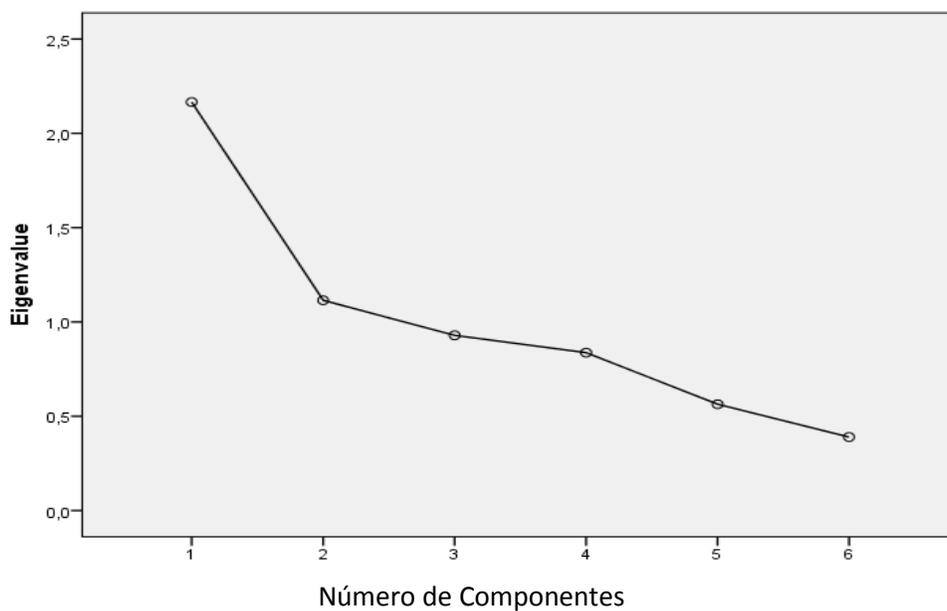


Figura 1: Gráfico de sedimentação do talhão 1

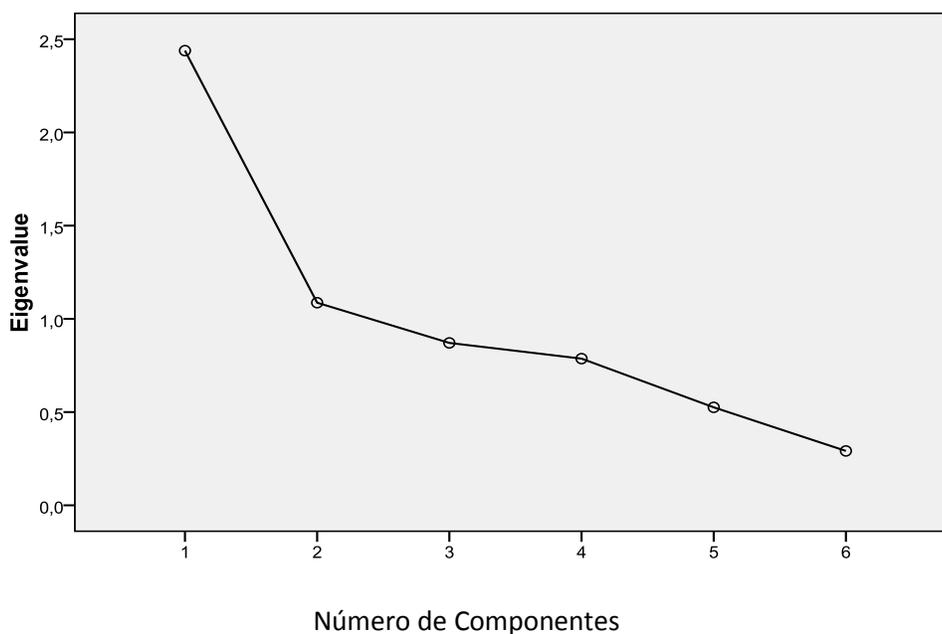


Figura 2: Gráfica de sedimentação do talhão 2.

Análise Cluster

A partir dos resultados da análise de componentes principais, decidiu-se usar para o estabelecimento das unidades de gerenciamento as variáveis de condutividade elétrica,

porcentagem de argila no solo, e os dados de produtividade durante os quatro anos de coleta de dados.

Para a análise cluster foi realizada uma agrupação hierárquica aglomerativa feita a partir do cálculo da distância a partir do método do Ward, o qual determina a similitude entre cada um dos pontos para fazer as agrupações. Essa similitude é calculada a partir da soma total dos desvios quadrados a partir da média do cluster feito (Paz, 2007).

O resultado da análise cluster foi resumida em um dendrograma para cada talhão para visualizar as agrupações feitas estatisticamente. Para o talhão 1 o dendrograma mostra um avanço no nível 17 onde é possível determinar três agrupações as quais têm valores de pertencia de 15, 4 e 19 (Figura 3). Além disso, dentro de cada agrupação o valor máximo da distância é 19. Este valor aparece no cluster 3, o qual indica que naquele cluster a similitude entre os pontos vai ser menor. Porém no cluster 2 a similitude é alta pois o valor da distância nestes pontos é de 4 (Figura 3).

Já no talhão 2 é possível identificar duas agrupações, as quais têm uma distância de agrupação de 13 e 15, e dentro daqueles clusters a distância máxima é de 9, o que permite estabelecer que cada ponto dentro de cada cluster têm um bom nível de pertencia ao cluster (Figura 4).

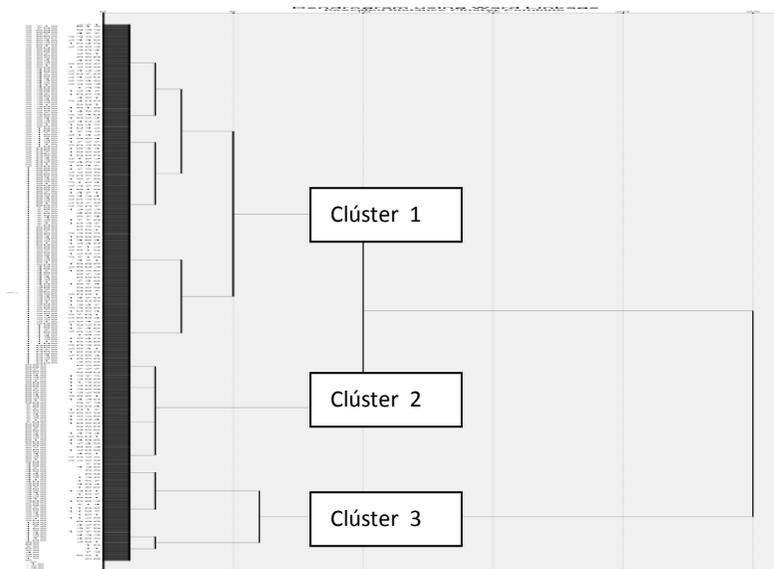


Figura 3. Dendrograma do Talhão 1.

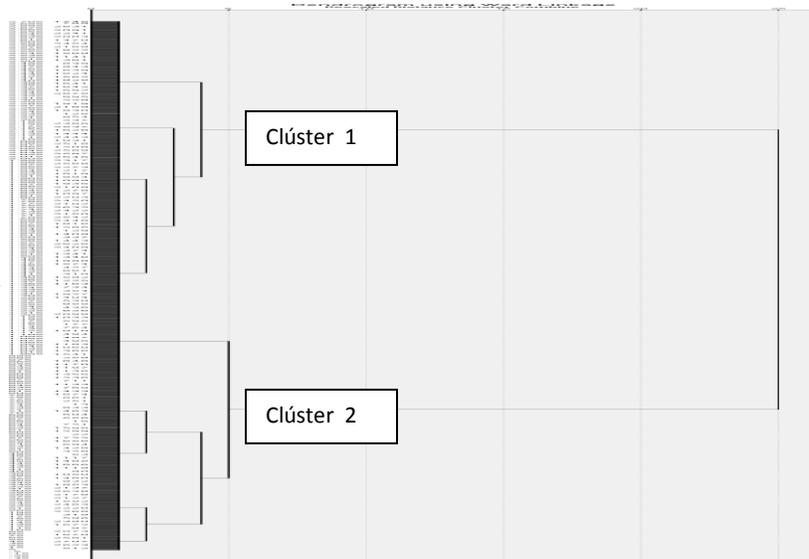


Figura 4. Dendrograma do talhão 2

A partir dos dendrogramas obtidos foram feitos os mapas dos talhões usando o software IDRISI, para gerar a representação gráfica dos clusters para cada um dos talhões analisados.

Para o talhão 1, foi realizado o mapa da análise cluster levando em consideração que na análise previa foram determinados três agrupamentos no dendrograma para representar a variabilidade da lavoura (Figura 5). Enquanto para o talhão 2, foi considerado que a variabilidade poderia ter sido resumida em duas agrupações de acordo com o dendrograma gerado.

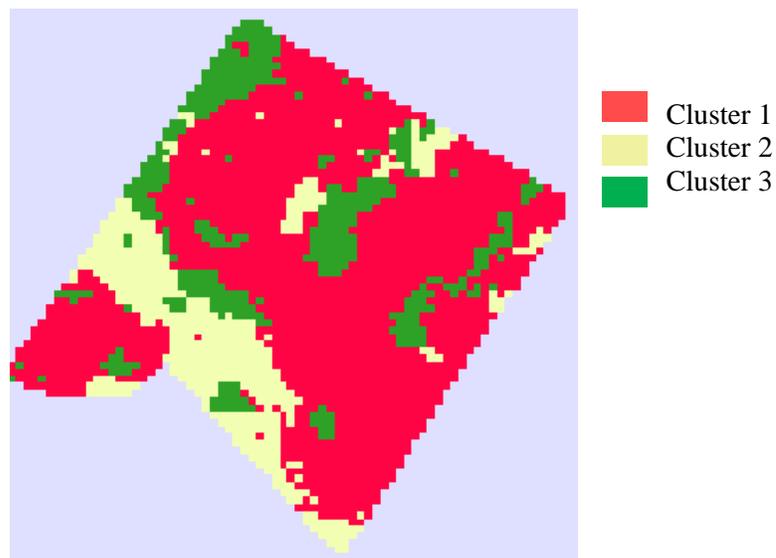


Figura 5. Mapa Analise Cluster Talhão 1

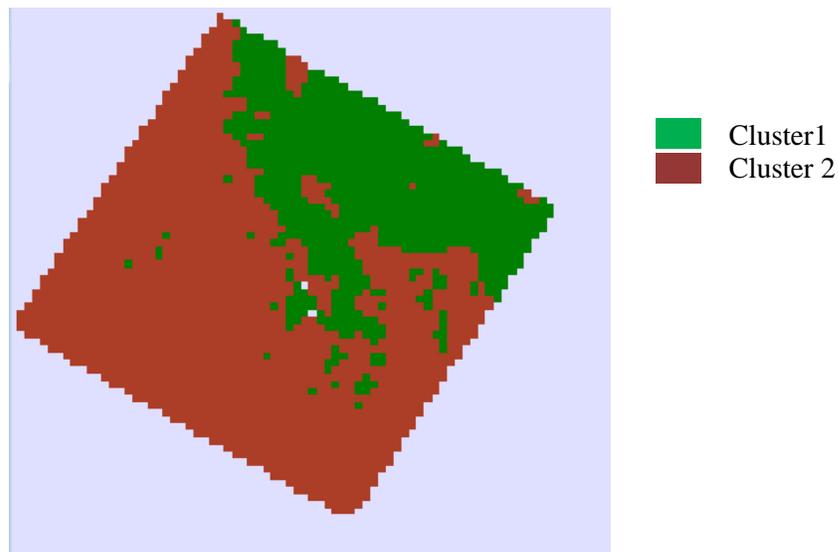


Figura 6. Mapa Analise Cluster Talhão 2

Após geradas as diferentes zonas nos dois talhões foi usado o método da variância relativa como critério para avaliar a efetividade na determinação das diferentes zonas de gerenciamento. A determinação deste índice é dada pela equação $VR = 1 - VZG/VT$. Onde VZG é o valor de variância de determinada variável dentro de uma agrupação, enquanto VT é a variância total da variável dentro de todo o talhão.

Este parâmetro foi usado para comparar as variáveis de solo e os dados de produtividade dos anos 2008 a 2011. Além disso, foi usado o coeficiente de variação para diferenciar a variabilidade entre os pontos de um cluster e os pontos de toda a lavoura.

Para o talhão 1 (Tabela 7) a variância relativa mostrou que no cluster 1 a variabilidade foi menor do que na lavoura inteira, o qual indica que os fatores agrupados na análise cluster conseguem estabelecer uma região com homogeneidade suficiente para estabelecer um manejo particular. Porém no cluster 2 do mesmo talhão para as variáveis de condutividade elétrica, produtividade do ano 2008, 2010 e 2011, a variância relativa indica que não houve homogeneidade do cluster em relação ao talhão inteiro. Ainda o coeficiente de variação dessas variáveis é maior dentro do cluster do que no talhão completo. Enquanto para o cluster três só a variável de produtividade para o ano 2011 tem maior heterogeneidade dentro do cluster do que no resto da lavoura.

Para o talhão 2 (Tabela 8), embora o cluster 2 apresenta valores de homogeneidade maiores para todas as variáveis em comparação com os dados para a lavoura em geral, no cluster 1 os valores de variância relativa para os dados de argila, condutividade elétrica e produtividade dos anos 2010 e 2011, apresentam uma variância relativa negativa o qual

indica que aqueles fatores não tem uma homogeneidade maior dentro do cluster do que fora dele, sendo os fatores determinantes da agrupação as produtividades dos anos 2008 e 2009.

Segundo Ortega e Santibanez (2006), os valores de produtividade tem uma variabilidade espacial e temporal que depende de muitos fatores além das condições que podem ser alteradas pelo homem, assim como a variabilidade muda muito dependendo de casos específicos para cada período da cultura. Para a C.E., a variância relativa apresentou valores negativos no cluster 2 do talhão 1 e no cluster 1 do talhão 2, porém nos demais casos comportou-se de acordo aos resultados obtidos por Yan et al., (2006), onde foi obtido resultados favoráveis na determinação de zonas de manejo usando a C.E. como variável principal. Embora, cabe ressaltar que o comportamento da C.E. e o conteúdo de argila no solo não estão de acordo aos resultados obtidos por Carroll e Oliver (2005), pois não houve relação entre a distribuição do conteúdo de argila no solo e a C.E. em nenhum dos talhões avaliados. Além disso, no talhão 1, o cluster 2 esta localizado na região com maior C.E. dentro do talhão, que também apresenta maior variabilidade, tendo mudanças abruptas nos valores da C.E. nesta região. Tais mudanças podem estar relacionadas às características específicas dos locais analisados (Juan et al., 2011). Embora não mensurado, as áreas apresentavam diferenças de profundidade e drenagem do solo que podem ter tido mais influência na CE do que conteúdo de argila em algumas regiões.

Tabela 7. Coeficiente de Variação e Variância Relativa Talhão 1.

Cluster	Variável	Coeficiente de variação	Variância Relativa
1	Argila cluster	0,051	0,613
	Argila talhão	0,794	
	C.E. cluster	0,287	0,791
	C.E. talhão	0,569	
	Pro08 cluster	0,168	0,138
	Pro08 talhão	0,181	
	Pro09 cluster	0,100	0,190
	Pro09 talhão	0,111	
	Pro10 cluster	0,100	0,349
	Pro10 talhão	0,124	
	Pro11 cluster	0,108	0,645
	Pro11 talhão	0,181	
2	Argila cluster	0,087	0,202
	Argila talhão	0,794	
	C.E. cluster	0,581	-0,240
	C.E. talhão	0,569	
	Pro08 cluster	0,192	-0,124
	Pro08 talhão	0,181	

	Pro09 cluster	0,099	
	Pro09 talhão	0,111	0,096
	Pro10 cluster	0,156	
	Pro10 talhão	0,124	-0,567
	Pro11 cluster	0,264	
	Pro11 talhão	0,181	-1,134
	Argila cluster	0,039	
	Argila talhão	0,794	0,783
	C.E. cluster	0,304	
	C.E. talhão	0,569	0,754
	Pro08 cluster	0,155	
	Pro08 talhão	0,181	0,268
3	Pro09 cluster	0,081	
	Pro09 talhão	0,111	0,460
	Pro10 cluster	0,111	
	Pro10 talhão	0,124	0,791
	Pro11 cluster	0,191	
	Pro11 talhão	0,181	-0,117

Tabela 8. Coeficiente de Variação e Variância Relativa Talhão 2 Método Cluster

Cluster	Variavel	Coeficiente de variação	Variância Relativa
	Argila cluster	0,201	
	Argila talhão	0,261	-1,271
	C.E. cluster	0,361	
	C.E. talhão	0,322	-0,417
	Pro08 cluster	0,219	
	Pro08 talhão	0,222	0,028
Cluster 1	Pro09 cluster	0,138	
	Pro09 talhão	0,148	0,137
	Pro10 cluster	0,136	
	Pro10 talhão	0,157	-0,023
	Pro11 cluster	0,095	
	Pro11 talhão	0,102	-0,054
	Argila cluster	0,135	
	Argila talhão	0,261	0,566
Cluster 2	C.E. cluster	0,178	
	C.E. talhão	0,322	0,749
	Pro08 cluster	0,144	
	Pro08 talhão	0,222	0,581

Pro09 cluster	0,144	0,949
Pro09 talhão	0,148	
Pro10 cluster	0,099	0,603
Pro10 talhão	0,157	
Pro11 cluster	0,083	0,331
Pro11 talhão	0,102	

Análises Booleana

Para a análise booleana foram consideradas as revisões feitas por Storey e Walker (1999), sobre o rendimento da cultura de citros e sua relação com a condutividade elétrica no solo. É assim como segundo Storey e Walker (1999), a relação entre rendimento e condutividade elétrica pode se expressar como uma resposta linear negativa que começa com o limite de 1,3 dS/m com um 13% de variação. Levando em consideração este valor, foi estabelecido como o valor ideal de condutividade elétrica para os dois talhões, os valores maiores a 1.469 dS/m. Além disso, para a qualificação da textura do solo para a cultura de laranja foram escolhidos os parâmetros estabelecidos pela FAO. Levando isso em consideração foi escolhido o valor de 30 % de argila como o limite para determinar as condições ótimas para o cultivo sendo os melhores solos os de textura arenosa ou silte os recomendados para a cultura de cítricos. Para os dados de produtividade foi feito a avaliação a partir da média do pomar, colocando como ótimo as zonas onde a produção superou a média. Uma vez obtidos os diferentes layers booleanos para cada talhão, foi feita a sobreposição dos mapas somando os valores e gerando para cada lavoura uma zona de baixa capacidade (verde), capacidade média (vermelho) e alta capacidade (amarelo) (Figura 8 e 9).

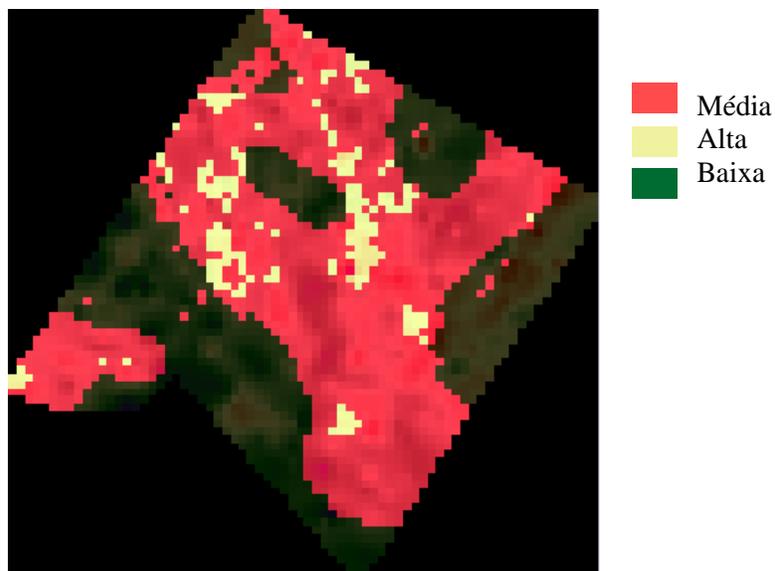


Figura 8. Talhão 1: Divisão pelo método booleano

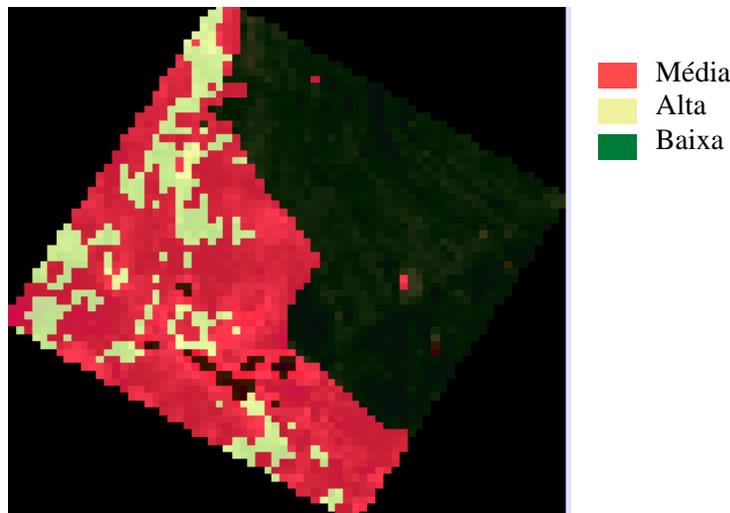


Figura 9. Talhão 2: Divisão pelo método booleano

A variância relativa no talhão 1 mostrou que para a zona de baixa capacidade de produção, os dados de condutividade elétrica e da produção para o ano 2011 foram mais heterogêneos dentro da zona estabelecida pelo método booleano do que na lavoura em geral (Tabela 9). Enquanto para as zona de meia capacidade de produção, as variáveis que ficaram com maior heterogeneidade do que o talhão inteiro foram as produtividades dos anos 2008 e 2009. Porém para a zona de alta produtividade todas as variáveis apresentaram uma homogeneidade superior do que a lavoura em geral, tanto no coeficiente de variação e na variância relativa.

No talhão 2 (Tabela 10), na comparação da homogeneidade só na zona de baixa capacidade houve variáveis com homogeneidade inferior do que o talhão inteiro. Naquela zona a condutividade elétrica, a porcentagem de argila e a produtividade dos anos 2008 e 2011, tiveram uma variância relativa negativa. Embora nos zoneamentos de meia e alta capacidade, as variâncias relativas e os coeficientes de variação para cada fator mostraram que dentro das zonas estabelecidas a variabilidade foi menor do que a variabilidade da lavoura levando em conta os mesmos parâmetros.

Tabela 9. Coeficiente de variação e variância relativa Talhão 1, método booleano

Zona	Variável	Coeficiente de variação	Variância Relativa
Baixa	Argila boolean	0,068	0,531
	Argila talhão	0,794	
	C.E. boolean	0,693	-0,757
	C.E. talhão	0,569	

	Pro08 boolean	0,179	0,021
	Pro08 talhão	0,181	
	Pro09 boolean	0,089	0,354
	Pro09 talhão	0,111	
	Pro10 boolean	0,103	0,313
	Pro10 talhão	0,124	
	Pro11 boolean	0,283	-1,449
	Pro11 talhão	0,181	
	Argila boolean	0,048	0,635
	Argila talhão	0,794	
	C.E. boolean	0,318	0,719
	C.E. talhão	0,569	
	Pro08 boolean	0,182	-0,016
Média	Pro08 talhão	0,181	
	Pro09 boolean	0,112	-0,025
	Pro09 talhão	0,111	
	Pro10 boolean	0,109	0,230
	Pro10 talhão	0,124	
	Pro11 boolean	0,131	0,471
	Pro11 talhão	0,181	
	Argila boolean	0,040	0,771
	Argila talhão	0,794	
	C.E. boolean	0,247	0,841
	C.E. talhão	0,569	
	Pro08 boolean	0,149	0,318
Alta	Pro08 talhão	0,181	
	Pro09 boolean	0,087	0,379
	Pro09 talhão	0,111	
	Pro10 boolean	0,092	0,452
	Pro10 talhão	0,124	
	Pro11 boolean	0,057	0,899

Tabela 10. Coeficiente de variação e variância relativa Talhão 2, método booleano

Zona	Variável	Coeficiente de Variação	Variância Relativa
Baixa	Argila boolean	0,179	-1,041
	Argila talhão	0,261	
	C.E. boolean	0,414	-1,310
	C.E. talhão	0,322	
	Pro08 boolean	0,240	-0,159
	Pro08 talhão	0,222	
	Pro09 boolean	0,099	0,550
	Pro09 talhão	0,148	
	Pro10 boolean	0,136	0,791
	Pro10 talhão	0,157	
	Pro11 boolean	0,114	-0,243
	Pro11 talhão	0,102	
Média	Argila boolean	0,086	0,795
	Argila talhão	0,261	
	C.E. boolean	0,278	0,380
	C.E. talhão	0,322	
	Pro08 boolean	0,121	0,705
	Pro08 talhão	0,222	
	Pro09 boolean	0,100	0,547
	Pro09 talhão	0,148	
	Pro10 boolean	0,148	0,791
	Pro10 talhão	0,157	
	Pro11 boolean	0,087	0,263
	Pro11 talhão	0,102	
Alta	Argila boolean	0,120	0,237
	Argila talhão	0,261	
	C.E. boolean	0,202	0,596
	C.E. talhão	0,322	
	Pro08 boolean	0,167	0,438
	Pro08 talhão	0,222	
	Pro09 boolean	0,092	0,616
	Pro09 talhão	0,148	
	Pro10 boolean	0,125	0,791
	Pro10 talhão	0,157	
	Pro11 boolean	0,089	0,235

Discussão e conclusões

A partir dos resultados obtidos através da análise estatística é possível estabelecer que os dados de produtividade apresentam um comportamento irregular ao longo dos anos nas duas lavouras estudadas, é assim como a variância relativa para os anos 2010 e 2011 nos dois talhões, teve uma variância relativa negativa, no cluster 1 do talhão 2, no cluster 2 do talhão 1, e na zona de baixa capacidade do talhão 2. Porém o histórico de produtividade de uma cultura é um fator de grande relevância, no momento de determinar zonas de manejo (Basnetet al., 2003). Os resultados alcançados são reflexo da alta variabilidade temporal presente no desenvolvimento da cultura de laranja, levando em consideração a variação de cerca do 50% na produção, tendo anos consecutivos que atingiam o dobro de rendimento do ano anterior.

Outro valor que apresentou um comportamento incomum dentro dos delineamentos das zonas de gerenciamento foi a condutividade elétrica, a qual apresentou uma variância relativa negativa no cluster 1 do talhão 2 e no cluster 2 do talhão 1. Segundo Adamchuk et al. 2004, o uso de sensores “on the go” para agricultura de precisão tem muitas vantagens, porque permite diminuir os custos de amostragem de solo e além disso permite realizar uma coleta de dados representativos da realidade da cultura. É assim, como o uso de esta ferramenta permitiu observar mudanças abruptas da C.E. dentro do talhão 1.

Em relação à comparação dos métodos usados, de acordo com a somatória das variâncias relativas o método booleano representa melhor a homogeneidade das zonas de gerenciamento (Tabela 11). Porém este método não leva em consideração as relações entre as variáveis usadas no zoneamento; com o método booleano é feita uma classificação e avaliação dos dados representados nos mapas de rendimento e das variáveis de solo escolhidas (Mazlounzadeh et al., 2010).

Tabela 11. Variâncias Relativas Totais

Talhão	Método	Variância Relativa Total
1	Cluster	3,900
	Booleana	4,693
2	Cluster	2,180
	Booleana	4,986

É importante destacar que a análise cluster, pode permitir gerar zonas de gerenciamento mais próximas e contínuas, levando em conta que cada região é um conjunto de pontos

conectados (Roudier et al., 2011), enquanto o método booleano não considera esta característica.

Finalmente este é um trabalho prévio ao estabelecimento de zonas de gerenciamento na cultura de laranja estudada, pois é preciso desenvolver o modelo proposto lembrando que um aspecto importante para ser avaliado é a facilidade do produtor para implementar as metodologias trabalhadas.

Referências

Basnet, B., R. Kelly, T. Jensen, W. Strong, A. Apan, D. Butler. 2003. Delineation of Management Zones using Multiple Crop Yield Data. International Soil Tillage Research Organisation Conference. 69 -74 pp.

Bernal J., S. Martinez, J. Sanchez. 2004. Modelización de los factores más importantes que caracterizan un sitio en la red. XII Jornadas de ASEPUMA. 13pp.

Carroll Z. e M. Oliver. 2005. Exploring the spatial relations between soil physical properties and apparent electrical conductivity. Geoderma. 128. 354 – 374 pp.

CITRUSBRA Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Citricos. 2012. Detalhamento do Consumo Mundial de Suco de Laranja. Consultado em 21 de março de 2012.

Fraisse C., N. Kitchen, K. Sudduth. 2000. Delineation And Analysis Of Site-Specific Management Zones. Second International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. 8pp.

Fraisse, C., K. Sudduth, N. Kitchen. 2001 Delineation Of Site-Specific Management Zones By Unsupervised Classification Of Topographic Attributes And Soil Electrical Conductivity. American Society of Agricultural Engineers. Vol. 44(1). 155–166pp.

Juan P., J. Mateu, M. Jordan, J. Mataix, I. Meléndez, J. Navarro. 2011. Geostatistical methods to identify and map spatial variations of soil salinity. Journal of Geochemical Exploration. 108. 62–72 pp.

Mazlounzadeh S., M. Shamsi, H. Nezamabadi. 2010. Fuzzy logic to classify date palm trees based on some physical properties related to precision agriculture. Precision Agriculture. 11. 258–273pp.

Milne A., R. Webster, D. Ginsburg, D. Kindred. 2012. Spatial multivariate classification of an arable field into compact management zones based on past crop yields. Computers and Electronics in Agriculture. 80. 17–30pp.

Ortega R. e O. Santibanez. 2007. Determination of management zones in corn (*Zea mays* L.) based on soil fertility. *Computers and Electronics in Agriculture*. 58. 49–59 pp.

Paz Y. 2007. Tratamiento estadístico de datos con SPSS: Prácticas resueltas y comentadas. Editorial Paraninfo. 616 pp.

Roudier P., B. Tisseyre, H. Poilve, J. Roger. 2011. A technical opportunity index adapted to zone-specific management. *Precision Agriculture*. 12. 130–145 pp.

Russ G. e R. Kruse. 2011. Exploratory Hierarchical Clustering for Management Zone Delineation in Precision Agriculture. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. 161-173 pp.

Sevier B. e W. Lee. 2011. Precision Farming Adoption by Florida Citrus Producers: Probit Model Analysis. University of Florida. IFAS Extension. 1-7 pp.

Stafford J., e A. Werner. 2003. The 4th European Conference on Precision Agriculture (ECPA) and the 1st European Conference on Precision. Wageningen Academic Pub. 783 pp.

Storey R. e R. Walker. 1999. Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae*. 78. 39-81 pp.

Vallejo P. 2011. El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas y cuestionarios. Universidad Pontificia Comillas. 45 pp.

Whelan, B.M. and McBratney, A.B. (2000) The 'Null Hypothesis' of Precision Agriculture Management, *Precision Agriculture*, No.2. 265-279 pp.

Yan L., S. Zhou, L. Feng. 2006. Delineation of Site-Specific Management Zones Based on Temporal and Spatial Variability of Soil Electrical Conductivity. *Pedosphere*. 17(2). 156-164 pp.

Zaman Q. e A. Schumann. 2006. Nutrient management zones for citrus based on variation in soil properties and tree performance. *Precision Agriculture*. 7. 45–63 pp.

Anexos

Estatística Descritiva

Tabela 1. Estatística descritiva Talhao 1

Variável	Media	Desvio Padrao	N Total	N Faltantes
Condutividade eletrica 30	1,04	0,596	2722	0
Argila	14,63	1,312	2722	0
Produtividade 2008	14,609	18,149	2722	0
Produtividade 2009	33,558	11,126	2722	0
Produtividade 2010	27,747	12,505	2722	0
Produtividade 2011	52,548	18,142	2722	0

Tabela 2. Estatística descritiva Talhao 2

Variável	Media	Desvio Padrao	N Total	N Faltantes
Condutividade eletrica 30	4,648	1,4970	2707	0
Argila	32,61	8,539	2707	0
Produtividade 2008	19,305	22,296	2707	0
Produtividade 2009	41,846	14,896	2707	0
Produtividade 2010	25,671	15,783	2707	0
Produtividade 2011	52,803	10,244	2707	0

Analise de Componentes Previa

Tabela 3. Comunalidades Previa Talhão 1

Variável	Inicial	Extração
Condutividade eletrica 30	1,000	0,734
Condutividade eletrica 90	1,000	0,766
Argila	1,000	0,365
Materia Orgânica	1,000	0,896
Produtividade 2008	1,000	0,590
Produtividade 2009	1,000	0,761
Produtividade 2010	1,000	0,690
Produtividade 2011	1,000	0,738

Tabela 4. Comunalidades Previa Talhão 2

Variável	Inicial	Extração
Condutividade eletrica 30	1,000	0,843
Condutividade eletrica 90	1,000	0,887
Argila	1,000	0,830
Materia Orgânica	1,000	0,587
Produtividade 2008	1,000	0,481
Produtividade 2009	1,000	0,591
Produtividade 2010	1,000	0,397
Produtividade 2011	1,000	0,875

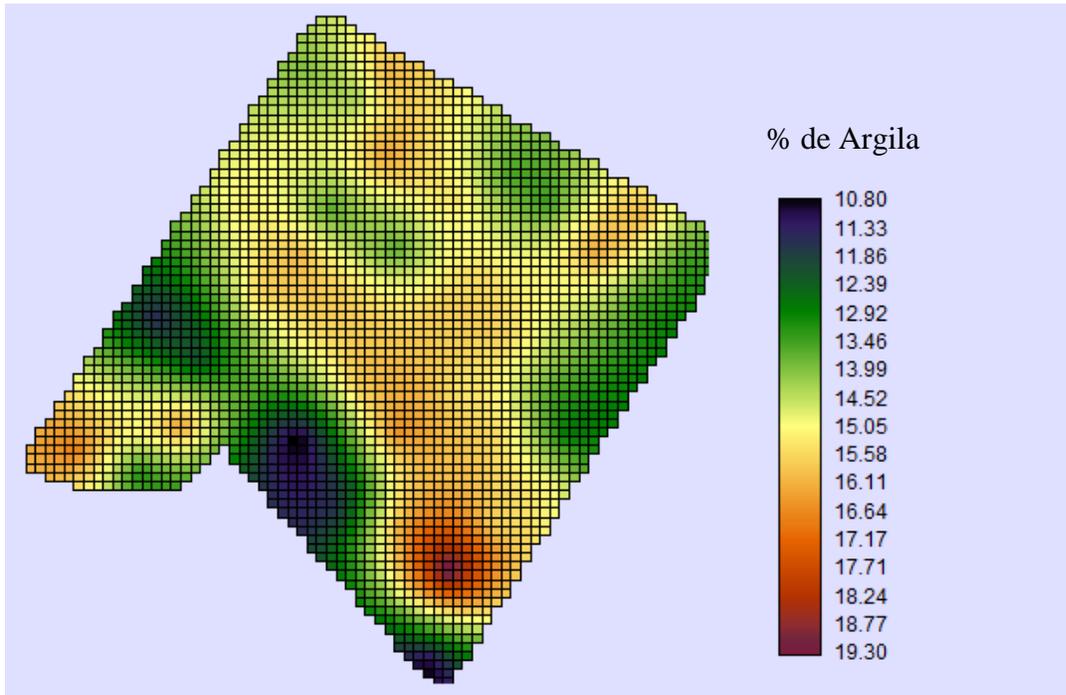
Tabela 5. Variância Total Explicada Talhao 1

Variável	-----Eigenvalues Iniciais-----			-Extração da soma de quadrados-			--Rotação da soma de quadrados--		
	Total	% de Variância	% Acumulado	Total	% de Variância	% Acumulado	Total	% de Variância	% Acumulado
1	2,235	27,938	27,938	2,235	27,938	27,938	1,856	23,197	23,197
2	1,190	14,876	42,814	1,190	14,876	42,814	1,299	16,240	39,437
3	1,112	13,906	56,720	1,112	13,906	56,720	1,248	15,597	55,034
4	1,002	12,525	69,245	1,002	12,525	69,245	1,137	14,211	69,245
5	,844	10,550	79,796						
6	,694	8,680	88,476						
7	,560	6,994	95,470						
8	,362	4,530	100,000						

Tabela 6. Variância Total Explicada Talhao 2

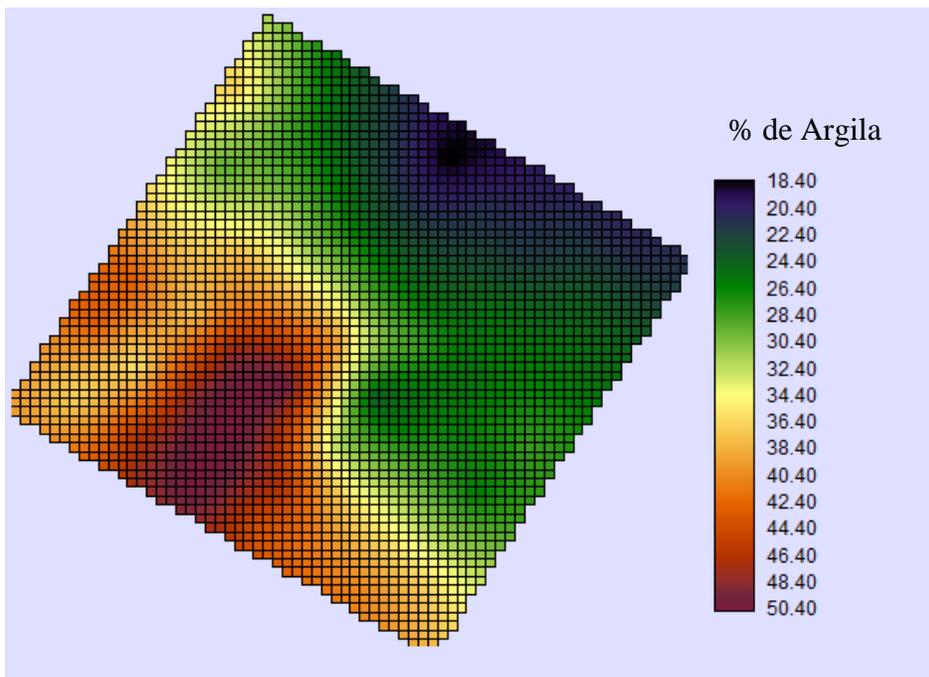
Componentes	-----Eigenvalues Iniciais-----			-Extração da soma de quadrados-			-----Rotação da soma de quadrados---		
	Total	% de Variância	% Acumulado	Total	% de Variância	% Acumulado	Total	% de Variância	% Acumulado
1	2,834	35,428	35,428	2,834	35,428	35,428	2,643	33,038	33,038
2	1,600	19,999	55,427	1,600	19,999	55,427	1,783	22,289	55,326
3	1,057	13,211	68,638	1,057	13,211	68,638	1,065	13,312	68,638
4	,956	11,949	80,587						
5	,692	8,646	89,233						
6	,447	5,586	94,819						
7	,230	2,874	97,693						
8	,185	2,307	100,000						

Mapa de Argila Talhão 1



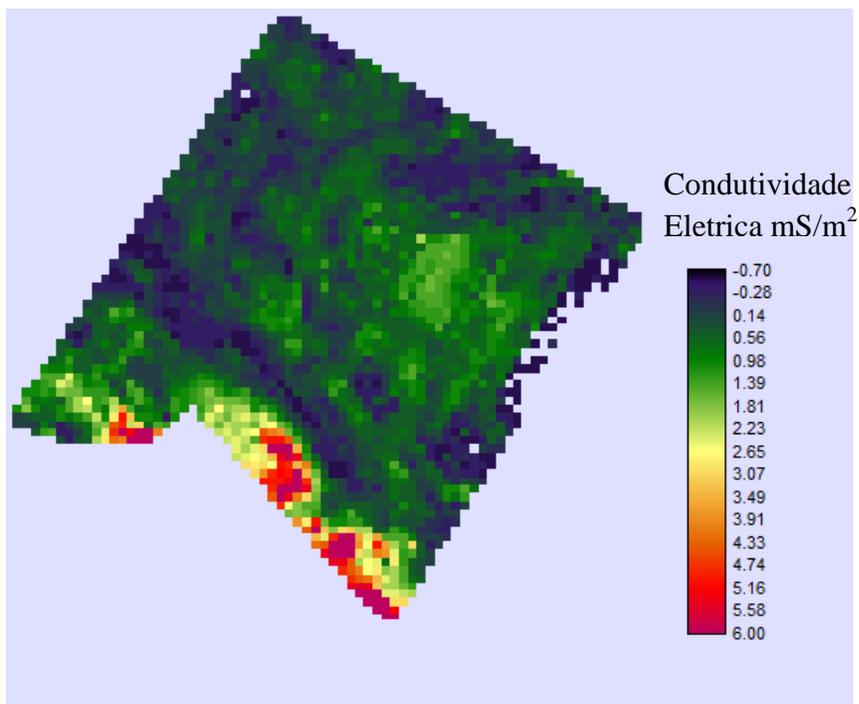
0 m 350 m

Mapa de Argila Talhão 2



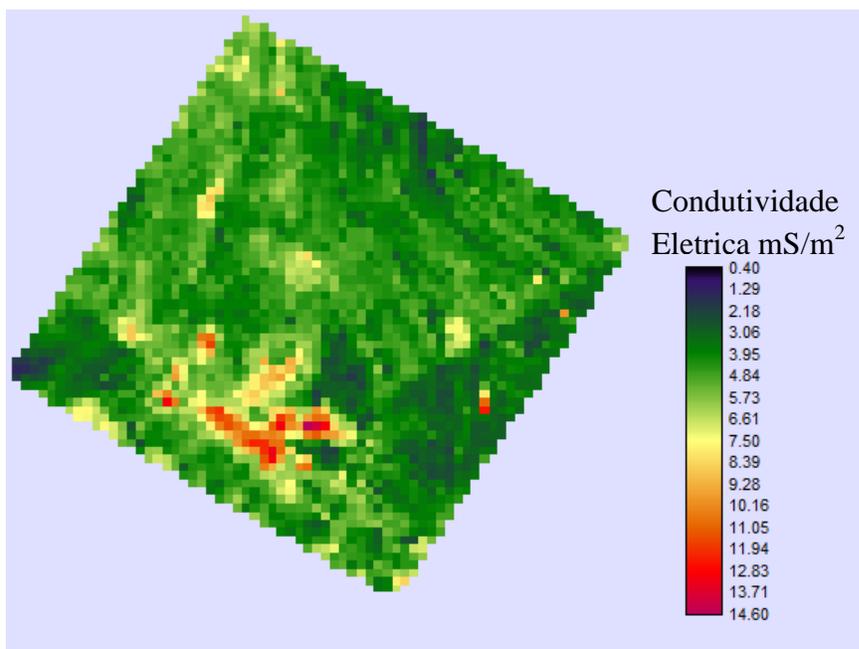
0 m 350 m

Mapa de Condutividade elétrica 30 cm Talhão 1.



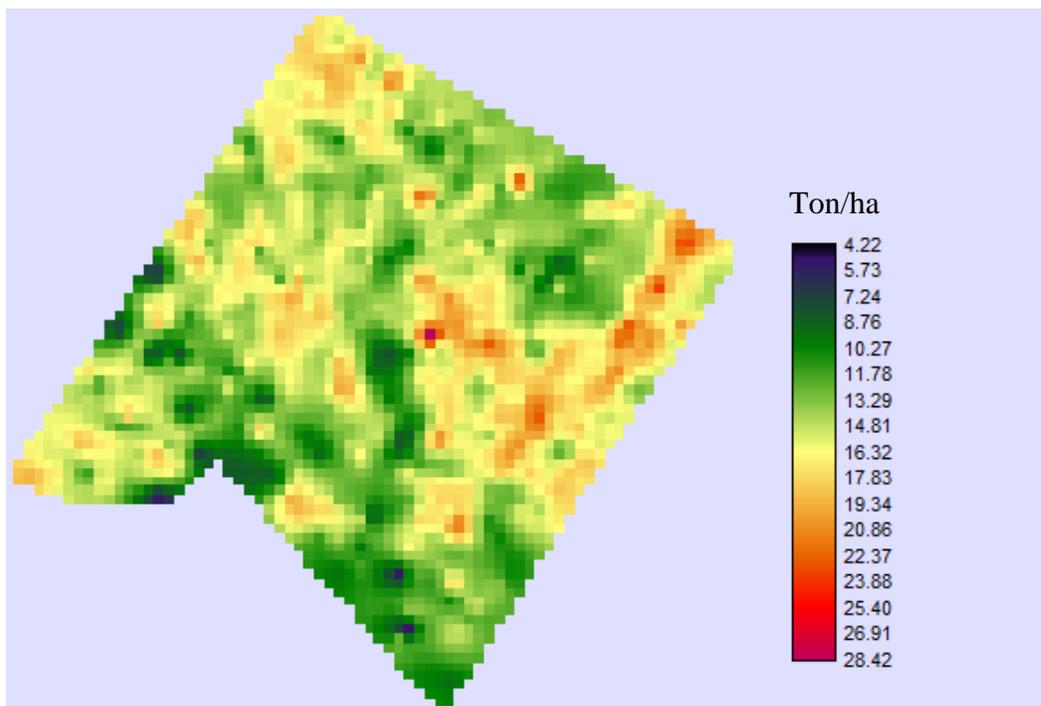
0 m 350 m

Mapa de Condutividade elétrica 30 cm Talhão 2.

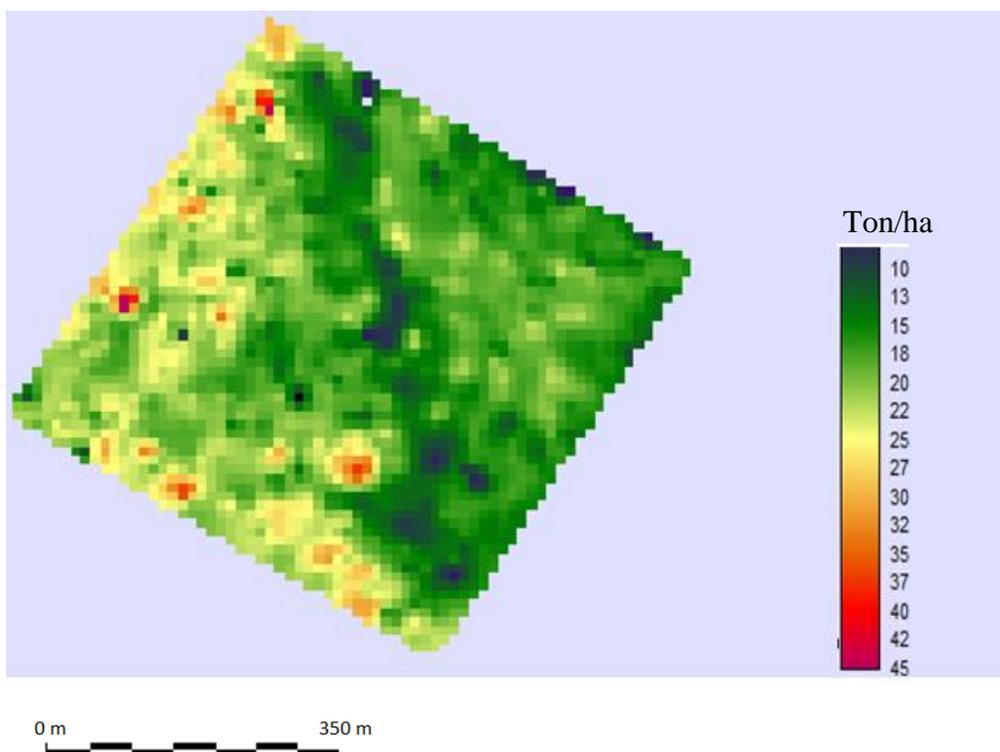


0 m 350 m

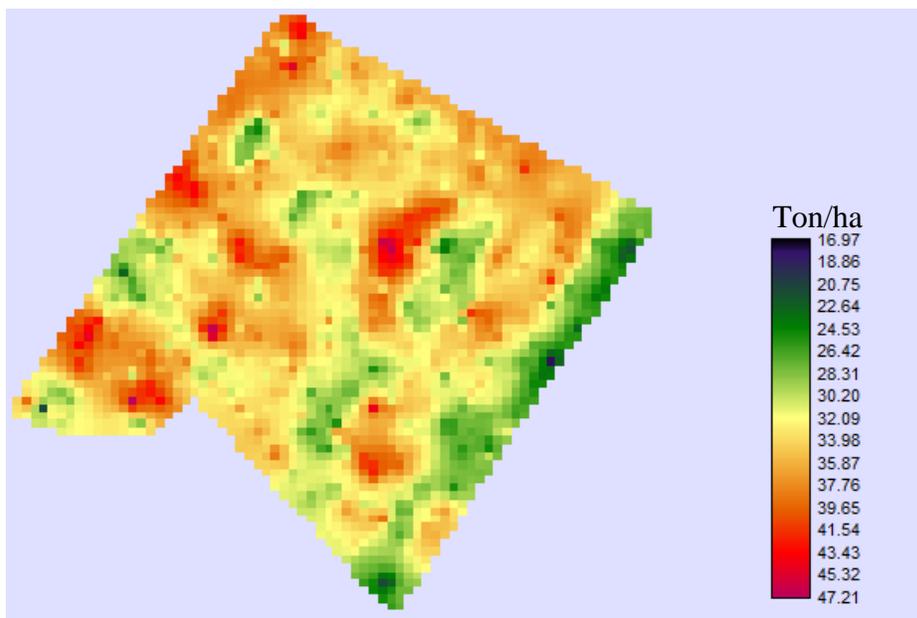
Mapa de produtividade ano 2008 Talhão 1



Mapa de produtividade ano 2008 Talhão 2

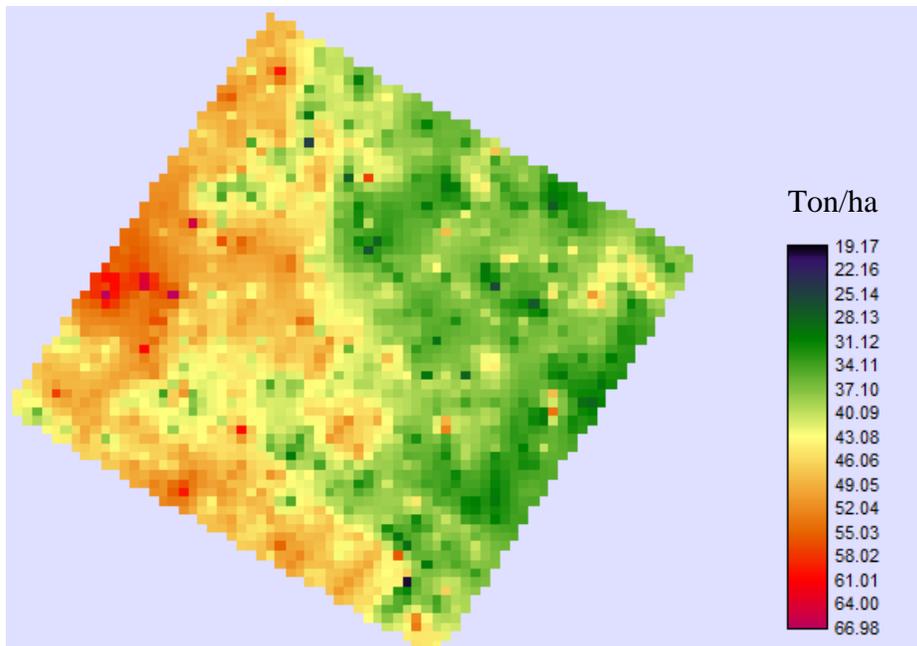


Mapa Produtividade ano 2009 Talhão 1



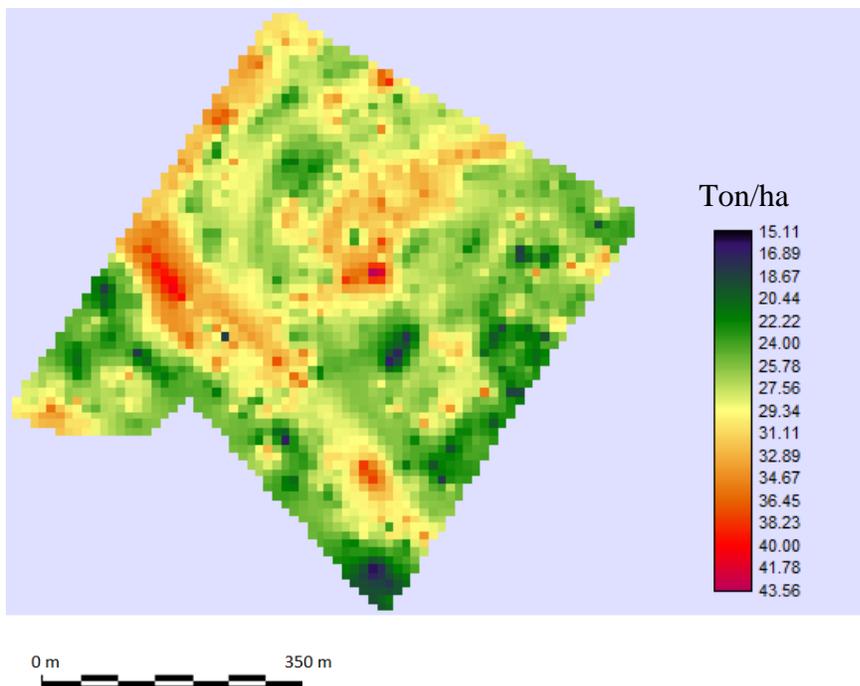
0 m 350 m

Mapa Produtividade ano 2009 Talhão 2

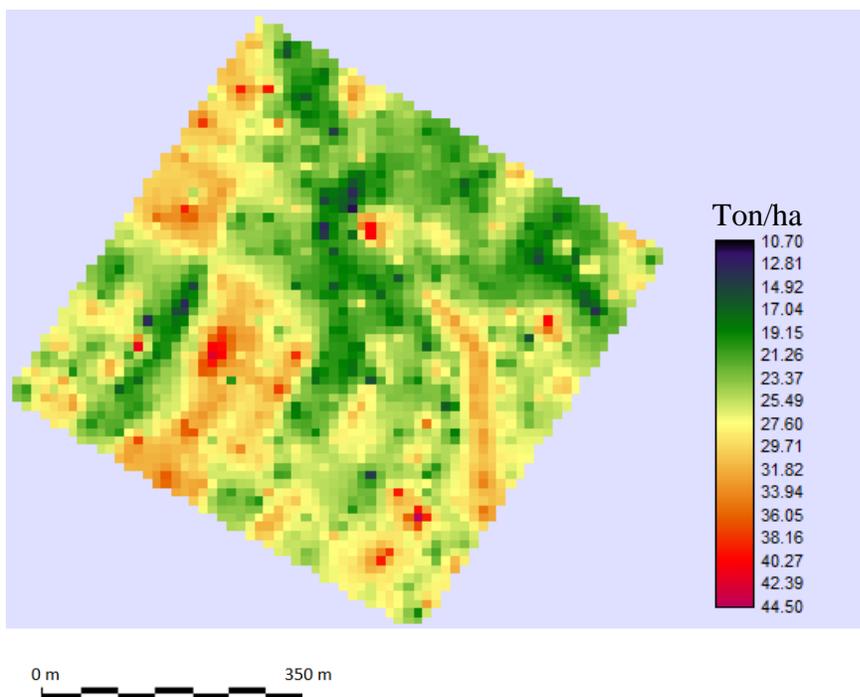


0 m 350 m

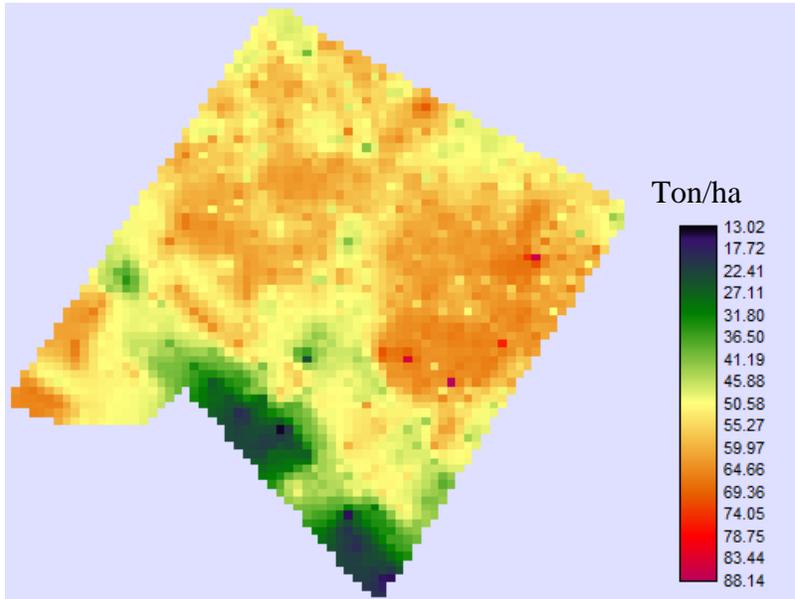
Mapa Produtividade ano 2010 Talhão 1



Mapa Produtividade ano 2010 Talhão 2

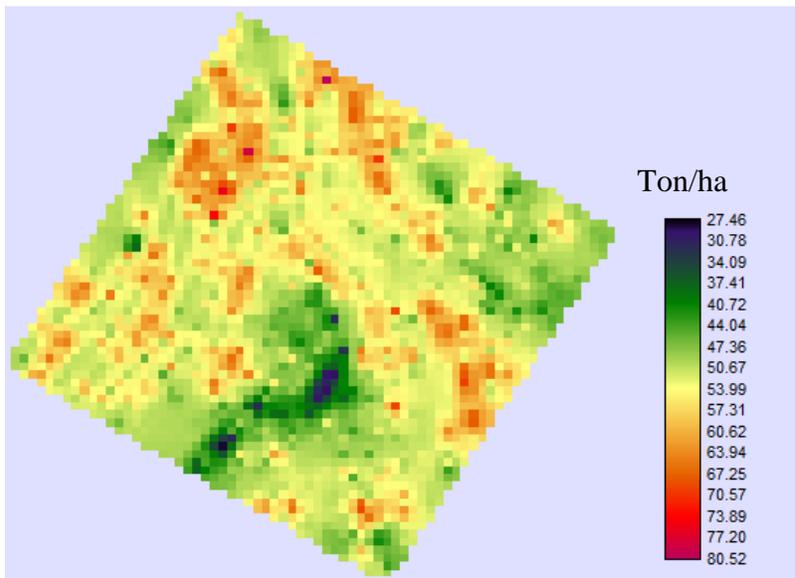


Mapa Produtividade ano 2011 Talhão 1



0 m 350 m

Mapa Produtividade ano 2011 Talhão 2



0 m 350 m