

Claudio Leones Bazzi Eduardo Godoy de Souza Nelson Miguel Betzek Bibliografia

ISBN 978-85-919593-0-3

1ª edição

Ano de publicação: 2015

Dados dos Autores:

Claudio Leones Bazzi, Dr. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Medianeira - Pr bazzi@utfpr.edu.br

Eduardo Godoy de Souza, Dr. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel - Pr eduardo.souza@unioeste.br

Nelson Miguel Betzek, Msc. Departamento de Computação Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Medianeira - Pr nmbetzek@utfpr.edu.br

SUMÁRIO

CAPÍTULO) 1 - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO	2 - AGRICULTURA DE PRECISÃO, ESTATÍSTICA ESPACIAL E GEOPROCESSAMENTO	2
2.1 Agr	cultura de Precisão	2
2.2 Map	oas Temáticos	4
2.2.1	Mapas de produtividade (colheita)	8
2.2.2	Mapas de disponibilidade de nutrientes (fertilidade)	9
2.2.3	Mapas de aplicação de nutrientes	10
2.3 Aná	lise Geoestatística	11
2.4 Inte	rpolação de Dados	14
2.5 Unio	dades de Manejo	18
2.5.1	Métodos Empíricos	21
2.5.2	Métodos de Agrupamento	30
2.6 Cor	relação Espacial	34
2.7 Ava	liação de Unidades de Manejo	37
CAPÍTULC	3 - SOFTWARE PARA DEFINIÇÃO DE UNIDADES MANEJO – SDUM	5 DE 40
3.1 Um	pouco de história	40
3.2 Obj	etivos do software	41
3.3 Tec	nologias utilizadas para o desenvolvimento	42
3.3.1	Engenharia de software:	42
3.3.2	Linguagem de programação:	43
3.3.3	Sistema Gerenciador de Banco de Dados:	44
3.4 Esti	utura de funcionamento	44

3.5 Instalação do Software de Definição de Unidades de Manejo – SDUM47		
CAPÍTULO	4 - MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO SDUM 54	
4.1 Obse	ervações importantes ao leitor54	
4.2 Padr	onização de dados de entrada e saída55	
4.2.1	Arquivos de contorno56	
4.2.2	Arquivos de dados amostrais58	
4.2.3	Arquivos de Saída60	
4.3 Traba	alhando com o SDUM60	
4.3.1	Iniciando o SDUM60	
4.3.2	Configurações padrão62	
4.4 Gere	nciando Projetos com SDUM63	
4.4.1	Criando um projeto63	
4.4.2	Abrindo um projeto já existente69	
4.4.3	Eliminando um projeto já existente70	
4.5 Gere	nciando Arquivos de entrada no SDUM71	
4.5.1	Incluindo áreas (talhões) no SDUM74	
4.5.2	Atualizando e excluindo uma área no SDUM77	
4.6 Cons	struindo grades amostrais no SDUM78	
4.6.1	Incluindo dados amostrais no SDUM80	
4.6.2	Atualizando e excluindo dados amostrais no SDUM 84	
4.6.3	Apresentando dados amostrais e de contorno no SDUM 85	
4.6.4 tela de	Removendo layers de contorno e de dados amostrais da apresentação	
4.6.5	Criando e apresentando arquivos .kml no SDUM88	
4.7 Interp	polando dados com SDUM90	
4.8 Apre	sentando um mapa temático gerado95	

R	EFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
	4.11 Avaliando unidades de manejo	118
	4.10 Gerando unidades de manejo com SDUM	113
	4.9 Análise de dados com SDUM	106

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

No período de uma safra agrícola, muitos dados referentes a diversos atributos do solo e da planta são coletados. Devido à elevada densidade de dados coletados, sistemas computacionais são utilizados para armazenar e avaliar a grande quantidade de informações obtidas, com o objetivo de auxiliar e agilizar a tomada de decisão sobre o uso e manejo do solo em áreas agrícolas. Estes sistemas, chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), devem permitir o armazenamento, manipulação, análise e visualização de informações espaciais, sob a forma de mapas digitais, proporcionando melhor interpretação e consequentemente, tomadas de decisões mais rápidas e com maior eficiência.

A necessidade da utilização de um software amigável e gratuito para determinar unidades de manejo, propiciou o desenvolvimento do Software para Definição de Unidades de Manejo - SDUM (BAZZI, 2011; BAZZI et al., 2013), que é uma aplicação computacional desenvolvida com ferramentas livres e em linguagem multiplataforma (Java). Por meio do SDUM, é possível realizar, de forma simples e amigável, os procedimentos para definição e avaliação de unidades de manejo.

Neste livro são apresentados os conceitos básicos necessários à definição de unidades de manejo, bem como, nos capítulos 3 e 4, a documentação do SDUM e detalhamento da forma de utilização.

CAPÍTULO 2 - AGRICULTURA DE PRECISÃO, ESTATÍSTICA ESPACIAL E GEOPROCESSAMENTO

2.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

O solo possui atributos que naturalmente sofrem variações devido a sua localização, bem como pelo passar do tempo. A redução natural de atributos no solo ocorre devido à absorção de nutrientes pela planta com vistas ao seu desenvolvimento, por isso, é necessário que seja realizada a reposição destes nutrientes por meio do manejo adequado do solo. Segundo GONTIJO et al. (2012), a limitação da produção nas lavouras está relacionada à baixa fertilidade natural do solo, causada por deficiências de alguns elementos no solo, o que pode ser amenizado por práticas adequadas de correção e manejo.

Outro aspecto frequente é a variabilidade espacial de atributos do solo, que pode ser influenciada pela complexidade dos fatores que envolvem a sua composição, como o clima, material de origem, relevo, organismo e tempo (fatores intrínsecos) e atividades de manejo como preparo do solo, adubação e rotação de culturas (fatores extrínsecos) (DAVATGAR; NEISHABOURI; SEPASKHAH, 2012). Segundo DOERGE (2000), agronomicamente, faz sentido aplicar nutrientes e outros insumos agrícolas à taxa variada em campos heterogêneos, sendo esta tecnologia conhecida como agricultura de precisão. A agricultura de precisão se desenvolveu a partir da evolução de tecnologias como a informática (hardware e softwares específicos), geoprocessamento, sistemas de posicionamento global (GPS), sensores, que estão proporcionando nova forma de visualizar uma propriedade agrícola, considerando características específicas de cada talhão.

A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento da variabilidade espacial e temporal da produção agrícola e dos fatores nela envolvidos, composto de tecnologias e procedimentos utilizados para a melhoria dos campos de cultivo e sistemas de produção (MONDO et al., 2012). A utilização da agricultura de precisão considera a coleta e manipulação de informações agronômicas necessárias para definir as necessidades reais do campo em determinada parte do talhão. Ela consiste no manejo localizado das variáveis de produção e propõe o desenvolvimento de sistemas que permitam racionalizar o uso de insumos e, consequentemente, os custos de produção e o impacto ambiental, aliado ao incremento da produção, tornando-se assim, um sistema de gestão da produção agrícola (MOLIN; RABELLO, 2011) (Figura 1).



Figura 1 Ciclo da Agricultura de Precisão.

O manejo uniforme do talhão pode resultar em excesso de aplicação de insumos em áreas com altos níveis de nutrientes e aplicação insuficiente em áreas com baixos níveis de nutrientes. A solução é, então, a aplicação à taxa variada. Porém, esta tecnologia requer ajustes do maquinário e condição específicos para cada unidade de operação do campo, de tal forma que se torne adaptável a todo o sistema de produção de culturas (JIN; JIANG, 2002).

2.2 MAPAS TEMÁTICOS

temáticos ilustram qualquer além Mapas tema. da THÉRY. representação do terreno (ARCHELA; 2008). Genericamente, mapas são utilizados para identificar diferentes tipos de representações cartográficas, ou seja, são ilustrações que proporcionam a visualização de informações de forma gráfica. Para facilitar, ferramentas computacionais são utilizadas para sua construção, porém, em muitos casos, não atendem aos critérios da cartografia como escala, projeção cartográfica, coordenadas e legenda (RECH; OLIVEIRA; LOCH, 2015).

As características específicas em um determinado espaço geográfico são representadas nos mapas por símbolos e projeção cartográfica. Os mapas que representam além do terreno, um tema associado a ele, são chamados de mapas temáticos, e tem como objetivo, informar por meio de símbolos gráficos, onde ocorre determinado fenômeno geográfico (RECH; OLIVEIRA; LOCH, 2015). Sua elaboração está vinculada à coleta de dados, análise, interpretação e representação das informações sobre um mapa que facilita a identificação de semelhanças e possibilita a visualização de correlações espaciais. As informações apresentadas em mapas temáticos podem ser, por exemplo, de temperatura máxima ou precipitação máxima em determinada data, quantidade de cálcio ou potássio no solo e produtividade de soja em determinada área agrícola. A Figura 2 apresenta o mapa temático dos climas do Brasil.





Os símbolos gráficos (signos) caracterizam a variação visual de forma, tamanho, orientação, cor, valor e granulação (Figura 3) para representar fenômenos qualitativos, ordenados ou quantitativos nos modos de implantação pontual, linear ou zonal (ARCHELA; THÉRY, 2008).

Implantação	Pontual	Linear	Zonal
Forma ≣	·●■▲ → ຟ ℰ	and the second second	
Tamanho			
Orientação			2
Cor É	Cores puras do	espectro ou combin primárias.	ação das cores
Valor き			
Granulação ≇ o			

Tipo de percepção ≡associativa ≠seletiva O ordenada Q quantitativa Figura 3 Quadro de variáveis visuais.

Fonte: Adaptado de Archela & Théry, 2008.

A legenda também é essencial na apresentação de um mapa temático, pois identifica o significado dos signos, e assim, transcreve as informações da linguagem escrita para a gráfica.

Segundo ARCHELA & THÉRY (2008), a combinação de variáveis visuais dará origem a diferentes tipos de mapas temáticos (mapas de isolinhas, mapas zonais, mapas de pontos ou de nuvem de pontos, dentre outros). Os mapas de isolinhas são construídos com a união de pontos de mesmo valor e são aplicáveis a fenômenos geográficos que apresentam continuidade no espaço

geográfico. Podem ser construídos a partir de dados absolutos (altitude do relevo, temperatura, precipitação, umidade, pressão atmosférica) ou relativos (densidades, porcentagens ou índices).

Os mapas zonais são os mais adequados para representar distribuições espaciais de dados de uma área. São indicados para demonstrar a distribuição das densidades (habitantes por quilômetro quadrado), produtividade (toneladas por hectare), ou índices expressos em percentagens que refletem a variação da densidade de um fenômeno (médicos por habitante, taxa de natalidade, consumo de energia). Para representar quantidades na implantação zonal utilizam-se os mapas de pontos, que possibilitam, pela contagem dos pontos, se ter a sensação de conhecimento da realidade. Porém, é muito abstrato, pois a distribuição dos pontos não ocorre segundo a distribuição do fenômeno. Os mapas de pontos ou de nuvem de pontos expõem dados absolutos (número de tratores de um município, número de habitantes, totais de produção, etc.) que representam exatamente o número de ocorrências (ARCHELA; THÉRY, 2008).

Para se identificar a variabilidade dos diversos atributos do solo, planta e produtividade, mapas temáticos são gerados com base em amostras coletadas ao longo da safra. Entretanto é necessário primeiramente interpolar os dados em uma grade densa e regular, mensurando valores nos locais não amostrados. Esta tarefa é realizada com auxílio de métodos de interpolação.

Com base no contorno da área em análise e dados relativos aos pontos amostrais, são gerados mapas temáticos de disponibilidade de nutrientes (Figura 4), de aplicação de nutrientes e de produtividade (Figura 5).





2.2.1 Mapas de produtividade (colheita)

Os mapas de colheita são gerados com base na produtividade obtida em pontos georreferenciados, coletados por monitores de colheita, ou amostragem manual (Figura 6). Os mapas de produtividade são importante fonte de informação e propiciam identificar diferentes condições de produção encontradas no campo

que determinam variação na produtividade, sendo possível identificar os locais com baixa produtividade.

Estes mapas possibilitam monitorar a atividade agrícola localmente. Segundo MOLIN (2002) o mapa de produtividade é uma informação importante, pois materializa a resposta da cultura, indicado, desta maneira, a localização de áreas críticas em termos de rentabilidade e tratá-la de maneira diferenciada.

Os mapas de produtividade representam uma das etapas do processo de implementação da agricultura de precisão e são utilizados juntamente com dados de solo e planta, para a identificação de problemas e aplicação de insumos de forma localizada.



Figura 6 Mapa da produtividade de soja (t ha⁻¹) utilizando interpolador inverso do quadrado da distância.

2.2.2 Mapas de disponibilidade de nutrientes (fertilidade)

A análise de disponibilidade de nutrientes é realizada com base nos mapas temáticos gerados por meio de informações obtidas por amostragens de solo ou planta ou pelo uso de sensoriamento remoto, condutividade elétrica, sensores diretos, dentre outros. Cada mapa indica o teor de um nutriente, permitindo identificar os locais onde existe falta ou excesso de nutrientes necessários para o desenvolvimento das culturas.

Os mapas de disponibilidade de nutrientes são importantes para o cálculo da dose de nutrientes que devem ser aplicados ao solo para sua correção. Na Figura 7 está representado o mapa de disponibilidade de K numa determinada área, gerado por meio da utilização do interpolador inverso do quadrado da distância.



2.2.3 Mapas de aplicação de nutrientes

O mapa de aplicação de nutrientes é gerado com base nas análises, interpretação dos mapas de produtividade e disponibilidade de nutrientes. Estes mapas indicam em determinada localização, qual o nutriente e a quantidade que deve ser aplicada. Estes mapas representam as recomendações de aplicação de nutrientes distribuídas espacialmente na área. Após realizar os cálculos inerentes ao processo, é gerado o mapa de aplicação, conforme ilustrado na Figura 8, onde é possível identificar a localização e a quantidade de K₂O que deve ser aplicado em solo argiloso para a cultura de soja.





2.3 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

O uso da agricultura de precisão baseia-se na estimativa e mapeamento da variabilidade espacial dos atributos do solo e planta, para tanto utiliza mapas de distribuição espacial de atributos cuja precisão influencia no sucesso do processo. Usualmente utiliza técnicas de interpolação, que podem ser baseadas em modelos determinísticos ou estocásticos.

A abordagem determinística usualmente envolve um processo de calibração dos modelos a partir de dados observados

em campo, produzindo uma solução única. Na abordagem estocástica, os dados observados em campo são utilizados para definir um padrão estatístico para as variáveis do modelo (GOMES; CAICEDO, 2011). Devido ao desenvolvimento tecnológico, a obtenção de dados espaciais é facilitada e impulsiona os estudos e a utilização da estatística espacial, graças à maior capacidade computacional e o desenvolvimento de softwares específicos facilitam os intensos cálculos necessários (TEIXEIRA; SCALON, 2013).

As ferramentas da geoestatística permitem que sejam realizadas análises de dependência espacial e interpolação de dados em locais não amostrados, levando em consideração a variabilidade espacial. Porém, é necessário o cumprimento de requisitos para a aplicação dos métodos geoestatísticos, ou seja, a necessidade de georreferenciamento das amostras e da existência de continuidade espacial dos dados. Devido a existência de relação espacial entre os valores amostrais, é possível estimar, além dos valores em locais onde não são conhecidos, uma medida de erro associada a cada ponto estimado (ANGELICO, 2006).

Como a geoestatística não considera somente o valor obtido para uma variável resposta, mas também sua posição expressa por um sistema de coordenadas, a função semivariância é utilizada como ferramenta para apresentar a medida do grau de dependência espacial entre amostras ao longo de um espaço parametrado. A ocorrência de correlação espacial entre as amostras remete a valores mais parecidos em pontos mais próximos entre si, diferenciando-se gradativamente à medida que os pontos são mais distantes, até tornarem-se independentes, sendo que a influência da cada amostra é inversamente proporcional à distância. O grau de dependência ou correlação espacial entre as amostras é definido por meio do semivariograma, que é um gráfico (Figura 9) que relaciona a variância $\gamma(h)$ de uma variável qualquer com uma distância (h). Na geoestatística a análise da variabilidade espacial por semivariograma é a etapa mais importante de todo processo, pois o modelo de semivariograma escolhido é a interpretação da estrutura de correlação espacial a ser utilizada nos procedimentos inferenciais da krigagem.



modelo teórico.

Fonte: Adaptado de Druck et al. (2004).

O semivariograma é um gráfico no qual a função semivariância dos dados cresce em função da distância (h) até determinado ponto onde não se observa mais a continuidade espacial. Esse ponto no eixo x (h) é denominado de alcance (a) do semivariograma (*range*), ou seja, representa a distância observada até onde a variabilidade se estabiliza. No eixo y, este ponto é denominado patamar ($C_0 + C_1$) e, deste ponto em diante, considerase que não existe mais dependência espacial entre as amostras, pois a variância da diferença entre pares de amostras torna-se aproximadamente constante (WANDERLEY; AMORIM; CARVALHO, 2013). Alcance é a distância em que se atinge o patamar, a priori é igual a variância dos dados, e a partir da qual as amostras passam a ser independentes.

O efeito pepita (C₀), também conhecido por *nugget effect* é o valor da semivariância para a distância zero e representa o componente da variação ao acaso, ou seja, a variabilidade para escalas menores que a distância de amostragem, e representa as variações locais de pequena escala, tais como erros de medição. O C₀ corresponde ao ponto onde o semivariograma toca o eixo das ordenadas e revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras utilizadas (DRUCK et al., 2004). A contribuição (C₁) ou *sill*, também conhecida como a variância da dispersão, representa as diferenças espaciais entre os valores de C₀ e o patamar, intervalo esse no qual o semivariograma cresce, havendo dependência espacial (CRESSIE, 1993).

A análise espacial é realizada por meio da construção e interpretação do semivariograma experimental e do ajuste de um modelo matemático (esférico, gaussiano, exponencial, entre outros) para avaliação da estrutura de variância dos dados.

2.4 INTERPOLAÇÃO DE DADOS

Um mapa temático é construído, na maioria dos casos, a partir de amostras obtidas em uma superfície, e os valores intermediários precisam ser estimados por meio de interpolação. A

interpolação é um procedimento de estimação do valor de atributos em locais não amostrados com base nas informações obtidas em pontos amostrados, possibilitando visualizar o comportamento da variável na região, por meio de um mapa de superfície. A interpolação estima, por meio de dados de observações pontuais, uma grade mais densa e produz padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades.

A interpolação de dados é requisito para a construção de mapas temáticos e a avaliação da qualidade dos interpoladores é muito importante, considerando que o mapa interpolado deve representar a realidade da distribuição do atributo estudado da melhor forma possível. Os métodos de interpolação mais comuns e de uso em conjuntos de dados relacionados à agricultura de precisão são: vizinho mais próximo, inverso da distância elevado a uma potência, média móvel e krigagem.

O método vizinho mais próximo estima o valor para determinado local como sendo o valor do ponto amostral mais próximo do ponto a ser estimado. Este método leva em consideração a escolha de apenas uma amostra vizinha para cada ponto da grade, sendo recomendado seu uso para se trabalhar com dados qualitativos, pois não são gerados valores intermediários, assim assegura-se que o valor interpolado será um dos valores originais.

Por meio da média móvel simples, os valores são estimados com base na média dos pontos amostrais selecionados pelo usuário por meio de uma distância predefinida e não atribui peso às amostras, ou seja, não considera a distância entre as amostras e o ponto ao qual se deseja interpolar (Equação 1).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Z_i)}{n}$$

em que,

- Z valor do atributo para o ponto a ser interpolado;
- Z_i valor do atributo relativo ao vizinho i;
- *n* número de elementos amostrais utilizados para interpolação do ponto.

A interpolação pelo método inverso da distância elevado a uma potência (IDP, Equação 2) é um processo puramente matemático, no qual os dados são ponderados de tal forma que a influência entre eles diminui conforme aumenta a distância.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{Z_i}{D_i^p} \right)}{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{D_i^p} \right)}$$
(2)

em que,

- Z valor do atributo para o ponto a ser interpolado;
- Z_i valor do atributo relativo ao vizinho i;
- *n* número de elementos amostrais utilizados para interpolação do ponto.
- D_i^{p} distância euclidiana, entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado, elevada a potência *p*.

A interpolação IDP é baseada no pressuposto de existência de correlação espacial positiva e possui dois casos mais conhecidos: o inverso da distância (ID) e o inverso do quadrado da distância (IQD), sendo que a diferença entre eles é o expoente ao qual o cálculo é submetido. O fator peso (p) é predeterminado pelo valor da

(1)

potência escolhida, ou seja, quanto maior é esse valor, menor é a influência dos pontos mais distantes. Este método é considerado simples e rápido, requerendo poucos recursos computacionais (ANGELICO, 2006)(MAZZINI; SCHETTINI, 2009), no entanto, é menos acurado que a krigagem, que fornece uma descrição mais precisa da estrutura espacial dos dados, e produz informações sobre as distribuições dos erros de estimação (KRAVCHENKO; BULLOCK, 1999).

A krigagem (Equação 3) pondera os valores dos pontos vizinhos ao que será estimado, considerando os critérios de não tendenciosidade e mínima variância do erro de estimativa. proporcionando precisão local. Porém, as estimativas são usualmente suavizadas e fazem com que os valores de máximo da distribuição estatística dos dados tenham a tendência de serem subestimados, enquanto os valores de mínimo tendem ser superestimados (ROCHA; LOURENCO; LEITE, 2007)(ROTH, 1998).

$$Z = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i * Z_i \tag{3}$$

em que,

- Z valor do atributo para o ponto a ser interpolado;
- Z_i valor do atributo relativo ao vizinho i;
- n número de elementos amostrais utilizados para interpolação do ponto.

 λ_i - peso atribuído aos valores amostrais; Para obter um estimador ótimo, a média do erro deve ser igual a zero e o somatório do peso atribuído aos valores amostrais (λ_i) seja igual a 1 (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989). Este método de interpolação é considerado flexível e robusto e procura expressar as tendências direcionais que os dados sugerem, evitando, assim, o efeito de "olho-de-touro", resultado de interpoladores como o IDP (CRESSIE, 1993).

2.5 UNIDADES DE MANEJO

A utilização da agricultura de precisão necessita do desenvolvimento de equipamentos com sensores (medidores de clorofila, resistência à penetração, condutividade elétrica, índice de vegetação, além de monitores de produtividade), com o objetivo de permitir análise detalhada do solo e plantas, melhorar o processo de produção e reduzir custos, por meio do manejo diferenciado do solo (BAZZI et al., 2013). Segundo KHOSLA et al. (2008) a questão econômica é um empecilho para a viabilidade da aplicação da agricultura de precisão e para a efetiva aplicação a taxa variada é necessário determinar a variabilidade espacial dos atributos de forma menos onerosa.

As tecnologias utilizadas em agricultura de precisão já se tornaram consistentes, mas seus benefícios econômicos e ambientais nem sempre são provados, em especial pelo alto custo de implantação e manutenção. Segundo DOERGE (2000), uma alternativa é dividir os talhões em unidades homogêneas menores (também conhecidas como zonas de manejo), com o objetivo de aplicar insumos agrícolas com taxa constante, mas de maneira mais racional, e que a delimitação de unidades de manejo seja simplesmente uma maneira de classificar a variabilidade espacial dentro de um talhão.

A unidade de manejo pode ser definida como uma subregião do campo que expressa uma combinação homogênea de fatores limitantes da produtividade. Desta maneira, a aplicação de insumos à taxa constante na unidade de manejo e variada entre as unidades de manejo, tem como objetivo, reduzir a heterogeneidade e consequentemente a variabilidade espacial dos fatores relacionados à fertilidade do solo, potencializando aumento da produtividade e redução do impacto ambiental (DOERGE, 2000). Ressalte-se que se caracteriza como aplicação de insumos à taxa variada porque a taxa varia dentro do talhão, apesar de ser constante dentro da unidade de manejo. Portanto, unidades de manejo podem ser consideradas como subáreas que devem receber tratamento diferenciado, mas que pode ser realizado por meio de sistemas mecanizados utilizados na agricultura convencional (RODRIGUES JUNIOR et al., 2011). Neste contexto, a definição de unidades de manejo é uma alternativa para se viabilizar economicamente a agricultura de precisão, facilitando a aplicação à taxa variada e tornando-se um indicador para amostragem do solo e da cultura.

Um dos objetivos para uso de unidades de manejo é o de reduzir o número necessário de análises de solo para gerar as recomendações de aplicação de insumos. Dentro de cada unidade de manejo serão realizadas amostras de solo compostas, a partir de 8 a 20 subamostras simples retiradas em diferentes pontos da unidade de manejo. Ou seja, o número de pontos amostrais não é reduzido, mas, o número de análises laboratoriais é mínimo e capaz de conter subsídios suficientes para definir a quantidade de nutrientes que devem ser aplicados em cada unidade de manejo.

É vantajoso definir as unidades de manejo a partir de um conjunto de dados multivariados, que incluem propriedades que podem influenciar a produtividade, como fatores de (GUASTAFERRO et al., 2010):

> Topografia: o relevo do solo pode influenciar na distribuição de água (elevação e declividade);

- Propriedades físicas do solo: que afetam a capacidade de retenção de água (textura e densidade);
- Propriedades químicas do solo: que afetam a fertilidade (pH, P, K, Mg, Mn, Cu, Ca, Fe, Zn, matéria orgânica).

Algumas características locais não variam significativamente ao longo do tempo (topografia, condutividade elétrica, propriedades físicas do solo) e se estiverem relacionadas com o rendimento da cultura, podem ser consideradas, confiáveis para definir as unidades de manejo (DOERGE, 2000), conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Características locais em que podem ser baseadas unidades de manejo.

Características	Exemplos
Quantitativa, estável	Elevação/topografia, matéria orgânica do solo, pH ou carbonato de cálcio (CaCO ₃), condutividade elétrica do solo, mapas de textura do solo, mapa de relevo e de propriedades hidrológicas
Quantitativa, dinâmica	Dados de monitor de colheita, densidade e distribuição de plantas daninhas, teor de água ou salinidade do solo, quantidade de N no solo ou na planta.
Qualitativa, estável	Cor do solo, nutrientes com baixa mobilidade (ex. P e K), patógenos do solo ou padrões de pragas, aeração do solo/status de drenagem.
Intuitiva/histórica	Conhecimento do produtor das características da área, padrões gerais de rendimento e práticas históricas, qualidade do solo, rotação de culturas passadas, limites antigos da área, terraplanagem e padrões de drenagem. Características do subsolo.

Fonte – Adaptado de Doerge (2000)

As unidades de manejo são geralmente criadas para serem usadas durante muitos anos, por isso devem ser baseadas em

atributos que não variam sensivelmente ao longo do tempo. Porém, para condições especiais, como o uso de unidades de manejo para aplicação de nutrientes e calcário para a próxima safra, dados de atributos químicos podem ser utilizados.

Para definir uma classe (unidade de manejo), ou seja, um grupo de indivíduos que se assemelham mais fortemente, várias abordagens tem sido desenvolvidas (GUASTAFERRO et al., 2010). Independentemente da abordagem utilizada. os efeitos meteorológicos sobre a variação espacial da produção agrícola levados em conta, além do tempo também precisam ser computacional utilizado no processo. Neste contexto, procedimentos de análise de agrupamentos têm sido utilizados de forma eficaz para delimitar unidades de manejo (TAGARAKIS et al., 2013). XIANG et al. (2007) sugere a divisão das técnicas utilizadas para definição das unidades de manejo, considerando duas abordagens: a primeira é o método empírico, considerado mais simples, que usa a frequência de distribuição da produtividade (normalmente relativa) e conhecimento especializado, para dividir o talhão usualmente em três ou quatro unidades de manejo. A segunda corresponde ao método de análise de agrupamento (cluster analysis) como K-Means e Fuzzy C-Means, que permitem maior grau de diferenciação entre classes, porém, são mais complexos.

2.5.1 Métodos Empíricos

Usualmente, os métodos empíricos utilizam a normalização pela média, pela amplitude ou pelo desvio padrão (MILLIGAN; COOPER, 1988) dos dados da produtividade, para definir unidades de manejo. Esta normalização consiste em transformar o valor obtido

em cada ponto amostral (Pii) em um valor normalizado (Pii_Média) visando principalmente remover a variabilidade sazonal e do tipo de cultura. A normalização pela média é feita por:

$$P_{ij} _M\acute{e}dia = \frac{P_{ij}}{\overline{P}_j}$$
(4)

em que,

- P_{ii Média} Produtividade normalizada pela média no ponto i no ano *j*;
- P_{ii} Produtividade original no ponto *i* no ano *j*;
- \overline{P}_i Produtividade média para o ano *j*.

Independe do método empírico utilizado, o talhão será dividido em um determinado número de unidades de manejo que são definidas segundo uma tabela de classificação. Utilizando este tipo de normalização, MOLIN (2002) estabeleceu um conjunto de limites e condições para caracterizar guatro diferentes unidades de manejo considerando a variabilidade espacial e temporal da produtividade (Tabela 1).

considerando produtividade normalizada pela média e o coeficiente de variação			
Classe	Descrição	Produtividade Normalizada pela Média	Coeficiente de Variação
1	Alta e consistente	> 1,05	$\leq 30\%$
2	Média e consistente	0,95 - 1,05	$\leq 30\%$
3	Baixa e consistente	< 0,95	$\leq 30\%$
4	Inconsistente	-	> 30%
_ /			

Tabala 1 Classificação (quetro classos) de unidados do monsio

Fonte – Adaptado de MOLIN (2002).

Sendo que o coeficiente de variação é calculado por:

$$CV_i = \frac{s_i}{\bar{P}_i} \times 100 \tag{5}$$

em que,

CV_i - Coeficiente de variação de cada ponto entre safras;

s_i - Desvio padrão para cada ponto entre safras.

 $\overline{P_i}$ - Produtividade média para cada ponto entre safras.

Considerando um mínimo de duas amostragens (duas safras), é possível normalizar os dados dividindo o valor original em cada pixel pela média de todos os pixels da área. Para exemplificar, serão utilizados dados de três safras de soja, que após serem normalizados, realiza-se o cálculo da média e do coeficiente de variação para cada pixel, utilizando os valores normalizados em cada pixel nas três safras (Figura 10). Assim, pode-se obter um valor médio normalizado e um coeficiente de variação dos valores normalizados nas três safras, gerando-se um mapa normalizado médio e outro que representa o coeficiente de variação da produtividade. Com estes mapas realiza-se a classificação de cada pixel em uma unidade de manejo com base nas informações dispostas na Tabela 1.

Conforme exemplo ilustrado na Figura 10, se a produtividade normalizada pela média num determinado pixel (primeiro pixel) é 0,9 e o coeficiente de variação igual a 1,1%, este pixel é classificado na classe 2, ou seja, produtividade média e consistente. Porém, se o CV fosse superior a 30%, então o pixel pertenceria à classe 4, ou seja, produtividade inconsistente.



Figura 10 Geração de unidades de manejo utilizando método empírico com normalização dos dados pela média.

Neste exemplo, utilizando a técnica de normalização dos dados pela média, três pixels foram classificados na classe 1, três na classe 2, três na classe 3 e nenhum na classe 4, ou seja, na área toda, a produtividade é consistente porém, varia entre baixa, média e alta, dependendo da localização.

Já o método da normalização pela técnica do desvio padrão (escore padrão) utiliza:

$$P_{ij_Desv.Padr} = \frac{P_{ij} - \overline{P}_j}{s_j} \tag{6}$$

em que,

 $P_{ij_Desv.Padr}$ – Produtividade normalizada pelo desvio padrão no ponto *i* no ano *j*; P_{ij} – Produtividade no ponto *i* no ano *j*;

 \overline{P}_i – Produtividade média no ano *j*;

s_i – Desvio padrão da produtividade no ano j.

O cálculo do coeficiente de variação é realizado em função dos conjuntos de dados gerados a partir da produtividade normalizada equivalente (Equação 7).

$$Pe_{ij} = P_{ij_Desv.Padr} \times \overline{s_t} + \overline{\overline{P_t}}$$
⁽⁷⁾

em que,

 Pe_{ij} – Produtividade normalizada equivalente no ponto *i*, no ano *j*;

- $\overline{s_t}$ Média dos desvios padrão nos t anos;
- $\overline{\overline{P}}_{t}$ Média das observações médias dos *t* anos.

Com base nos valores da produtividade normalizada pelo desvio padrão e coeficiente de variação, MILANI (2006), propôs uma classificação para unidades de manejo, em que se pode definir até nove unidades de manejo (Tabela 2).

	produtividade normalizada pelo	desvio padrão e o
	coeficiente de variação	
Classe	Produtividade normalizada	Coeficiente de
	pelo desvio padrão	Variação
1	< 33º percentil	< 10%
2	< 33º percentil	10% - 30%
3	< 33º percentil	> 30%
4	33º - 67º percentil	< 10%
5	33º - 67º percentil	10% - 30%
6	33º - 67º percentil	> 30%
7	> 67º percentil	< 10%
8	> 67º percentil	10% - 30%
9	> 67º percentil	> 30%

Tabela 2 - Classificação de unidades de manejo considerando

Fonte – Adaptado de MILANI et al. (2006).

Para a normalização dos dados pelo desvio padrão é necessário utilizar além da média geral, o desvio padrão de cada amostragem. Seguindo o mesmo exemplo anteriormente citado, o cálculo da normalização segue o descrito na Eguação 6, e da mesma maneira que na normalização pela média, é calculado um valor normalizado para cada pixel da área em cada safra, e na seguência, um valor médio e CV para cada pixel considerando o valor normalizado nas 3 safras Figura 11. Os valores normalizados pelo desvio padrão resultam em média zero, por isso, é necessário calcular a normalização equivalente (Equação 7), em que se multiplica o valor normalizado de cada pixel pela média do desvio padrão de todas as safras e adiciona-se o valor da média das médias de todas as safras.

Na sequência, com base nas produtividades normalizadas equivalentes de todas as safras, é realizado o cálculo da média e o coeficiente de variação para cada pixel. Assim, se obtém um valor médio normalizado e um coeficiente de variação dos valores normalizados nas 3 safras para cada pixel. Os valores normalizados de cada pixel devem ser ordenados e classificados em menor que o 33º percentil (baixa), maior que o 67º percentil (alta) ou no intervalo entre o 33º e 67º percentil (média). Dependendo do valor do CV, os valores abaixo do 33º percentil serão classificados na classe 1, 2 ou 3, os valores entre o 33º e 67º percentil serão classificados nas classes 4. 5 ou 6. e os valores acima do 67º percentil serão classificados nas classes 7, 8 ou 9 (Tabela 2). Neste exemplo se tem apenas 9 pixels, portanto, em cada grupo (produtividade baixa, média ou alta) serão classificados 3 pixels. O primeiro pixel (3.9) é classificado como de produtividade média pois está entre o 33º e 67º percentil e CV abaixo de 10%, então é classificado na classe 4. Já o pixel de valor normalizado em 4,0, também é classificado como de produtividade média, porém o CV é igual a 19,1%, então, é classificado na classe 5.

Os pixels com valor 3,5, 3,6 e 3,7 foram classificados como de baixa produtividade, os de 3,9, 3,9 e 4,0 como de média produtividade e os de 4,3, 4,6 e 4,8 como de alta produtividade.





Finalmente, a normalização pela amplitude é feita por:

$$P_{ij_Amplitude} = \frac{P_{ij} - \tilde{x}_j}{A_j} \tag{8}$$

em que,

 $P_{ij_Amplitude}$ – Produtividade normalizada pela amplitude no ponto *i* e no ano *j*; P_{ij} – Produtividade no ponto *i* no ano *j*;

 \tilde{x}_{i} – Mediana da produtividade no ano *j*;

 A_i – Amplitude da amostra.

Com base nos dados utilizados no exemplo de normalização pela média e normalização pelo desvio padrão, foram gerados os valores normalizados pela amplitude (Figura 12).



Figura 12 Geração de unidades de manejo utilizando método empírico com normalização dos dados pela amplitude.

2.5.2 Métodos de Agrupamento

Outra maneira utilizada para definir unidades de manejo é por meio de métodos de agrupamento. Por estes métodos, além de se analisar a produtividade, são considerados valores amostrais de outros atributos, preferencialmente estáveis temporalmente, que sejam correlacionados com a produtividade (elevação e declividade da área, textura e atributos físicos do solo). O método de agrupamento é uma técnica que classifica os dados em diferentes combinações de variáveis em classes discretas ou clusters. Os dados multidimensionais são classificados em *k* classes (clusters), de maneira que a distância entre o centróide (centro do agrupamento) e os valores das variáveis é minimizada. Esta técnica determina o grau de semelhança do valor de uma amostra, a uma determinada classe, pela sua participação no agrupamento. K-Means e Fuzzy C-Means são técnicas mais utilizadas para o agrupamento dos dados e consequentemente para a definição de unidades de manejo.

Utilizando K-Means, cada ponto de amostragem é classificado dentro de um agrupamento único (JAIN, 2010). O método K-Means, calcula inicialmente as classes distribuídas uniformemente no espaço e então aglomera classe por classe em um processo iterativo usando a técnica de distância mínima, forçando cada amostra a agrupar-se em um conjunto (BORA; GUPTA, 2014). Melhor será a classificação quanto melhor for agrupada a nuvem de pixels.

O algoritmo de classificação K-Means, funciona de maneira iterativa (Figura 13), visando adicionar o centróide de cada agrupamento o mais próximo possível dos dados a serem agrupados.



Figura 13 Fluxograma do algoritmo K-Means.

Fuzzy C-Means é uma extensão do agrupamento K-Means, que responde por incertezas associadas às fronteiras de classe e associação (FRIDGEN et al., 2004). C-Means é mais robusto, pois ZADEH (1965) introduziu a teoria da lógica Fuzzy ao algoritmo, que ainda foi aprimorado por RUSPINI (1969).

Para a utilização do método de agrupamento é necessário, por parte do pesquisador, determinar um expoente de imprecisão sendo que ODEH et al. (1992) obtiveram resultados razoáveis com expoente entre 1,2 e 1,5, bem como FRIDGEN et al. (2004) com expoente 1,5. Além do expoente de imprecisão é necessário definir um critério de convergência (erro), que deve ser o mínimo possível (0,0001 por exemplo). A classificação estará concluída quando o erro for menor que o configurado.

O objetivo da análise de agrupamento Fuzzy é minimizar estatisticamente a variabilidade dentro do grupo, e ao mesmo tempo maximizar a variabilidade entre os grupos, para gerar grupos homogêneos. Assim, uma amostra com vários atributos pode pertencer a diferentes grupos ao mesmo tempo, atribuindo adesão a diferentes grupos (DAVATGAR; NEISHABOURI; SEPASKHAH, 2012). A associação em cada classe é determinada por meio de um
processo iterativo que começa com um conjunto aleatório de centróides de agrupamentos. Cada observação é atribuída para o mais próximo centroide e estes são reposicionados para cada grupo em função da média da distância das amostras do conjunto de dados. A distância Euclidiana é usualmente utilizada para calcular a distância de amostra de dados para agrupar os pontos centrais de acordo com o resultado de variância igual e independência estatística (DAVATGAR; NEISHABOURI; SEPASKHAH, 2012).

O algoritmo Fuzzy C-Means considera um conjunto de dados $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ onde x_k , corresponde a um vetor de características $x_k = \{x_{k1}, x_{k2}, ..., x_{kp}\} \in R^P$ para todo $k \in \{1, 2, ..., n\}$ sendo R^P o espaço p-dimensional. Busca-se encontrar uma pseudopartição Fuzzy que corresponde a uma família de c conjuntos Fuzzy de X, que representa a estrutura dos dados da melhor forma possível e é denotado por $P = \{A_1, A_2, ..., A_c\}$, que satisfaz $\sum_{i=1}^{c} A_i(x_k) = 1$ e $0 < \sum_{i=1}^{c} A_i(x_k) < n$, em que $k \in \{1, 2, ..., n\}$ e n representa o número de elementos de X.

O algoritmo de classificação Fuzzy C-Means (Figura 14), se orienta com parâmetros referentes ao número de agrupamentos que se deseja ter (*c*), uma medida de distância que define a distância permitida entre os pontos e os centróides $(m \in (1,\infty))$ e um erro utilizado como critério de parada ($\varepsilon > 0$). A pertinência inicial é atribuída aleatoriamente visando iniciar com valores quaisquer, bem como os *c* centros iniciais que não devem possuir os mesmos valores iniciais devido a problemas que podem ocorrer durante a execução do algoritmo (FRIDGEN et al., 2004).



Figura 14 Fluxograma do algortimo Fuzzy C-Means

A posição de cada centróide é calculada considerando a distância passada por parâmetro inicialmente. Para cada *c*, calculase $v_1^{(t)},...,v_c^t$ por (Equação 9) para a partição P^t , sendo a iteração $t = \{1,2,...,n\}$. O vetor $t = \{1,2,...,n\}$, corresponde ao centro do agrupamento A_i e é a média ponderada dos dados em A_i . O peso do dado x_k é a m-ésima potência do seu grau de pertinência ao conjunto Fuzzy A_i .

$$v_{i} = \frac{\sum_{k=1}^{n} [A_{i}(x_{k})]^{m} x_{k}}{\sum_{k=1}^{n} [A_{i}(X_{k})]^{m}}$$
(9)

O cálculo do grau de pertinência do elemento x_k à classe A_i (Equação 10) é realizado para cada $x_k \in X$ e para todo $i \in \{1, 2, ..., c\}$, se $||x_k - v_i^t||^2 > 0$.

$$A_{i}^{(t+1)}(x_{k}) = \left[\sum_{j=1}^{c} \left(\frac{\left\|x_{k} - v_{i}^{t}\right\|^{2}}{\left\|x_{k} - v_{j}^{t}\right\|^{2}}\right)^{\frac{1}{m-1}}\right]^{-1}$$
(10)

em que, $\left\|x_k - v_i^t\right\|^2$ representa a distância entre x_k e v_i .

Como critério de parada, compara-se P^t e $P^{(t+1)}$, sendo que, se $\left|P^t - P^{(t+1)}\right| < \varepsilon$, o algoritmo é finalizado e a classificação é realizada considerando a pertinência gerada na última iteração.

A Equação 10 retorna um vetor de valores de adesão para cada indivíduo que indica o quão forte ele representa um típico membro de cada classe.

Para realizar a classificação dos mapas por algoritmos de agrupamento, é importante normalizar os dados pois os atributos têm unidades de medida distintas, que podem influenciar no processo de agrupamento.

É importante frisar que para os métodos de normalização pela média e normalização pelo desvio padrão, são necessários pelo menos dois mapas para a seleção, e os métodos K-Means e Fuzzy C-Means, necessitam um único mapa temático.

2.6 CORRELAÇÃO ESPACIAL

A correlação espacial indica o quanto duas ou mais variáveis amostradas relacionam-se entre si. Como o coeficiente de correlação espacial é utilizado para medir as características de distribuição espacial de atributos e o grau de influência na área amostrada, pode ser positivo, negativo ou nulo, e assim, indica a força e a direção do relacionamento entre as variáveis.

Este coeficiente de correlação espacial entre os atributos é obtido por meio da correlação cruzada entre duas variáveis, utilizando a estatística de autocorrelação espacial bivariada de Moran (Equação 11). Assim, é possível verificar quais atributos influenciam de forma positiva ou negativa outros atributos, e se uma amostra está correlacionada espacialmente (autocorrelação espacial).

$$I_{YZ} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} W_{ij} * Y_{i} * Z_{j}}{W \sqrt{m_{Y}^{2} * m_{Z}^{2}}}$$
(11)

em que,

- $I_{\rm YZ}$ nível de associação entre a variável Y e Z, variando de -1 a 1, sendo: correlação positiva $I_{\rm YZ} > 0$ e correlação negativa $I_{\rm YZ} < 0$;
- W_{ij} matriz de associação espacial, sendo calculado por $W_{ij} = (1/(1 + D_{ij}))$, sendo D_{ij} a distância entre os pontos *i* e *j*;
- Y_i valor da variável Y transformada no ponto *i*. A transformação ocorre, para se obter média zero, pela fórmula: $Y_i = (Y_i \overline{Y})$, em que \overline{Y} é a média amostral da variável Y;
- Z_j valor da variável Z transformada no ponto *j*. A transformação ocorre, para se obter média zero, pela fórmula: $Z_j = (Z_j \overline{Z})$, em que \overline{Z} é a média amostral da variável Z.
- W soma dos graus de associação espacial, obtidos através da Matriz W_{ij} , para $i \neq j$;
- $m_{\rm Y}^2$ variância amostral da variável Y;
- m_Z^2 variância amostral da variável Z.

A correlação espacial é considerada positiva quando a variação do valor do atributo torna-se menor com a redução da distância, e, consequentemente, é considerada negativa quando a variação do valor do atributo aumenta com a redução da distância.

O cálculo da significância do teste considera a permutação dos valores de uma das variáveis a serem comparadas, o que exige elevado desempenho computacional. Sob a hipótese H_0 , as variáveis aleatórias Y_i , são independentes e identicamente distribuídas e assim todas as permutações dos valores Y_i entre as áreas são igualmente prováveis. Desta forma, o valor de p do teste é obtido pela Equação 12.

$$p - value = \frac{ContSe(I^{j}) > I^{1}, j = 1,...,n}{n+1}$$
(12)

em que:

n – número de permutações (default 999);*I* – índice calculado pela Equação 11.

Rejeita-se a hipótese nula com α de significância se p-valor < α , ou seja, rejeita-se H_0 com 0,05 se p-valor < 0,05.

No caso específico do SDUM, caso ocorra de duas amostras serem correlacionadas e não possuírem o mesmo número pontos amostrais ou, apesar de possuírem a mesma densidade amostral, possuírem pontos amostrais com coordenadas distintas, é necessário gerar nova amostra temporária para cálculo de I_{YZ} . Então, onde não houver coincidência de localização entre os pontos amostrais, os valores dos atributos a serem correlacionados terão seus valores interpolados automaticamente pelo método do inverso da distância, considerando 10 vizinhos mais próximos.

2.7 AVALIAÇÃO DE UNIDADES DE MANEJO

Na avaliação das unidades de manejo são utilizados:

- a) ANOVA (Análise de variância): para o cálculo da ANOVA, assume-se que em cada sub-região os dados possuem distribuição normal de probabilidade e são independentes.
- b) Redução da variância (VR: Variance Reduction; Equação 13): representa a redução percentual da variância ao se dividir a área em unidades de manejo.

$$RV = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{c} (W_i * V_{um_i})}{V_{área}} * 100$$
(13)

em que,

c – número de unidades de manejo; W_i – proporção da área em cada unidade de manejo. V_{um_i} – variância dos dados de cada unidade de manejo; $V_{área}$ – variância da amostra dos dados para toda a área;

 c) Índice de desempenho Fuzzy (FPI: Fuzziness Perfomance Index; Equação 14) o qual permite determinar o grau de separação (isto é, confusão) entre os c-clusters Fuzzy de um conjunto de dados X. Quando os valores de FPI se aproximam de 0 indicam classes distintas, apresentando pequeno grau de compartilhamento dos membros (dados) entre elas, enquanto que valores próximos a 1 indicam não haver classes distintas, apresentando elevado grau de compartilhamento dos membros entre as classes (FRIDGEN et al., 2004).

$$FPI = 1 - \frac{c}{(c-1)} \left[1 - \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{c} (u_{ij})^2 / n \right]$$
(14)

em que,

- c número de clusters;
- *n* tamanho da amostra para toda a área (número de observações);

 u_{ii} – elemento *ij* da matriz de pertinência Fuzzy.

d) Índice da partição da entropia modificada (MPE: Modified Partition Entropy; Equação 15), que estima a quantidade de desorganização criada por um número específico de clusters. Valores de MPE próximos de 1 indicam que predomina а desorganização, valores enquanto que se aproximando de 0 indicam melhor organização (ODEH; MCBRATNEY; CHITTLEBOROUGH, 1992).

$$MPE = \frac{-\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{c} u_{ij} \log(u_{ij}) / n}{\log c}$$
(15)

em que,

- c número de clusters;
- *n* tamanho da amostra para toda a área (número de observações);
- u_{ii} elemento *ij* da matriz de pertinência Fuzzy.

e) Índice de validação de cluster (CVI: Cluster Validation Index; Equação 16). O número ideal de grupos (clusters) de um conjunto de dados baseia-se no valor mínimo de FPI e MPE. Para evitar a situação em que estas estimativas apontarem para diferentes modelos, o CVI pode ser utilizado, sendo que se considera entre os vários agrupamentos, o que tem menor CVI como o melhor agrupamento.

$$CVI = \frac{FPI_i}{Max_{i=\{1,\dots,j\}}FPI_i} + \frac{MPE_i}{Max_{i=\{1,\dots,j\}}MPE_i}$$
(16)

CAPÍTULO 3 - SOFTWARE PARA DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE MANEJO - SDUM

3.1 UM POUCO DE HISTÓRIA

A motivação pela construção de um software capaz de gerar e avaliar unidades de manejo surgiu principalmente devido às dificuldades encontradas na realização de pesquisas em agricultura de precisão, quanto ao uso de softwares na execução de todos os procedimentos necessários. Devido a esta demanda, elaborou-se um projeto inicial o qual acabou por permitir o ingresso do autor Claudio Leones Bazzi no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no município de Cascavel, sob orientação do professor Eduardo Godoy de Souza.

É importante frisar que a formação do autor Claudio Bazzi é na área de computação, apesar de que cursou o Mestrado em Engenharia Agrícola, o que lhe deu suporte para o entendimento do contexto em agricultura de precisão. Como suporte para definição de quais métodos e técnicas deveriam ser utilizadas para o desenvolvimento do software, o professor Eduardo Godoy de Souza trabalhou na orientação do trabalho.

3.2 OBJETIVOS DO SOFTWARE

O SDUM (Software para Definição de Unidades de Manejo) surgiu devido a necessidade da utilização de um único software capaz de determinar e avaliar unidades de manejo de forma amigável e simples, visando a utilização por pesquisadores e produtores rurais.

Em seu desenvolvimento, apesar dos objetivos de apenas gerar e avaliar unidades de manejo, inúmeras outras funcionalidades foram incorporadas, ampliando os objetivos iniciais e contemplando o gerenciamento de dados de forma organizada, a geração e visualização de mapas temáticos, a importação e exportação de dados alfanuméricos e espaciais, análises estatísticas espaciais e não espaciais, entre outras. Além disso, com a intensão de difundir o software para outros países, sua estrutura foi projetada em três idiomas (português, inglês e espanhol).

É importante lembrar ainda que o desenvolvimento do software não foi esgotado e que pretende-se inserir novas funcionalidades e metodologias para se trabalhar com agricultura de precisão a medida que estas forem surgindo e tenham comprovada eficácia para o setor. Dentre estas perspectivas estão o desenvolvimento de um módulo computacional para ser incorporado ao SDUM, fazendo uso de análise de componentes principais (PCA), outro módulo para uso de dispositivos móveis para entrada de dados obtidos a campo, outro para se trabalhar com o processamento de imagens na geração de unidades de manejo, outro para execução de análises geoestatísticas, entre outras funcionalidades já identificadas como importantes.

Sabe-se porém, que outros softwares disponíveis possuem funcionalidades idênticas ou similares, mas para os autores, buscase implementar funcionalidades e metodologias válidas para se aplicar em agricultura de precisão, desde que estas possam ser inseridas no software de forma que possam ser executadas de forma fácil, rápida e gratuita, tudo em um único software, o SDUM.

3.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA O DESENVOLVIMENTO

O SDUM foi projetado e desenvolvido totalmente com ferramentas livres, pois um dos objetivos para sua construção foi o de se ter um aplicativo computacional sem custos adicionais e que pudesse ser distribuído gratuitamente para uso da comunidade interessada. Considerando a necessidade de utilização de inúmeras tecnologias para desenvolvimento do software proposto, foram selecionadas as que melhor se adaptam em cada etapa do projeto, sendo:

3.3.1 Engenharia de software:

Para representação das funcionalidades e geração de documentação foi utilizada a linguagem de representação UML (*Unified Modeling Language*), a qual facilita o trabalho tanto na fase de análise como na de implementação. Para diagramação, foi utilizada a ferramenta ArgoUML 0.24, a qual foi desenvolvida em linguagem Java pela Universidade da Califórnia e é distribuída gratuitamente.

Nesta etapa, foram definidos todos os requisitos do software, sendo representados graficamente por meio de diagramas. Para cada funcionalidade, foi gerado um caso de uso, que serviu como documentação do software. Foi gerado ainda, o modelo de dados do software e o dicionário de dados, os quais permitem avaliar a estrutura interna da base de dados de forma gráfica.

3.3.2 Linguagem de programação:

Considerando as vantagens de se trabalhar com uma ferramenta multiplataforma, optou-se pela linguagem de programação Java, que é uma linguagem robusta e que utiliza a metodologia de orientação a objetos (ARAÚJO, 2008; BARKER, 2005). Foi utilizada a versão 1.6.0_13 da Java, trabalhando como IDE (*Integrated Development Environment*), o Eclipse Galileo versão 3.4.0.

Esta linguagem possui inúmeras bibliotecas que viabilizam e agilizam o processo de desenvolvimento de software, como por exemplo a JFreeChart, utilizada para geração de gráficos. Para conexão da linguagem Java com o banco de dados foi utilizado a biblioteca Hibernate, o qual fornece ferramentas para o mapeamento relacional de objetos que transformam dados tabulares em um grafo de objetos definidos pelo desenvolvedor. O objetivo principal corresponde a facilitar e diminuir de codificação SQL na aplicação (BAUER, 2007).

3.3.3 Sistema Gerenciador de Banco de Dados:

Foi utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB) PostgreSQL, com a extensão para dados georreferenciados *PostGis*, e o ambiente de gerenciamento *PgAdmin III*. O SGDB permite que sejam criadas funções (*Store Procedures*), utilizando linguagem procedural, sendo este um ponto importante para opção de escolha.

Dentre os quesitos, a escolha deste banco de dados se deu pela flexibilidade, suporte, demanda de utilização, gratuidade e características referente ao tamanho ilimitado, possibilidade de criação de tabelas com capacidade de até 32 TB, tuplas (linhas) com capacidade de até 1,6 TB e atributos com limite de 1GB de capacidade de armazenamento (POSTGRESQL, 2010).

3.4 ESTRUTURA DE FUNCIONAMENTO

O SDUM realiza procedimentos para definição e avaliação de unidades de manejo, mas para que este objetivo ocorra, vários procedimentos e funcionalidades foram previstos e implementados no software para atender todos os requisitos de geração e avaliação de unidades de manejo em um software apenas.

Pelo conhecimento prévio, quem trabalha com agricultura de precisão necessita de quantidades de dados relativamente grande em função da quantidade de talhões, número de variáveis de solo e planta analisadas, produtividades, grades amostrais e períodos contínuos de coleta e realimentação de dados em função de novas safras. Assim, buscou-se desenvolver uma estrutura que pudesse facilitar este gerenciamento de forma organizada.

Desta forma. foram implementadas restricões de integridade, visando o gerenciamento por meio de projetos, contendo básicas da características propriedade, período е pessoa responsável pelo armazenamento de dados e manipulação destes. trabalhando-se de forma independente a outros projetos que podem estar sendo trabalhados no mesmo banco de dados.

Criado um projeto no SDUM, verifica-se a necessidade de inserção dos dados georreferenciados que representam os talhões da propriedade, devendo-se realizar o cadastro individualmente, nomeando-os conforme vão sendo inseridos no banco de dados. Os dados do contorno da área devem estar em formato e formatação conforme prevê o capítulo 4.2.1 - Arquivos de contorno, deste livro.

Cadastrados os talhões, a estes deverão ser inseridos os dados de amostragem de solo, planta, produtividade, entre outros. Na estrutura organizacional criada, cada área possui suas amostras que são gerenciadas de forma independente das amostras referentes a outros talhões. Seguindo os padrões apresentados no capítulo 4.2.1 - Arquivos de contorno, deste livro, podem ser inseridas quantas amostras forem necessárias a cada talhão, sendo que devem ser cadastrados individualmente, indicando alguns dados alfanuméricos sobre identificação de cada amostra.

Inseridos os dados amostrais, pode-se gerar mapas temáticos destes atributos para cada talhão de forma independente, os quais ficam armazenados no banco de dados, podendo-se apresentá-los e classificá-los conforme o usuário desejar. Para classificação, visando-se eliminar o tempo gasto para realizar a classificação conforme recomendações agronômicas diversas, criouse uma estrutura que permite cadastrar estas recomendações, considerando o tipo de solo e nutriente, para então, simplesmente aplicá-la conforme demanda.

Gerados os mapas, estes podem servir de entrada de dados para a geração das unidades de manejo pelos métodos empíricos (sendo necessários pelo menos 2 mapas temáticos) ou de agrupamento (sendo necessário o mínimo de um mapa temático) as quais podem ser geradas conforme demanda e que ficam armazenados no banco de dados para posterior avaliação (ver capítulo 4.11 - Avaliando unidades de manejo).

Neste momento, você deve ter percebido que a estrutura do SDUM é como a apresentada na Figura 15 e cada dado inserido ou gerado está atrelado a uma estrutura superior, ou seja, talhões relacionados a projetos, amostras de solo, produtividade, entre outros relacionados a talhões, mapas relacionados a amostras e unidades de manejo relacionados a mapas temáticos gerados.



Figura 15 Estrutura de gerenciamento de dados do software SDUM

3.5 INSTALAÇÃO DO SOFTWARE DE DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE MANEJO – SDUM

O SDUM pode ser instalado fisicamente em um computador, mas visando facilitar seu uso, será apresentado aqui sua utilização em uma máquina virtual Windows XP já criada. O download do arquivo contendo a máquina virtual com o SDUM instalado pode ser realizado no endereço https://ftp.unioeste.br/SDUM/, correspondendo ao arquivo SDUM.ova, conforme apresentado na Figura 16.

O gerenciamento deste ambiente virtual é realizado pelo software VirtualBox. Aqui serão apresentados os procedimentos para instalação do VirtualBox em um sistema operacional Windows (Versão apresentada na Figura 16), mas pode-se instalá-lo em outros Sistemas Operacionais, devendo-se, porém, fazer download conforme a necessidade em https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads.

					x
Computac	lor ▶ bt (E:) ▶ install sdum ▶		🕶 🍫 Pesquisar in	stall sdum	Q
Organizar 🔻 🗖 Abrir	Gravar Nova pasta			•	0
🔆 Favoritos	Nome	Data de modificaç	Tipo	Tamanho	
🧮 Área de Trabalho	🐌 1. Mapas Tematicos 2015	10/06/2015 12:13	Pasta de arquivos		
\rm Downloads	SDUM.ova	14/05/2015 11:20	Arquivo OVA	1.617.585 KB	
💱 Dropbox	😼 VirtualBox-4.3.24-98716-Win	10/03/2015 10:46	Aplicativo	108.592 KB	
🔛 Locais					
Chlisterer					
Documentor					
Músicas					
Vídeos					
-					
🝓 Grupo doméstico					
Normal Computador					
🏭 Win7 (C:)					
🕞 bt (E:)					
G outros (F:)					
🛍 Rede					
VirtualBox-4.3.2	4-98716-Win Data de modificaç 10/03/2015 1	10:46 Data da cr	iação: 10/06/2015 12:1	3	
Aplicativo	Tamanho: 106 MB				

Figura 16 Arquivo de instalação do VirtualBox.

O processo de instalação do VirtualBox é simples e realizado quase que de forma automática. Executando-se o arquivo VirtualBox-4.3.24-98716-Win (Figura 16) será apresentada uma sequência de telas (Figura 17), devendo-se somente em cada uma delas clicar no botão "next".

B Oracle VM VirtualBox 4.3.24	Setup X	궹 Oracle VM VirtualBox 4.3.24 Setup	×			
	Welcome to the Oracle VM VirtualBox 4.3.24 Setup Wizard The Setup Wirdwid West Ocole VM Washest 4.3.24 m per computer. Click Next to continue or Cancel to exit the Setup Wirard.	Click on the kons in the tree below to change the way features will be inst Click on the kons in the tree below to change the way features will be inst Click on the kons in the tree below to change the way features will be inst the stand of the standard standa				
Version 4.3.24	Next > Cancel	Version 4.3.24 Disk Usage < Back Next >	Cancel			
	By Grade VM VirtualBox 4.3.24 Setup Custom Setup Select the way you want features to be initial Please choose from the options below: V Create a shortcut in the desktop V Create a shortcut in the Quick Launch Bar V Register file associations	led.				
	Version 4.3.24	< Back Next > Cancel				

Figura 17 Sequência de telas iniciais para Instalação do VirtualBox.

Dando-se sequência, será solicitado a possibilidade de instalação da interface de rede, devendo-se optar por "yes" e na próxima tela, deve-se clicar em "install". O processo de instalação então será iniciado, conforme apresentado na sequência de telas apresentada na Figura 18.

Oracle VM VirtualBox 4.3.24	×	😸 Oracle VM VirtualBox 4.3.24 Setup	X			
	Warning: Network Interfaces Instaling the Oade Wi (Hubbles, 4.3.24 Networking fisture will rest your network connection and temporarily disconnect you from the network. Proceed with installation now?	Type Versite vin virtualizon k.3ex 3 etkip Ready to Install The Setup Witzer die ready to begin the Custom installation. Click Install to begin the installation. If you want to review or change any o installation settings, click Back. Click Cancel to exit the wizzerd.				
Version 4.3.24	Yes No	Version 4.3.24	<back cancel<="" install="" th=""></back>			
	Oracle VM VirtualBox 4.3.24 Setup Oracle VM VirtualBox 4.3.24 Please wait while the Setup Woard installs take server al munites. Status:	Orade Wi VirtuaBox 4.3.24. This may				
	Version 4.3.24	<back next=""> Cancel</back>				

Figura 18 Instalação da interface de rede.

Ainda no processo de instalação da máquina virtual, serão solicitadas informações sobre a instalação de outros dispositivos como controladores USB, adaptadores e serviços de rede (Figura 19). Clique em "Instalar" em todas as opções apresentadas.



Após todos os dispositivos serem configurados, a intalação do VirtualBox (Figura 20) é finalizada e por padrão, a máquina virtual será executada ao clicar no botão "Finish". Lembre-se que temos agora a máquina virtual VirtualBox instalada, basta agora, realizar a importação do arquivo que contém o sistema Operacional Windows XP com o SDUM instalado.



Figura 20 Instalação do VirtualBox concluída.

Como requisitos para instalação da máquina virtual do SDUM, o computador necessariamente precisa ter mais que 2 GB de memória RAM e mouse conectado em uma porta USB.

Iniciado o VirtualBox, será visualizada a tela apresentada na Figura 21 (imagem da esquerda). Para realizar a importação do ambiente que contém o SDUM (arquivo SDUM.ova), deve-se acessar no menu principal a opção arquivo (F) e então selecionar "Importar Appliance...", conforme apresentado na Figura 21 (imagem da direita).



Figura 21 Iniciar VirtualBox.

Em seu sistema de diretórios, selecione o arquivo "SDUM.ova" que armazena a máquina virtual com o SDUM instalado na pasta onde o mesmo foi gravado (Figura 22 - à esquerda). Após selecionado, ao clicar no botão "Abrir", será apresentada a tela de configurações que não precisa ser alterada devendo-se clicar no botão "Importar" (Figura 22 - à direita).

😚 Escolha um nome de	arquivo de appliance virtual para importar	Condinate or	×			8 ×
Cor Cor	mputador 🕨 bt (E:) 🕨 install sdum 🕨	👻 🍫 Pesquisar insta	all sdum 🔎	G Importar Appliance Virtual		
Organizar 👻 No	va pasta	ł	= • 🖬 😣	Configurações do Appliar	200	
Documentos	^ Nome	Data de modificaç	Tipo	Configurações do Appliai	ice	
🔚 Imagens	🍌 1. Mapas Ternaticos 2015	10/06/2015 12:13	Pasta de arquivos	Estas são as máquinas virtuais des	ritas no appliance com as configurações sugerida	as para
Videos	😝 SDUM	14/05/2015 11:20	Open Virtualizatio	vezes nos itens e desabilitar outras	utilizando as caixas de seleção abaixo.	anuo uuas
				Descrição	Configuração	*
🝓 Grupo doméstico				Sistema Virtual 1		
Computador				😪 Nome	SDUM	E
Win7 (C:)				🗮 Tipo de Sistema Operac	ional Convidado 🛛 🚮 Windows XP (32 bit)	
🕞 bt (E:)	=			💭 СРИ	1	
🥅 outros (F:)				Memória RAM	2243 MB	
Ge Parla				OVD		
- Neue				Controladora USB		-
	Nome: SDUM	- Formato Open \	/irtualization (*. 🔻	Reinicialize o endereço MAC de t	odas as placas de rede	
		Abrir	Cancelar		Restaurar Valores Padrão Importar	Cancelar

Figura 22 Importar máquina virtual.

Dependendo da configuração do computador utilizado, o processo de importação (Figura 23) poderá demorar alguns minutos para ser realizada.



Figura 23 Processo de importação da máquina virtual.

Ao final deste processo, a máquina virtual chamada "SDUM" estará importada no VirtualBox e para executá-la e poder utilizar o SDUM, é necessário dar duplo click no ícone "SDUM – Desligada" (Figura 24), sendo então a máquina virtual iniciada.

😚 Oracle VM VirtualBox Gerenciador		
Arquivo (E) Máquina Ajuda (H)		
Novo Configurações Iniciar (1) Descartar		🚱 Detalhes 🛛 🕲 Snapshots
SDUM	📃 Geral	📃 Pré-Visualização
Exp Uesquaa	Nome: SDUM Sistema Operacional: Windows XP (32 bit)	
	Sistema	
	Memolia Principali z 243 WB Ordem de fonci Dispuete, CO(DND, Disco Rígido Aceleração: VT-s/AMD-V, Paginação Aninhada	SDUM
	🗵 Tela	
	Memdria de Video: 16 MB Servidor de Desktop Remote: Desabilitado Capitura de Video: Desabilitado	
	S Armazenamento	
	Controladora: IDE IDE Primário Master: SDUM-disk1.vmdk (Normal, 15,00 GB) IDE Secundário Master: (CD(DVD) Vazio	
	🚇 Áudio	
	Driver do Hospedeiro : Windows DirectSound Controladora: IOH AC97	
	🗊 Rede	
	Adaptador I: PCnet #AST III (NAT)	
	Ø US8	
	Filtros de Dispositivo: 0 (0 ativos)	
	Pastas Compartilhadas	
	Nenhum	
	🍃 Descrição	
	Nenhum	

Figura 24 Inicialização da máquina virtual SDUM.

Após a inicialização da máquina virtual, é possível utilizá-la no modo "tela cheia" conforme demonstrado na Figura 25. Este processo facilita a utilização do software e depende do tipo e tamanho de tela que se possui, dependendo de usuário para usuário. Neste sentido, quanto maior o tamanho da tela, melhor a visualização.



Figura 25 Utilização da máquina virtual.

Na área de trabalho (Figura 25), o ícone "SDUM" é o atalho para executar o Software para Definição de Unidades de Manejo (SDUM).

CAPÍTULO 4 - MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO SDUM

4.1 OBSERVAÇÕES IMPORTANTES AO LEITOR

O SDUM foi estruturado considerando uma série de funcionalidades que estão disponíveis em função de etapas sequenciais. Por exemplo, só poderá ser realizado o cadastramento de uma amostra de solo se um projeto for criado e a este for adicionada pelo menos uma área experimental.



Figura 26 Fluxograma de atividades para geração e utilização de unidades de manejo fazendo uso do SDUM

O fluxograma (Figura 26) tem o objetivo de dar uma visão geral de cada uma das etapas do processo de geração de unidades de manejo para que se possa usufruir o máximo das funcionalidades do software e para que possa ficar claro o que há em cada uma das etapas.

4.2 PADRONIZAÇÃO DE DADOS DE ENTRADA E SAÍDA

Um fator importante considerado no momento de criação do SDUM, foi a definição do padrão de entrada e saída de dados que deveriam ser utilizados. Como cada software que utiliza dados georreferenciado trabalha com formatos diversos, tendo normalmente padrões específicos ou mesmo proprietários, optou-se por um padrão que pudesse ser utilizado para a maior parte dos softwares, ou mesmo que pudesse ser facilmente transformado para padrões específicos. Neste sentido, optou-se por um padrão de arquivo bastante conhecido, o arquivo ".txt".

O leitor pode estar se perguntando neste momento, cada arquivo deve conter dados de uma só área? Cada arquivo deverá conter dados de um só atributo (pH, P, K, produtividade, altitude, etc) ou poderão conter dados de vários atributos? Como são representadas as coordenadas? Em qual Datum? Estas informações devem estar bastante claras para o usuário do SDUM e por esse motivo é que será explanada detalhadamente cada uma das características destes padrões de entrada e saída de dados para serem utilizadas no software.

4.2.1 Arquivos de contorno

Os arquivos de contorno têm como funcão. 0 armazenamento dos dados georreferenciados de forma organizada para inclusão dos talhões (áreas de plantio) a que se deseja gerenciar por meio do software. Neste sentido, trata-se de um arquivo simples, no formato ".txt", que possui 2 colunas, as quais representam as coordenadas X (Longitude) e Y (Latitude) de cada posição que permite a demarcação do contorno da área. Cada linha do arguivo representa um ponto do contorno (com coordenada X e Y), sendo que quanto mais pontos há, maior é o nível de precisão do contorno.

Deve-se ter em mente que o contorno é gerado em função dos georreferenciados, quais são interligados pontos os sequencialmente do primeiro até o último. Ao final, o último ponto é relacionado ao primeiro, fechando-se então o contorno. Por isso é sequência dos coletados, devendo-se importante а pontos disponibilizá-los de forma organizada e sequencial ao tempo de coleta no arquivo ".txt". O não atendimento a este quesito pode apresentar erros de inclusão, pois o software emitirá um erro caso a geometria a ser inserida seja inválida, ou seja, não atenda os requisitos de um contorno.

O formato correto para o arquivo de contorno é apresentado na Figura 27, sendo necessário prestar atenção em alguns detalhes importantes:

> Cada arquivo deverá conter dados de um único contorno, ou seja, caso a propriedade tenha diversos talhões a serem trabalhados, deverão ser criados diversos arquivos de contorno, sendo um para cada talhão;

- A primeira linha deverá conter o cabeçalho das colunas, em que não deverão ser utilizados caracteres especiais, incluindo espaços em branco, vírgulas, pontos, traços, entre outros. Em nosso exemplo da Figura 27 correspondem a "x" (Longitude) e "y" (Latitude);
- A separação entre as colunas normalmente é realizada fazendo uso de tabulação (TAB), mas pode-se utilizar outro separadores, como ";" (ponto e vírgula, "," (vírgula), "|" (pipe) ou " " (espaço em branco);
- Ao final do arquivo não poderão haver linhas em branco, sem dados;
- 5. O Datum padrão é o WGS84;
- A separação das unidades de media é dada sempre com ponto (.) e não vírgula (,).

Arquivo Editar	Formatar	Exibir	Ajuda	
LONG LAT				
-54.003644214	-25.	40681	3811	
-54.003644871	-25.	40681	5517	
-54.003642762	-25.	40682	1901	
-54.003637508	-25.	40684	3061	
-54.003634822	-25.	40685	3051	
-54.003632679	-25.	40686	4985	
-54.003631301	-25.	40687	7835	
-54.003629429	-25.	40689	1312	
-54.003633303	-25.	40689	2014	
-54.003629667	-25.	40690	4978	
-54.003627832	-25.	40691	8327	
-54.003626251	-25.	40692	9894	
-54.003623686	-25.	40694	233	
-54.003619289	-25.	40695	6154	
-54.003615462	-25.	40697	0592	
-54.003612074	-25.	40698	4694	
-54.003605253	-25.	40700	4415	
-54.003601418	-25.	40701	8609	
-54.003598959	-25.	40703	1721	
-54.003596089	-25.	40704	4559	
-54.003591175	-25.	40705	7675	
-54.003587513	-25.	40707	0738	

Figura 27 Exemplo de arquivo de contornos do software SDUM

4.2.2 Arquivos de dados amostrais

Os arquivos de dados amostrais têm a função de permitir a entrada de dados amostrais no SDUM, sendo que deverá conter, além de informações espaciais georreferenciadas (localização dos pontos amostrais), os valores medidos para um determinado atributo (pH, P, K, Produtividade, entre outros), para cada ponto amostral. Neste sentido, por padrão, cada arquivo que contém dados amostrais deverá ser composto de pelo menos 3 colunas, sendo que deverão representar as coordenadas X (Longitude), Y (Latitude) e o valor do atributo medido, por exemplo, pH. É importante notar que apesar de não recomendado por motivos de organização, pode-se utilizar um só arquivo ".txt" para dar entrada em vários tipos de atributos amostrais. Neste caso, basta incluir colunas adicionais e quando forem cadastradas as amostras, indicar qual coluna corresponde a cada atributo a ser cadastrado.

Diferentemente do que ocorre com os arquivos de contorno, a sequência de entrada dos pontos amostrais não interfere, pode-se escolher qualquer ordem aleatória para a sequência de pontos a serem inseridos, os quais representam as linhas de nosso arquivo de entrada de amostras.

O formato correto para o arquivo de entrada de dados amostrais é apresentado na Figura 28, sendo necessário prestar atenção em alguns detalhes importantes:

> A primeira linha deverá conter o cabeçalho das colunas, em que não deverão ser utilizados caracteres especiais, incluindo espaços em branco, vírgulas, pontos, traços, entre outros. Em nosso

exemplo da Figura 28 correspondem a "Longitude", " Latitude" e "altitude";

- A separação entre as colunas normalmente é realizada fazendo uso de tabulação (TAB), mas pode-se utilizar outro separadores, como ";" (ponto e vírgula, "," (vírgula), "|" (pipe) ou " " (espaço em branco);
- Ao final do arquivo não poderão haver linhas em branco, sem dados;
- 4. O Datum padrão é o WGS84;
- A separação das unidades de media é dada sempre com ponto (.) e não vírgula (,);
- Podem ser inseridas quantas linhas (uma para cada ponto amostral) e colunas (uma para cada atributo) forem necessárias.

altitude - Bloco	de notas		x
Arquivo Editar	Formatar Exibir Ajuda		
LONG LAT -54.006368 -54.005791 -54.005798 -54.003548 -54.003654 -54.003541 -54.00358 -54.004026 -54.0057 -54.005964 -54.005964 -54.005162 -54.004904 -54.004045 -54.004044 -54.003037 -54.005195	altitude -25.408065 -25.408065 -25.408021 -25.40994 -25.409051 -25.409051 -25.40914 -25.407736 -25.40743 -25.408914 -25.408914 -25.406846 -25.407697 -25.408066 -25.408065 -25.408053 -25.406454	372.674 372.691 371.028 370.088 370.154 368.265 367.885 367.786 367.82 368.245 367.553 367.553 367.344 365.566 363.551 364.916 363.105 364.379 363.103	E
•			<u>ال</u>

Figura 28 Exemplo de arquivo de dados amostrais do SDUM

Para propiciar que o leitor possa realizar o acompanhamento das atividades relacionadas nesta publicação,

foram disponibilizados na máquina virtual (C:\SDUM_Projetos\arqs), 10 arquivos no formato ".txt" (altitude, areia, argila, silte, pH, rsp_0_10, rsp_10_20, rsp_20_30, fósfore e Produtividade.txt) com dados amostrais de um talhão cultivado com soja. Foi disponibilizado ainda, dados georreferenciados referentes ao contorno da área, o qual foi coletado com receptor GPS e transformado em um arquivo no formato ".txt" (Contorno.txt).

4.2.3 Arquivos de Saída

Da mesma forma que se dá para os arquivos de entrada de dados, o padrão escolhido para saída de dados corresponde ao formato ".txt". Apesar disso, o software permite ainda a saída de dados em formatos de imagem (JPEG, BMP) e formato PDF. Também poderão ser gerados arquivos ".KML" para serem utilizados em outros softwares como o Google Earth.

4.3 TRABALHANDO COM O SDUM

4.3.1 Iniciando o SDUM

Iniciado o software, pode-se ter ideia de sua estrutura de funcionamento, como pode ser visto na Figura 29. Na parte central da tela inicial é destinada à apresentação dos dados georreferenciados que serão inseridos no software. Estes são relacionados na área destinada a armazenar todas as layers que se pretende visualizar, apresentada na Figura 29 como "Relação de

Layers apresentadas". Podem ser inseridas várias layers simultaneamente, podendo-se trabalhar com características de transparência, cor, entre outros. Quando apresentada mais de uma layer, a que estiver localizada mais acima da área "Relação de Layers apresentadas" será considerada como principal e estarão disponíveis para esta layer, opções de configuração, incluindo classificação, disponíveis na região direita superior da tela, chamada de "Configurações de Layers que estão sendo apresentadas".

A área de metadados, corresponde a uma área importante pois mantém dados de todas as configurações utilizadas e que geraram algum registro no banco de dados. Por exemplo, para um mapa de produtividade gerado, nesta área serão disponibilizadas as configurações utilizadas para geração deste mapa, tais como, tamanho de pixel, tipo de interpolador utilizado, data de criação do mapa, entre outros.

Apesar de se ter um menu principal, optou-se por ter uma área de menu adicional, contendo as principais funcionalidades que podem ser acessadas de forma rápida. Conforme o andamento do projeto, menus adicionais são adicionados ou retirados desta região, conforme sua aplicação.

🛃 SDUM									
Arquivo Ár	reas Amostra	Conversor Gerene	iar Interpolação	Estatísticas Sis	stema Ajud	da	Menu Principal		
🕑 ┣	۵	Menu de	atalhos						
Layers Rd	elação de La apresentad	iyers as		Área	de apres	sentaçã	o de dados espaci	iais	Dados Layers Configurações de Layers que estão sendo apresentadas Dados Projeto Metadados
			Eiau	Iro 20	Tak	o ir	vicial da		

Figura 29 Tela inicial do SDUM

4.3.2 Configurações padrão

Para facilitar a utilização e fornecer opções de seleção de idioma, o software conta com um menu de configurações, acessado por meio do menu principal "Sistema", sub menu "Preferências", sendo apresentada a tela de configurações na Figura 30, vale salientar que todas as abas apresentadas na Figura 30 somente são visíveis quando se tem um projeto aberto, senão, apenas a aba "Tela de Projeto" estará visível. Do lado esquerdo é possível visualizar que podem ser realizadas configurações de telas e idiomas, sendo que as configurações de telas visam agilizar a configuração para execução de alguns procedimentos que podem ser tidos como padrão, como por exemplo, o local onde os dados do projeto serão armazenados (Tela de Projeto), tipos de delimitadores utilizados em arquivos de entrada de dados (Telas de Áreas e Amostras), tamanho de pixel, tipo de interpolador, tipo de geometria padrão (Tela de Interpolação), número de unidades de manejo, configurações de algoritmos como K-Means e Fuzzy C-Means (Tela de Unidades de Manejo) e número de iterações e significância para análise de correlação espacial (Tela de Correlação).

Na opção de configuração de idiomas, o usuário poderá selecionar qual é o idioma de sua preferência, podendo optar pelos idiomas Português, Inglês ou Espanhol. Deve-se salvar as configurações após realizadas para que estas se tornem efetivas, porém apenas as telas do sistema serão afetadas, as informações cadastradas no banco de dados permanecerão no idioma em que foram cadastradas.

Propriedades	
Bem-vindo as configu	rações do Sistema SDUM.
Telas	Tela de Projeto
Idiomas	Selecione um diretório para que seja usado como padrão na criação dos s C:\SDUM_Projetos Salvar

Figura 30 Tela de configurações do SDUM

4.4 GERENCIANDO PROJETOS COM SDUM

Iniciado o SDUM, por meio do menu de atalhos ou menu principal, estão disponíveis as opções de abertura de um projeto já criado, criação de um novo projeto, exclusão de um projeto existente ou gerenciamento de projetos, conforme Figura 31.



Figura 31 Menu de atalho para início de trabalho no SDUM

4.4.1 Criando um projeto

Acessando a opção de criação de novo projeto, será apresentada uma sequência de telas necessárias para a criação de

um determinado projeto. Esta sequência de etapas é iniciada pela tela de identificação do projeto, em que são indicados o nome do projeto e a pasta de trabalho em que ficarão armazenados arquivos de configuração e de saída. A tela de identificação do projeto é apresentada na Figura 32. Salve as configurações de diretório caso deseje armazenar todos os projetos criados no mesmo diretório, marcando a caixa de diálogo "Salvar como diretório Padrão". Sugere-se criar um diretório no qual ficarão organizados todos os projetos a serem criados, como no exemplo, "C:\SDUM_Projetos". Cada novo projeto irá criar uma nova pasta destro deste diretório com o nome do projeto a ser criado e armazenará todos os arquivos necessários nesta pasta.

Assitente para Criação de Projetos	X
	0
Bem-vindo ao assistente de criação de projetos.	
Informe o nome do projeto e o local onde deseja salvá-lo.	
Nome do Projeto Projeto Exemplo	
Pasta do Projeto C:\SDUM_Projetos	Seleciona
🗖 Salvar como diretório padrão.	
	Avançar >>
Figura 22 Tola de identificação de projeto	no momonto

Figura 32 Tela de identificação do projeto no momento de sua criação

O próximo passo na criação de um determinado projeto corresponde a seleção do imóvel ao qual o projeto se insere, sendo representado por fazendas, sítios, entre outros, conforme apresentado na Figura 33. Nesta tela são apresentados os imóveis já cadastrados no sistema e caso não esteja relacionado o imóvel desejado, há necessidade de inclusão de um novo imóvel clicandose no botão "Cadastrar um imóvel" .



Figura 33 Tela de seleção de imóvel do assistente de criação de projetos

Caso opte-se por realizar um novo cadastro de imóvel, a tela de cadastro de imóveis será disponibilizada e alguns dados serão solicitados, conforme apresentado na Figura 34. Por meio desta tela, podem ser alterados dados ou até mesmo excluídos imóveis já cadastrados, desde que estes não tenham sido relacionados a algum projeto já cadastrado. Neste caso, primeiramente deve-se realizar a exclusão do projeto ao qual o imóvel está relacionado e só então poderá ser excluído o imóvel. Dados de cidades, endereços, bairros e proprietários deverão ser cadastrados em telas distintas por meio dos botões e após seu cadastro, relacionados ao cadastro de imóveis por meio dos botões .

🛓 Imóvel								
- Comandos								
Dados								
Código	Nome			INCR	A	NR	F	
5	Fazenda Arru	da		9049	94949	94	949	
Cidade				Endereço				
CÉU AZUL - Pa	raná	Q	0	ZONA RUR/	4L		Q	0
Bairro				Proprietár	io			
BOA VISTA		Q	0	João Arrud	a		Q	0
Complement)			Número				
				3232				
Imóveis								
Código No	me Incra	NRF	Endereço	Número	Bairro	Município	Propriet	Comple
4 Fazen	da 12345	12345	ZONA RU	233	BOM JESUS	CASCAV	Quitéria	
5 Fazen	da 90494949	94949	ZONA RU	3232	BOA VISTA	CEU AZU	João Arr	
6 Fazen	da Tri 54544	454	RUA PRI	343	PINHEIRI	SERRAN	Candido	
J								

Figura 34 Tela de cadastro de imóvel

Realizado o cadastro do imóvel, o mesmo deverá ser selecionado na tela de seleção de imóvel de um projeto (Figura 33 – Tela de seleção de imóvel do assistente de criação de projetos), sendo que após o usuário clicar sobre o imóvel desejado, automaticamente será apresentada a tela de indicação de responsável do projeto (Figura 35). O responsável corresponde ao técnico ou administrador que irá trabalhar no projeto e caso o mesmo não esteja cadastrado previamente no sistema, este deverá ser cadastrado por meio do botão ^(C), o qual disponibilizará uma tela para cadastramento de responsáveis.



Figura 35 Tela de seleção de responsável do assistente de criação de projetos

A tela de cadastramento de responsáveis funciona de maneira bastante parecida com o cadastramento de imóveis, conforme apresentado na Figura 36, em que são solicitados alguns dados para complementar o cadastramento.

🕌 Responsável							×	
Comandos	l min		Line and the second					
Dados								
Código Non	ne				Telefone			
3 Nels	on				99990000			
Cidade			Ende	reço				
MEDIANEIRA - Paraná		Q 🕻	RUA	PRINCIPAL		Q		
Bairro			Celu	ar				
DIVISA DO PARQUE		0	9999	0000				
Complemento			E-Ma	il:				
			nelso	n@gmail.con	n			
Responsáveis								
Código Descrição	Complem	Email	Telefone	Celular	Bairro	Endereço	Município	
3 Nelson		nelson@g	99990000	99990000	DIVISA D	RUA PRIN	MEDIANEI	
4 Claudio		claudio@g	23233434	23233434	BOM JESUS	RUA PRIN	MEDIANEI	
5 Eduardo		edu@gmai	90988787	90988787	BOA VISTA	RUA PRIN	CASCAVEL	

Figura 36 Tela de cadastro de responsável
Cadastrado o responsável, o mesmo deverá estar apresentado na tela de seleção de responsáveis do assistente de criação de projetos, sendo que após selecionado o responsável, o sistema irá realizar a criação do projeto, com todas as configurações definidas durante as etapas de criação de projeto, sendo apresentada a tela que demonstra o andamento da atividade de criação, conforme Figura 37.

🕌 Assitente para Criação de Projetos		
Selecione um responsável para o projeto.		
Nelson		
Claudio		
Eduardo		
	Aguarde, criar	ndo seu projeto
	<< Voltar	Cancelar

Figura 37 Tela que demonstra que um projeto está sendo criado

Finalizado o processo de criação do projeto, uma mensagem de indicação de que o projeto foi criado, possibilitando a criação de novos projetos será apresentada, conforme Figura 38.



Figura 38 Mensagem de confirmação de criação de um projeto

4.4.2 Abrindo um projeto já existente

Criados os projetos que se deseja trabalhar, ao acessar o SDUM, será necessário somente abrir um projeto existente, clicandose no menu de atalho a ou no menu principal "Arquivo", sub menu "Abrir Projeto". Feito isso, o sistema fornecerá acesso a uma tela de seleção e pesquisa de projetos já cadastrados no SDUM, conforme apresentado na Figura 39. Selecionado o projeto que se deseja trabalhar, clicando no botão "Abrir", o projeto será carregado pelo sistema e a tela principal deverá apresentar todas as opções de trabalho para o projeto selecionado, conforme apresentado na Figura 40.

🛎 Abrir Projeto	
Projetos	
PesquisarBuscar	Todos
Por nome	
	Q
Por data	
Mar 17, 2016	
0	Abrir

Figura 39 Tela de seleção de projetos a serem carregados no SDUM





4.4.3 Eliminando um projeto já existente

Caso um projeto tenha sido cadastrado incorretamente ou se deseje não trabalhar mais com o mesmo, pode-se realizar a exclusão de um projeto por meio do menu de atalho "Gerenciar Projetos". Clicando-se no ícone correspondente, o sistema irá apresentar a tela de gerenciamento de projetos, o qual permitirá realizar a exclusão, conforme apresentado na Figura 41. Selecionado o projeto, deve-se clicar no ícone de exclusão 🗟 e o projeto selecionado será excluído definitivamente. Basta lembrar que uma vez excluído, um projeto não poderá ser recomposto ao sistema.

🕌 Gerenciamento de Projetos	
Contraction in the second seco	
Projeto Exemplo	
Nome	
	R.
Data	F
Data	
Responsáveis Im	óveis
T	_
,,	
~ 1 1	
🕅 🕺	

Figura 41 Tela de gerenciamento de projetos do SDUM

4.5 GERENCIANDO ARQUIVOS DE ENTRADA NO SDUM

A estrutura do SDUM foi projetada para gerenciar dados de forma facilitada. Para isso, no processo de criação de um projeto devem ser definidos alguns parâmetros, incluindo a definição de qual local (pasta) que os dados de entrada e saída do sistema serão armazenados. Recomenda-se que seja definido um diretório, em que a partir deste serão criados novos diretórios, nomeados em função do nome dos projetos criados, conforme apresentado na Figura 42.



Figura 42 Diretórios criados para cada projeto criado no SDUM

Conforme pode ser visto na Figura 43, na criação do projeto são criados automaticamente pastas com fins diversos, visando a organização dos arguivos de entrada e saída do SDUM. O diretório "args", é criado para armazenar arguivos de entrada, tais como arquivos contendo coordenadas de contorno de áreas, arquivos contendo dados de pontos amostrais e valores de atributos de solo e planta, entre outros. Desta forma, o ideal é que estes arquivos (de contorno e amostrais) sejam armazenados nesta pasta pois por padrão, ao cadastrar um novo talhão ou amostra, o sistema irá abrir automaticamente a pasta "args" para que seja selecionado o arguivo deseja. Esta etapa pode ser realizada de forma manual, por meio do sistema de navegação de diretórios do sistema operacional ou por meio do menu de atalho ڬ disponível na tela principal do SDUM. Caso opte pelo menu de atalho, será solicitada a pasta de origem onde os arquivos estão localizados (pen-drive, cd-rom, dvd-rom) e estes serão copiados pelo sistema para a pasta "arqs" do projeto.



Figura 43 Diretórios criados para armazenamento de dados de entrada de saída do SDUM

O diretório "conf", visa armazenar dados de configuração do software SDUM, por meio de arquivo no formato XML, o qual é criado automaticamente na criação de um novo projeto e alterado conforme a necessidade do usuário. Os demais diretórios criados visam armazenar de forma organizada, arquivos de saída do SDUM, incluindo dados de backup (diretório "backup"), imagens exportadas do sistema (diretório "imgs"), arquivos no formato "kml" para serem utilizados em softwares como Google Earth (diretório "kml") e arquivos de relatórios gerados pelo sistema em formato PDF (diretório "relatorios").

4.5.1 Incluindo áreas (talhões) no SDUM

Criado e aberto o projeto, após a inclusão dos arquivos contendo dados de contorno dos talhões que se deseja trabalhar no projeto no diretório "arqs", é hora de iniciar a importação destes dados para o SDUM. Conforme a estrutura do software, cada área deve ser cadastrada de forma independente clicando-se no ícone e disponível no menu de atalho da tela principal. Clicando-se no referido ícone, será apresentada ao usuário a tela de gerenciamento de áreas, o qual permite a inclusão de talhões, conforme apresentado na Figura 44.

4	Gerenci	amento de Área				\mathbf{X}
			0 2 4			
-1	Dados da	a Área				
	Códi	Nome	Projeto	Ti	ipo de Solo	Nome da Tabela
		CONTORNO EXEMPLO	Projeto Exemplo	A	RGISOLO 🔻 🛟	
	,		,	,		
Īī						
ļļ						
r I	Dados do	o Arquivo				
	Caminho	o do Arquivo				
						<u>Q</u>
	,					
	Colunas	Senara	🗆 Gerar Grade Amo	Longitude	Latitude	
	2		Salvar informaç		2	-
	<u> </u>		M Cabeçalho		♥]	

Figura 44 Tela de gerenciamento de áreas do SDUM

Observe que a tela gerenciamento de áreas não é exclusiva para cadastramento de áreas (talhões) no SDUM pois inclui funcionalidades de alteração, consulta e exclusão de áreas. Para isso, está disponível um menu de comandos na parte superior da tela, conforme apresentado na Figura 45.



Clicando-se sobre botão de inclusão de 0 talhão. representado pelo ícone 😳, é iniciado o processo de cadastramento de um novo talhão, devendo-se preencher os dados de "Nome" (identificação do talhão) e "Tipo de solo" (classificação do tipo de solo da área a ser cadastrada). Feito isso, deve-se selecionar o arquivo no formato "txt" que contém as coordenadas do contorno da área clicando-se no botão 🖳 Caso tenha sido feita a transferência de todos os arquivos para a pasta "args", o sistema abrirá uma tela de seleção de diretórios já no caminho correto onde o arquivo está localizado, visando facilitar o processo de busca para o usuário do software. Selecionado o arquivo, na parte central da tela de gerenciamento de áreas, serão apresentados os dados obtidos do arquivo texto selecionado, conforme apresentado na Figura 46.

🍝 Geren	ciamento d	le Área						×
		0				2		
Dados	da Área -							
Códi	. Nome		Projeto		Tipo de Solo		Nome da Tabela	
	CONTORN	IO EXEMPLO	Projeto Exemplo		ARGISOLO	- C	_area_contorno_exemplo	
			,		1			
LONG	LAT 13644214	-25 406813811						
-54.00	3644871	-25.406815517						
-54.00	3642762	-25.406821901						
-54.00	3637508	-25.406843061						
-54.00	3634822	-25.406853051						
-54.00	3632679	-25.406864985						
-54.00	3631301	-25.406877835						
-54.00	3629429	-25.406891312						-
Dados (0						
Caminh	no do Ara	uivo						
le Leou un								
CUSDOM	I_Projetos(Pro	jeto Exempio(arqs(Contorno,)						
Coluna 2	as Sej TAI	oara 3 ▼ Ca	rar Grade Amo Ivar informaç beçalho	Longitude	Latitud	e	-	

Figura 46 Tela de gerenciamento de áreas do SDUM, em que está sendo realizado o cadastro de um talhão, chamado "Contorno Exemplo", com tipo de solo "Argiloso".

Como o arquivo texto poderá conter ou não, cabeçalho (indicação de qual é o dado que cada coluna do arquivo contém), o usuário deverá indicar caso haja a presença do mesmo, marcando a opção "Cabeçalho". Deve-se tomar muito cuidado na indicação de qual coluna representa a coordenada de Longitude e qual a de Latitude para evitar erros de localização. Para finalizar a inclusão, basta clicar no menu "salvar" 🔊 sendo apresentada uma tela de confirmação, solicitando ao usuário se deseja realizar a inclusão de uma nova área. Caso indique que não, a tela de gerenciamento de áreas será fechada e a área será apresentada na tela principal do SDUM, conforme apresentada na Figura 47.



Figura 47 Tela principal do SDUM, com a área cadastrada sendo apresentada

4.5.2 Atualizando e excluindo uma área no SDUM

Caso algum erro de digitação ocorra no momento da inserção de áreas no software, por meio do menu de comandos, selecione a área que deseja alterar ou excluir clicando no botão de busca e perceba que todas as áreas cadastradas irão ser apresentadas na parte central da tela de gerenciamento de áreas. Clique na área que deseja atualizar ou excluir, faça as alterações necessárias nos campos permitidos e então clique no botão de atualização ou de exclusão S, conforme a necessidade. Lembrese que caso haja uma amostra de atributos cadastrada para uma

determinada área, não será permitida a exclusão da área sem antes a amostra cadastrada ter sido excluída. Isso ocorre para manter a integridade dos dados cadastrados no banco de dados.

4.6 CONSTRUINDO GRADES AMOSTRAIS NO SDUM

O SDUM permite a criação de grades amostrais regulares para as áreas cadastradas no software. Esta funcionalidade está disponível no menu de atalho por meio do botão "Gerar grades amostrais". Clicando-se no botão ♡, o software apresenta a tela de gerenciamento de grades amostrais, a qual permite o usuário definir quais talhões deverão ser geradas grades amostrais e com que distância os pontos amostrais deverão ser definidos, conforme apresentado na Figura 48. Após a definição destes parâmetros, a grade amostral será gerada pelo software, sendo apresentada a confirmação de conclusão do processo. Na aba "Renderizar" são apresentadas opções de apresentação das grades amostrais na tela principal do SDUM e de exportação dos dados em arquivo no formato texto (".txt").



Figura 48 Telas de gerenciamento de grades amostrais, aba "Gerar" (à esquerda) e aba "Renderizar" (à direita)

Na aba "Renderizar" são apresentadas opções de exclusão de grade amostral, consulta, apresentação e geração de arquivo ".txt", conforme apresentado na Figura 49. Caso se opte por gerar um arquivo com os dados da grade amostral, ao clicar nesta opção o sistema irá gerar um arquivo texto, contendo 3 colunas, referentes as coordenadas Longitude e Latitude e medida, a qual representa o valor do atributo que se pretende determinar a campo, estando em cada linha do arquivo os dados de um dos pontos amostrais gerados. O arquivo texto gerado será armazenado na estrutura de diretórios criadas no processo de criação do projeto, estando disponível no diretório "relatórios".



O botão de apresentação 🛹 permitirá avaliar de forma visual o local e a disposição dos pontos amostrais no contorno da área, conforme apresentado na Figura 50.



Figura 50 Tela principal do SDUM, sendo apresentada a grade amostral de 50m x 50m geradas pelo software.

4.6.1 Incluindo dados amostrais no SDUM

Realizado o cadastro das áreas, é hora de dar entrada nos dados amostrais coletados a campo. Para isso acesse a opção "importar amostra de um txt", por meio do botão in localizado no menu de atalho a tela principal do SDUM. O sistema irá apresentar ao usuário a tela de gerenciamento de amostras, conforme apresentado na Figura 51.

💰 Gerenciamento de Amostra	
Dados da Amostra	
Código Nome Data	
Área Atributo Nome da Tabela	
Dados do Arquivo	
	Q
Colunas Separador □ Salvar informaç Longitu Latitude Valor 3 TAB Image: Cabeçalho Image: Cabeçalho Image: Cabeçalho Image: Cabeçalho	

Figura 51 Tela de gerenciamento de amostras

De forma bastante similar ao que ocorre na tela de gerenciamento de áreas, o gerenciamento de amostras é também realizado por meio de um menu de comandos, conforme Figura 52.



Ao clicar na opção de incluir amostras, os campos serão habilitados para iniciar o processo de inclusão de uma determinada amostra, sendo solicitados alguns dados como "Nome", que corresponde a identificação do atributo a ser inserido. Como recomendação, o ideal é que sejam inseridas identificações sugestivas de tipo de atributo e ano/período de coleta, como por exemplo: pH_2014, Ca_2014, Prod_Milho_2015, entre outros. A data da inclusão será preenchida automaticamente e os dados de "Área" e "Atributo" deverão ser selecionados, conforme apresentado na Figura 53, clicando-se no botão ser e posteriormente clicando-se sobre a opção desejada.

					_
🕌 Areas					
Código	Descrição	Nome da Tabela	Projeto	Tamanho	Tipo de Solo
1	CONTORNO EXEMPLO	tb_contorno_exemplo_vis	Projeto Exemplo	9.986236244881814	ARGISOLO
2	CONTORNO TESTE	tb_contorno_teste_vis	Projeto Exemplo	9.986236244881814	ARGISOLO
🕌 Atributo					×
Atributo Código		Descrição	Sigla		Unidade de Medida
Código	Produtividad	Descrição le	Sigla Prod	t	Unidade de Medida
Código Código 42	Produtividad Cálcio	Descrição le	Sigla Prod Ca	t	Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44	Produtividad Cálcio Cobre Edefort	Descrição le	Sigla Prod Ca Cu P	t	Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 45 46	Produtividad Cálcio Cobre Fósforo Magnócio	Descrição ie	Sigla Prod Ca Cu P Ma	t	Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 46 47	Produtividad Cálcio Cobre Fósforo Magnésio Magnesez	Descrição le	Sigla Prod Ca Cu P Mg Mn	t t t	Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 46 47 49	Produtividad Cálcio Cobre Fósforo Magnésio Maganes Potáccio	Descrição e	Sigla Prod Ca Cu P Mg Mn V		Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 46 47 48 49	Produtividad Cálcio Cobre Fósforo Magnésio Manganes Potássio Áltitude	Descrição ie	Sigla Prod Ca Cu P P Mg Mn K Alt		Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 46 47 48 47 48 49 50	Produtividad Cálicio Cobre Fósforo Magnésio Manganes Potássio Altitude pH	Descrição e	Sigla Prod Ca Cu P Mg Mn K Alt OH	t	Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 51	Produtividad Cálicio Cobre Fósforo Magnésio Manganes Potássio Altitude pH Areia	Descrição le	Sigla Prod Ca Cu P Mg Mn K K Alt PH Areia		Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 45 46 47 48 47 48 49 50 50 51 52	Produtividad Cálcio Cobre Fósforo Magnésio Manganes Potássio Altitude pH Areia Silte	Descrição ie	Sigla Prod Ca Cu P Mo K K Alk PH Arela Silte		Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 45 46 47 48 49 50 50 51 52 53	Produtividad Cálicio Cobre Fósforo Magnésio Manganes Potássio Altitude pH Areia Silte Argila	Descrição e	Sigla Prod Ca Cu P Mg Mn K Alt pH Areia Site Argila	t	Unidade de Medida
Atributo Código 42 43 44 45 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54	Produtividad Cálicio Cobre Fósforo Magnésio Manganes Potássio Altitude pH Areia Silte Argila Resistência (Descrição le do solo a penetração	Sigla Prod Ca Cu P Mg Mn K Alt Alt PH Areia Silte Argila RSP		Unidade de Medida

Figura 53 Telas de gerenciamento de amostras, "Seleção de Áreas" e "Seleção de Tipo de Atributo".

Caso a área ou atributo não estiver disponível para seleção, o usuário poderá realizar o cadastramento destes clicando-se no botão , sendo apresentadas as telas de gerenciamento de áreas ou a de gerenciamento de atributos (Figura 54) para que sejam cadastradas no sistema.



Figura 54 Telas de gerenciamento de Áreas e de gerenciamento de atributos.

Incluídos os dados alfanuméricos, deve-se realizar a inclusão dos dados espaciais que devem estar contidos em um arquivo no formato ".txt", contendo 3 colunas, referentes a Longitude, Latitude e valor do atributo medido. O arquivo pode ou não conter cabeçalho, mas recomenda-se o uso para evitar erros de leitura. Ao não utilizar cabeçalho, deve-se ter em mente que a leitura dos dados será realizada da esquerda para direita, tomando-se como base a primeira coluna (longitude), a segunda coluna (latitude) e a terceira coluna (valor medido).

É importante ainda indicar a quantidade de colunas disponíveis no arquivo de entrada, devendo neste caso ter no mínimo três. Deve-se indicar ainda o tipo de separador das colunas do arquivo texto, sendo possível a utilização de "TAB", "pipe", "vírgula" e "ponto e vírgula". Carregando o arquivo, caso haja cabeçalho, serão preenchidos automaticamente os valores de Longitude, Latitude e Valor, conforme cabeçalho do arquivo texto. Caso haja inversão de coordenadas, pode-se alterar as colunas por meio da opção . Por padrão, o campo "valor" será preenchido com o cabeçalho da terceira coluna, mas caso este não seja a coluna que deseje importar para o sistema, este campo poderá ser alterado manualmente. Definidos estes parâmetros, o usuário deverá registrar a inclusão da amostra no sistema.

Para o caso do "Projeto Exemplo", é importante importar os dados de todos atributos disponibilizados nos arquivos txt (produtividade, altitude, areia, argila, silte, pH, rsp_0_10, rsp_10_20, rsp_20_30 e fósforo).

4.6.2 Atualizando e excluindo dados amostrais no SDUM

Caso algum erro de digitação ocorra no momento da inserção de dados amostrais no software, por meio do menu de comandos, selecione os dados que deseja alterar ou excluir clicando no botão de busca se perceba que todos os dados amostrais cadastrados irão ser apresentados na parte central da tela de gerenciamento de amostras. Clique no registro que deseja atualizar ou excluir, faça as alterações necessárias nos campos permitidos e então clique no botão de atualização en ou de exclusão se, conforme

a necessidade. Lembre-se que da mesma forma que ocorre com o gerenciamento de áreas, caso tenha sido gerado algum mapa para esta amostra, não será permitida a exclusão da amostra sem que o mapa seja previamente excluído. Isso ocorre para manter a integridade dos dados cadastrados no banco de dados.

4.6.3 Apresentando dados amostrais e de contorno no SDUM

Como já mencionado, os dados espaciais são apresentados na tela principal do software, sendo possível a inclusão de diversas *layers* simultaneamente. Ao lado direito da tela principal são apresentadas as *layers* carregadas no sistema em ordem (superior para inferior). Pode haver a movimentação das *layers* carregadas, clicando-se sobre ela e arrastando a mesma para cima ou para baixo conforme necessidade. Ao lado direito serão apresentadas informações somente sobre a *layer* que estiver localizada na parte superior da ordem de apresentação. Ao centro da tela principal do SDUM, serão apresentados os dados espaciais, tendo-se recurso de *zoom* por meio do *scroll* do mouse.

Para inserir ou retirar *layers* de contornos ou de dados amostrais para fins de visualização, deve-se utilizar os botões localizados no menu de atalhos da tela principal, conforme apresentado na Figura 55.



Figura 55 Menu de opções para apresentação de dados amostrais e de contorno do SDUM

O botão "Carregar contornos" irá proporcionar a apresentação dos limites da área cadastrada. Ao clicar neste botão, será apresentada a tela de seleção (Figura 56) de quais contornos o usuário deseja apresentar na tela. Selecionada a área desejada, basta clicar no botão a que o contorno da área será apresentado na tela. Pode-se selecionar mais de uma área para ser apresentada simultaneamente, sendo incluídas duas ou mais *layers* na área de *layers* carregadas para apresentação.

Carregar Áreas
Pesquisar Buscar Todos Por Nome © Maior que © Menor q Por Tipo de Solo ARGISOLO
0

Figura 56 Tela de seleção de áreas para serem apresentadas no SDUM

O botão "carregar amostras" permite que a partir da seleção de uma determinada área, sejam apresentadas amostras previamente cadastradas. Ao clicar no botão [™], será apresentada a tela de seleção de áreas (Figura 57 - Esquerda). Selecionada a área, clicando-se no botão [➡], será apresentada a tela para seleção de quais amostras da área, deseja-se apresentar (Figura 57 - Direita). Pode-se realizar a seleção manualmente ou em caso de necessidade de apresentação de todas as *layers* de amostras, clique no botão **(ix**), que irá selecionar todas as *layers* da área para apresentação. Feita a seleção, após clicar no botão **(ix**) os dados serão carregados para tela principal e apresentados na parte central. Caso a *layer* de contorno da área de uma amostra que se deseja apresentar não esteja carregada para apresentação, esta irá ser carregada automaticamente pelo sistema na apresentação da *layer* de amostra.

Carregar Amostras - Selecionar Área	Carregar Amostras - CONTORNO EXEMPLO 🛛 🔀
CONTORNO EXEMPLO B-CONTORNO TESTE	Amostras PRODUITUDADE ALTITUDE ALTITUDE AREIA AREIA PA AREIA PH PH RSP 0-10 PH RSP 10-20 P RSP 20-30
Pesquisar Buscar Todos Por Nome Por Tamanho (^c Maior que ^c Menor que Por Tipo de Solo ARGISOLO	Pesquisar Buscar Todos Por Nome Stributo Produtividade
•	🔶 🐲 🖹

Figura 57 Tela de seleção de áreas (Esquerda) e tela de seleção de amostras (Direita) para serem apresentadas no SDUM

4.6.4 Removendo layers de contorno e de dados amostrais da tela de apresentação

Caso o usuário deseje remover *layers* carregadas para apresentação, o mesmo poderá fazer a remoção individualmente ou todas de uma única vez. A opção individual, se refere a opção \circledast ,

disponível na própria *layer* ∞ ✓ ^{SS} ≫ PRODUTIVIDADE, localizada na parte esquerda da tela principal. Clicando-se nesta opção será apresentada uma mensagem de confirmação e em caso positivo à opção de exclusão, a mesma será removida da seção de apresentação. A opção de remoção simultânea de todas as *layers* deve ser realizada clicando-se no botão ^(SW), disponível no menu de atalhos.

Lembre-se que ao realizar a remoção da *layer*, a mesma não foi removida do banco de dados e sim somente da relação de *layers* carregadas para apresentação e poderá ser recarregada a qualquer momento em que for necessário por meio das opções "Carregar contornos" ou "Carregar amostras".

4.6.5 Criando e apresentando arquivos .kml no SDUM

Como opção à apresentação de dados espaciais, o SDUM conta com recurso de geração de dados no formato ".kml", para poder ser apresentado em softwares populares no mercado com por exemplo o Google Earth. Para isso, clicando-se no botão Será apresentada a tela de seleção de áreas cadastrada e que se deseja gerar o arquivo ".kml" (Figura 58 - esquerda). Selecionada a área, clicando sobre o botão S, será apresentada a tela de diretório (Figura 58 - direita) na qual deverá ser inserido o nome do arquivo a ser criado e definir o diretório em que o arquivo será salvo. Por padrão, o SDUM dará a opção de gravação no diretório "kml" criado no processo de criação do projeto.

Tela Interpolação	🕌 Save	X
B COUTIVEADE	Save jn: 🛅 kml 💌 🥬 🖽 -	
	My Recent Documents Cesktop	
← Usar Padrões ← Definir Dados Nome Produtividade IDP2 5x5	My Documents	
Geometria POLVSON I Integolador IPP I Pixel 5 Expoente 2 Pixel 5 Raio	My Computer	
Carregar grade Salvar dados como badrões Interpola	File name: CONTORINO EXEMPLO Sa My Network Places Files of type: *.kml Car	ve ncel

Figura 58 Tela de seleção de áreas (Esquerda) e tela de seleção de diretório e indicação de nome (Direita) para criação do arquivo no formato ".kml"

Gerado o arquivo, caso haja o Google Earth instalado no computador, o arquivo será apresentado neste software (Figura 59). Caso deseje abrir o arquivo posteriormente, deve-se clicar no botão e selecionar qual o arquivo de deseja abrir fazendo uso do Google Earth.



Figura 59 Apresentação de uma área cadastrada no SDUM, visualizada no software Google Earth

4.7 INTERPOLANDO DADOS COM SDUM

O processo de interpolação de dados corresponde a um procedimento de estimação de valores de atributos em locais não amostrados com base nas informações obtidas em pontos amostrados. Fazendo uso dos métodos de interpolação, pode-se gerar mapas para os mais variados temas (atributos), sendo que para isso, se faz necessária a definição de alguns parâmetros, como o método de interpolação e tamanho dos pixels (resolução) que o mapa deverá conter.

Tendo tem vista alguns dos principais métodos de interpolação utilizados em agricultura de precisão, estão disponíveis no SDUM três métodos, referentes a: Inverso da distância elevado a uma potência (IDP), Média móvel (MM) e Vizinho mais próximo (VMP).

O método IDP é baseado no pressuposto de existência de correlação espacial positiva e a potência é utilizada para atenuar a influência dos pontos distantes. Desta forma, quanto maior o expoente utilizado (normalmente 1 ou 2), maior a importância dada para os pontos amostrais mais próximos ao ponto em que se deseja interpolar, reduzindo-se a importância dos pontos mais distantes.

A média móvel (MM), apesar de considerar um número de vizinhos próximos ao ponto em que se deseja realizar a interpolação, não considera a distância para atribuir pesos quanto a importância das amostras vizinhas e sim, calcula a média aritmética simples entre os pontos selecionados (definidos pelo usuário).

Já o método VMP, corresponde ao método mais simples de interpolação, tendo como principal característica assegurar que o valor interpolado seja um dos valores originais. Este interpolador não gera novos valores para variável Z, sendo indicado quando se trabalha com dados qualitativos.

A funcionalidade de geração de mapas temáticos no SDUM pode ser acessada por meio do menu principal "Interpolação", submenu "Interpolar amostra" ou por meio do menu de atalho "Interpolação", clicando-se no botão Interpolação. Selecionada a opção de interpolação, será apresentada a tela que permitirá o usuário informar qual é a área a que se deseja gerar um mapa temático (Figura 60 - Direita).

Tela Interpolação 🛛 🔀	Tela Interpolação 🛛 🛛 🔀
CONTORNO EXEMPLO B: CONTORNO TESTE	Amostras B PRODUTIVIDADE AREIA AREIA AREIA B AREIA B PH B RSP 0-10 B RSP 10-20 B RSP 20-30
Buscar Todos Nome Por Tamanho (ha) Maior que Menor q 10.0 Tipo Solo ARGISOLO	Buscar Tod Nome Atributo Produtividade
€ →	← → 🔍

Figura 60 Tela de seleção de área (direita) e tela de seleção de amostra (esquerda) apresentadas no processo de geração de mapas temáticos no SDUM.

Selecionada a área, será apresentada a tela de seleção de amostras (Figura 60 - Esquerda) a qual permitirá ao usuário indicar qual é a amostra (atributo) que se deseja gerar o mapa temático. É importante lembrar que pode-se selecionar apenas uma área por vez, mas definida a área pode-se gerar mapas temáticos de diversos atributos de uma única vez, sendo que neste caso, o próprio software definirá o nome de cada um dos mapas gerados em função do nome do atributo previamente cadastrado.

Definido o(s) atributo(s) que se deseja realizar a geração dos mapas temáticos, é apresentada a tela de parâmetros de interpolação (Figura 61), na qual devem ser definidos parâmetros como tamanho do pixel, tipo de geometria a ser utilizada (ponto ou polígono), tipo de interpolador, e raio ou número de vizinhos a serem considerados para interpolação de cada pixel. Apesar do software apresentar um nome padrão para o mapa temático a ser gerado, recomenda-se que sejam utilizados nomes sugestivos, tais como "Mapa de produtividade 2014", "Mapa de fósforo 2014", "Mapa de Cálcio 2014", entre outros. Caso na etapa de seleção se tenha selecionado mais do que um atributo para geração de mapas temáticos, a opção de nome será ocultada e o software gerará automaticamente os nomes para cada mapa gerado.

Considere para definição dos parâmetros solicitados as considerações a seguir, devendo porém ter em mente a realidade para cada caso.

 Parâmetro do tipo de geometria: Fornece a opção ao usuário de gerar superfícies contínuas (Polygon) ou pontos (Point) para representação do mapa a ser gerado. Normalmente é utilizada a opção "Polygon" por apresentar resultado visual mais adequado, cobrindo toda a superfície da área em que o mapa está sendo gerado; Parâmetro do tipo de interpolador: Permite que seja selecionado o interpolador desejado, restringindo-se à Média Móvel (MM) e Inverso da Distância elevado a uma Potência (IDP). Caso haja necessidade de utilização do interpolador VMP (vizinho mais próximo), deve-se optar por IDP com expoente =1 e Número de pontos = 1;

 Parâmetro de tamanho de pixel: Corresponde ao tamanho do pixel que se deseja trabalhar, sendo que "Pixel X" corresponde à distância horizontal, em metros, entre o centro de um polígono e outro mais próximo ou entre dois pontos próximos. O "Pixel Y" corresponde à distância vertical, em metros, entre o centro de um polígono e outro mais próximo ou entre dois pontos próximos;

 Parâmetro de expoente: Corresponde ao valor do expoente do interpolador IDP, que permite dar prioridade ou maior importância para vizinhos mais próximos (quanto maior o expoente, maior a importância para os pontos amostrais mais próximos do ponto a ser interpolado). Normalmente utiliza-se este parâmetro com valores variando entre 1 e 3;

Parâmetro de raio: define a distância, em metros, em que as amostras serão selecionadas para a interpolação de um pixel, ou seja, serão selecionados para interpolação todos os pontos amostrais que se apresentarem dentro de um raio *x*, definido em metros pelo usuário. Selecionados os pontos amostrais, estes serão utilizados no processo de interpolação de um determinado pixel, devendo-se então considerar os outros parâmetros, como tipo do interpolador e expoente. Caso queira utilizar o parâmetro de raio, o número de pontos deve ser zero (0);

 Parâmetro referente ao número de pontos: quando não se deseja fazer uso de raio amostral (ou seja, raio = 0), garantindo-se

93

assim que pelo menos um ponto amostral será selecionado para interpolação de cada pixel, deverá ser definida a quantidade de pontos mais próximos ao pixel a ser estimado e que serão considerados no processo de interpolação. Normalmente faz-se uso de valores entre 8 a 12 pontos amostrais para este parâmetro e que corresponde ao número de vizinhos próximos a serem utilizados no processo de interpolação.

Tela Interpolação 🛛 🔀	Tela Interpolação 🛛 🔀
C Harr Badažan	C Harr Badažan
Osar Padroes Osar Padroes	Usar Padroes Osar Padroes Osar Padroes
Name Produtividade IDP2 5v5	Aguarde. Interpolando Dados
Nome Froductividade IDF2 535	
Geometria POLYGON 💌 Intepolador IDP 💌	Geometria POLYGON 💌 Intepolador IDP 💌
Pixel 5 Expoente 2	Pixel 5 Expoente 2
Pixel 5 Raio 0	Pixel 5 Raio 0
Nº Pon 10	Nº Pon 10
🖂 Carrogar grado	E Carrogar grado
Salvar dados como padrões	Salvar dados como padrões
hterpola	hterpola

Figura 61 Tela de configuração do processo de geração de mapas temáticos no SDUM

Caso tenha interesse de manter as configurações do processo de interpolação, marque a opção "Salvar dados como padrões" e não haverá necessidade de realizar a configuração novamente quando novos mapas forem criados. Caso deseje

apresentar o mapa na tela principal do software, marque a opção "Carregar Grade", sendo que será apresentado ao fim do processo, parâmetros de apresentação do mapa temático gerado. Finalizado o processo de configuração dos parâmetros de interpolação, clicandose no botão "interpolar", o processo de interpolação será iniciado. Ao fim do processo, deverá ser apresentado ao usuário a mensagem de confirmação, conforme Figura 62.



Figura 62 Tela de confirmação de geração de mapas temáticos

4.8 APRESENTANDO UM MAPA TEMÁTICO GERADO

O processo de apresentação de mapas temáticos sempre envolve um processo manual que normalmente é demorado e pode gerar bastante inconsistência. Neste sentido, o SDUM foi projetado para facilitar esta etapa de apresentação de mapas, principalmente quanto a questão de apresentação de mapas que apresentam não apenas classes com "ranges" iguais, ou seja, quando a classificação é obtida pela subtração dos valores de máximo e mínimo e então dividindo-se este resultado pelo número de classes que se deseja apresentar.

Apesar da facilidade de classificação de um mapa neste formato, normalmente gera-se resultados que podem distorcer a avaliação do mesmo, como pode-se perceber no exemplo apresentado na Figura 63.



Figura 63 Mapa da disponibilidade de fósforo (Mg/dm³) classificado em 5 classes com intervalos iguais.

É possível notar que apesar do mapa temático apresentar níveis de P, classificados como baixo, médio e alto, esta informação apresenta-se como incorreta quando considerado a classificação de uma instituição oficial de classificação, a qual, segundo recomendação para um tipo de solo argiloso, com as mesmas características deveria ser classificado totalmente como tendo níveis elevados de P, ou seja, possivelmente apresentado em uma única cor ou classe, como pode-se verificar na Figura 64.



Figura 64 Mapa da disponibilidade de fósforo (Mg/dm³) segundo classificação da Coodetec.

Neste sentido, buscou-se criar uma estrutura que pudesse proporcionar o gerenciamento de classificações, considerando tipo de solo, tipo de atributo, região e órgão classificador. Devido a isso é importante que ao realizar o cadastro das amostras para um atributo, seja definido o tipo de atributo que se está cadastrando, assim como o tipo de solo (argiloso, arenoso), no momento de cadastramento dos talhões. Desta forma, no momento da apresentação de um determinado mapa temático de uma área, considerando o tipo de solo e o atributo, o software irá solicitar qual é o órgão classificador que o usuário deseja se basear e então a classificação previamente cadastrada no banco de dados será considerada para apresentação do mapa temático.

Para entender melhor o funcionamento de toda esta estrutura, será apresentada inicialmente a tela de cadastro de entidades

(órgãos classificadores) em que deverão ser cadastradas as entidades no banco de dados (Figura 65). Seguindo a mesma estrutura de cadastramento dos demais dados não espaciais, serão solicitados neste cadastro somente dados de identificação da entidade classificadora (campo Descrição), endereço de e-mail e telefone. Note que neste momento não ocorre o cadastramento das classificações e sim somente o cadastramento das entidades. O acesso a esta tela de cadastro deve ser realizado pelo menu principal "Gerenciar", sub-menu "Entidades".



Figura 65 Tela de cadastramento de entidades classificadoras

A próxima etapa é cadastrar os atributos que se pretende trabalhar, podendo-se incluir qualquer tipo de atributo de solo e planta, sem restrição. O cadastramento de tipos de atributos é realizado por meio da tela de cadastramento de atributos (Figura 66), em que são solicitados dados sobre o Nome/Descrição, sigla e a unidade de medida do atributo que se deseja cadastrar. O acesso a esta tela de cadastro deve ser realizado pelo menu principal "Gerenciar", sub-menu "Tipos de Atributos". Ainda neste momento, não será realizada a classificação do atributo e sim apenas o cadastro do mesmo.

🛎 Tipo de Atributo 🛛 🛛 🔀							
Comandos							
Dados							
Tipo de Atributos							
Código	Descrição	Sigla	Unidade de Medida				
42	Produtividade	Prod	t	-			
43	Cálcio	Ca					
44	Cobre	Cu					
45	Fósforo	Р					
46	Magnésio	Mg					
47	Manganes	Mn					
48	Potássio	к					
49	Altitude	Alt					
50	pH	pH					
51	Areia	Areia					
52	Silte	Silte					
53	Argila	Argila		Ţ			
154	Resistência do solo a penetração	RSP		Ľ			

Figura 66 Tela de cadastramento de tipos de atributos

Dependendo 0 tipo de solo. а classificação da disponibilidade de certos atributos deve ser realizada de forma diferenciada, como por exemplo na classificação do P para um solo arenoso ou para um solo argiloso. Isso muda devido a estrutura do solo e a forma de disponibilização do nutriente, devendo estar mais ou menos disponível dependendo do tipo de solo. Desta forma, temse no SDUM o cadastramento do tipo de solo do talhão e que será considerada para criação das classificações. A tela de cadastro do tipo de solo é apresentada na Figura 67, sendo que o cadastro se baseia somente na descrição do tipo de solo. O acesso a esta tela de cadastro deve ser realizado pelo menu principal "Gerenciar", submenu "Tipo de Solo".

Dados Código Nome		
Tipo de Solos	idiaa	Decreicão
2	Julgo	ARGISOLO
3		LATOSSOLO
4		ARENOSO

Figura 67 Tela de cadastramento de tipo de solo

Tendo-se o cadastro da entidade de recomendação, atributo ao qual se deseja realizar a classificação e o tipo de solo predominante na área trabalhada, deve-se então realizar a classificação dos atributos em função da entidade e tipo de solo. Para isso, por meio do menu de gerenciamento, se tem acesso ao gerenciamento de classificações (Figura 68), a qual posteriormente serão cadastradas as faixas (classes).

🕌 Classificação			×				
Dados							
Código Entidade	Q 0	Tipo de Atributo	•				
Tipo de Solo							
J							
Classificações							
Código	Entidade	Tipo de Atributo	Tipo de Solo				
21	Coodetec	Cálcio	ARGISOLO				
22	Coodetec	Cobre	ARGISOLO				
23	Coodetec	Fósforo	ARGISOLO				
24	Coodetec	Magnésio	ARGISOLO				
25	Coodetec	Manganes	ARGISOLO				
26	Coodetec	Potássio	ARGISOLO				
27	Coodetec	Produtividade	ARGISOLO				

Figura 68 Tela de gerenciamento de classificações.

São solicitados dados de qual é a entidade classificadora, qual o tipo de atributo e tipo de solo. Relembre que neste momento não são cadastradas as classes de uma determinada classificação, esta etapa é realizada somente após a classificação ser previamente cadastrada. Feito o cadastro de uma classificação, deve-se então cadastrar as classes desta classificação, sendo esta opção disponibilizada por meio do menu de gerenciamento "Classes" (Figura 69).

Nesta etapa, de acordo com a classificação apresentada pela entidade, serão cadastradas as classes para uma classificação. Após iniciada a criação de uma classe por meio do botão • e selecionar a classificação cadastrada anteriormente por meio do botão • Após a seleção, a classificação deverá aparecer codificada, sendo que o primeiro valor corresponde à entidade (5 = Coodetec), o segundo valor corresponde ao atributo (43 = Cálcio, 44 = Cobre, 45 = Fósforo) e o terceiro valor ao tipo de solo (2 = Argiloso).

Deve-se adicionar qual é o nível que se deseja cadastrar (Alto, Médio, Baixo) e selecionada a cor de qual se deseja apresentar para esta classe quando o mapa deste atributo for apresentado. Deve-se ainda realizar o preenchimento dos valores de mínimo e máximo desta classe, devendo-se ter o máximo de cuidado com a unidade de medida utilizada para o atributo, considerando que é por meio destes valores de referência que o software irá se basear.

🚳 Classe 🛛 🗙							
Comandos							
Dados							
Código Classificação Nível Cor							
Valor mínimo Valor máximo							
Classes Código	Classificação	Nível	Cor	Valor Máximo	Valor Mínimo		
72	5 43 2	Baixo	R=255 G=255 B=0	2.0	0.0		
73	5 43 2	Médio	R=0 G=255 B=0	4.0	2.00001		
74	5 43 2	Alto	R=0 G=255 B=0	100.0	4.00001		
75	5 44 2	Baixo	R=255 G=255 B=0	0.2	0.0		
76	5 44 2	Médio	R=0 G=255 B=0	0.4	0.20001		
77	5 44 2	Alto	R=0 G=255 B=255	100.0	0.40001		
78	5 45 2	Muito Baixo	R=255 G=0 B=0	2.7	0.0		
79	5 45 2	Baixo	R=255 G=255 B=0	5.4	2.70001		
80	5 45 2	Médio	R=0 G=255 B=0	8.0	5.40001		
81	5 45 2	Alto	R=0 G=255 B=255	12.0	8.00001		
82	5452	Muito Alto	R=0 G=0 B=255	100.0	12.00001		

Figura 69 Tela de gerenciamento de classes

É necessário utilizar o caractere "ponto" (.), para separar as casas decimais dos valores de mínimo e máximo cadastrados. O cadastro dos valores de referência usados neste exemplo, seguem a classificação proposta pela Coodetec, que corresponde a uma entidade de pesquisa bastante conhecida na região Oeste do Paraná.

Para visualizar os mapas gerados por meio da interpolação, pode-se utilizar o menu Interpolação – Apresentar Grade (ou botão - Rendenizar Mapas). Será apresentada a tela para seleção de mapas interpolados (Figura 70). Nesta tela, são apresentados os mapas temáticos gerados podendo-se optar pelo uso de filtros de busca por nome (ou parte deste); Amostra; Tipo de Geometria (Point ou Geometry); Tipo de Interpolador; Tamanho de Pixel; Raio; Número de pontos e Expoente.



Figura 70 Tela de seleção de mapas temáticos

No exemplo da Figura 70, foi selecionado o mapa "Interp P – IDP2 (mapa de interpolação do Fósforo)", sendo que após clicar no botão "Avançar", é apresentada a tela de seleção da classificação (Figura 71) a ser utilizada para apresentação do mapa selecionado. Nesta tela, por padrão será apresentada a opção de apresentação do mapa em "ranges iguais" (classes de mesma amplitude), a qual deve-se definir o número de classes (Figura 71A), ou pode-se optar por definir qual a entidade classificadora (cadastrada anteriormente) (Figura 71B), sendo possível para ambas as formas de classificação, realizar a seleção de cores desejada.
Gerenc	iar interpolações		Σ	3 0	Gerenciar inte	erpolações			×
Entidade	Classificadora			ר	Entidade Classific	adora			
Ran	ges				Coodetec			-	
					Classificaç	Coodetec		_	
De	7,52227	Até	12,39991		Atributo	Fósforo			
	40.00000		12 02255		Tipo de Sol	ARGISOLO			
De	12,39992	Ate	17,27755		0.0	2.7	Muito Baixo		
De	17,27756	Até	22,15519						
	, 				2.70	0001 5.4	Baixo		
De	22,15520	Até	27,03282		land		Daixo		
De	27,03283	Ate	51,91046		5.40	0001 8.0	Médio		
					8.00	0001 12.0	Alto		
					,				
							1 		
					.2.0	10001 1100.0	Muito Alto		
			3						
		·	~				· · · · ·		
ŀ	 Classif 	ica	cão por ranges		B) (Classif	icacão pr	eviam	ente

 A) Classificação por ranges
 B) Classificação previamente iguais
 cadastrada
 Figura 71 Telas de seleção do tipo de classificação desejada

para apresentação de mapas temáticos.

Finalizado o processo de definição da forma de classificação do mapa, clicando-se no botão apresentado na tela principal do software, conforme apresentado na Figura 72 e Figura 73.

O mapa visualizado na Figura 72 é relativo à interpolação Inverso da Distância Elevado a Potência 2 (IDP), com pixels de 20 metros e classificado em 5 intervalos de valores, conforme parâmetros definidos na Figura 71B. O aspecto quadriculado é em virtude do tamanho do pixel (20x20 metros), gerando um mapa de baixa resolução e com poucos detalhes de contorno.



Figura 72 Mapa da produtividade IDP2 com pixel de 20x20 metros e 5 classes sendo apresentado na tela principal software SDUM

O mapa visualizado na Figura 73 é relativo à interpolação Inverso da Distância Elevado a Potência 2 (IDP), com pixels de 5x5 metros e também classificado em 5 intervalos de valores, conforme parâmetros definidos na Figura 71B. No aspecto visual, o nível de detalhamento aumentou, sendo apresentadoas curvas bem mais definidas do que apresentado no mapa gerado com pixels de 20x20 metros.



Figura 73 Mapa da produtividade IDP2 com pixel de 5x5 metros e 5 classes sendo apresentado na tela principal software SDUM

4.9 ANÁLISE DE DADOS COM SDUM

Com os dados de atributos previamente cadastrados e mapas temáticos gerados, o SDUM permite a análise estatística destes. Este recurso pode ser acessado por meio do menu "Estatísticas", sendo apresentadas análises estatísticas em três situações distintas, como visto na Figura 74.



Figura 74 Acesso ao menu de análise estatística do SDUM

A opção "Estatística Descritiva" oferece recurso para cálculo de estatísticas relacionadas aos valores de mínimo, máximo, média, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação, podendo ser calculado separadamente para cada atributo cadastrado ou de forma conjunta, selecionado vários conjuntos de dados simultaneamente, como apresentado na Figura 75.

💰 Estatisticas							
Amostras Grades							
C Amostras	Tabela	Mínimo	Máximo	Média	Amplitude	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
E- C PRODUTIVIDADE NORMALIZADA	AREIA	0	9	3.25738	9	2.1959	67.41318
E C AREIA	ARGILA	37.6	79.3	69.54524	41.7	7.9516	11.43371
	SILTE	15.8	62.2	26.91429	46.4	8.98298	33.37625
	PH	4.5	6.1	5.06667	1.6	0.3251	6.41648
E C PH	RSP 10-20	1,918.06818	3,236.22727	2,546.67208	1,318.15909	377.00518	14.80384
⊞- C RSP 10-20	RSP 20-30	2,005.25	4,569.59091	2,663.30303	2,564.34091	617.71244	23.19347
H 🔁 RSP 20-30	FÓSFORO	7.39	32.28	15.93595	24.89	4.69832	29.48251
E C FOSFORO	ALTITUDE	351.702	372.691	362.83079	20.989	5.46008	1.50486
	RSP 0-10	947.40909	2,402.31818	1,468.77164	1,454.90909	302.37138	20.58668
			(4				

Figura 75 Tela de análise estatística descritiva do SDUM

Na parte superior da tela, é possível selecionar dados amostrais (Amostras) e mapas temáticos (Grades), sendo que no caso de mapas temáticos, cada pixel será considerado como sendo um ponto amostral para cálculo das estatísticas descritivas.

Na parte inferior da tela, destacada em vermelho (Figura 75), a barra de botões possui opções para:

- Excluir estatísticas calculadas na tela, devendo-se clicar no botão 🔪 (Limpar tudo);
- Gerar gráficos de Box Plot, por meio do botão ⁺⁺ (Gerar Box Plot), devendo-se primeiramente selecionar qual o atributo ou atributos se deseja gerar o gráfico;
- Exportação de dos resultados para arquivo no formato ".txt", por meio do botão (Gerar Arquivo .txt), devendo-se primeiramente selecionar qual o atributo ou atributos se deseja exportar para um arquivo ".txt";

 Por meio do botão (Gerar), serão calculadas e apresentadas as estatísticas da análise exploratória, em formato de tabela, dos conjuntos de dados selecionados.

A opção "Análise de Correlação Espacial", também disponível no menu "Estatística Descritiva" deve ser utilizada quando se deseja avaliar o índice de correlação espacial cruzada, cujo objetivo é avaliar a influência entre os atributos analisados, considerando o aspecto espacial. O resultado é apresentado de forma quantitativa e também é observada a significância estatística (BAZZI, 2011).

A correlação espacial é calculada em função de grades amostrais que serão selecionadas em função da área que se deseja obter esta estatística. Neste sentido, primeiramente deve-se selecionar o a área a qual deseja realizar a análise de dados (Figura 76), sendo que ao dar um duplo clique sobre a área, serão apresentados os atributos cadastrados para essa área (Figura 77).

🛎 Correlação Cruzada - Seleção de Área	
En ED CONTORINO EXEMPLO En ED CONTORINO TESTE	Resultados
Procurar	
Buscar	
Por Tamanho	
 [™] Maior que [™] Menor q 	
Por Tipo de Solo	
€ →	

Figura 76 Tela de seleção de áreas para cálculo da matriz de correlação espacial

Selecionados os atributos (mínimo duas grades amostrais (layers)), deve-se realizar as configurações baseadas na confiabilidade do teste (número de iterações; padrão 999 iterações) e significância do teste (0.05 indica nível de 5% de probabilidade) (Figura 77).

🛎 Correlação Cruzada - Seleção de Amostra		
Comandos		Resultados
Amortas Constant Sector Normalizada Constant Sector Normalizada	•	
Testes de Significância Iterações Nível Significância		
999 0.05		
🗖 Salvar informações		
Buscar Por Nome Por Atributo Produbildade		

Figura 77 Tela de seleção de atributos para cálculo da matriz de correlação espacial e de configuração do número de iterações e nível de significância do teste

Definidos os conjuntos de dados e os parâmetros descritos, clicando-se no botão (1), o SDUM irá realizar o cálculo da correlação espacial entre todos os atributos selecionados e criará a matriz de correlação espacial, visando uma forma facilitada de apresentação dos resultados. Como podem haver selecionadas grades amostrais diferentes (tanto de localização geográfica como de número de pontos), será apresentada uma opção que visa informar qual é o

conjunto de dados que se deseja utilizar como principal (Figura 78), ou seja, caso um conjunto de dados tenha menos pontos amostrais ou estes estejam posicionado em locais diferentes ao conjunto principal, estes serão interpolados para mesma grade selecionada como principal, fazendo uso do inverso da distância, com 8 vizinhos próximos.

Selecionar Amostra Principal							
Por Favor, selecione a Amostra principal.							
PRODUTIVIDADE NORMALIZADA							
ОК	Cancel						

Figura 78 Tela de seleção no conjunto de dados principal

Este processo poderá demorar alguns minutos, dependendo número de amostras escolhidas, número de interações do (principalmente) e capacidade de processamento do computador utilizado. Após encerrar-se o processo computacional, será apresentada a matriz de correlação (Figura 79) indicando a significância do teste (significativo - (*); não significativo - (NS)). Assim, pode-se identificar quais atributos influenciaram de forma positiva ou negativa outros atributos, e se uma amostra está correlacionada espacialmente (chamada de autocorrelação espacial), localizada na diagonal principal da matriz. Para facilitar а visualização, foram definidas cores para a significância do teste, sendo vermelho (significativo) e verde (não significativo).

tesultados —										
Correlação - Sig	nificância:0.05 ×]								
RODUTIVIDAD	0.02445 (*)									
REIA	0.0071 (NS)	-0.0215 (NS)								
RGILA	0.01165 (NS)	-0.00071 (NS)	-0.03533 (*)							
ILTE	-0.0127 (NS)	0.00557 (NS)	0.03296 (*)	-0.03337 (*)						
н	-0.02872 (*)	-0.01959 (NS)	0.00445 (NS)	-0.00118 (NS)	-0.01575 (NS)					
SP_10-20	0.03837 (*)	-0.01002 (NS)	-0.01226 (NS)	0.02001 (NS)	0.02192 (NS)	-0.00503 (NS)				
SP_20-30	-0.01127 (NS)	0.01248 (NS)	-0.01575 (NS)	0.01606 (NS)	-0.01331 (NS)	-0.00873 (NS)	-0.02115 (NS)			
ÓSFORO	-0.00024 (NS)	-0.00028 (NS)	0.00218 (NS)	-0.00187 (NS)	-0.00796 (NS)	0.02252 (NS)	-0.00866 (NS)	-0.04039 (*)		
LTITUDE	0.05066 (*)	0.01146 (NS)	0.00474 (NS)	-0.00615 (NS)	0.02348 (NS)	0.02193 (NS)	0.02016 (NS)	0.03405 (NS)	0.04766 (*)	
SP_0-10	0.0694 (*)	-0.01341 (NS)	-0.00898 (NS)	0.01635 (NS)	0.04897 (*)	-0.01088 (NS)	-0.01651 (NS)	0.01904 (NS)	0.00168 (NS)	-0.03514 (*)
	PRODUTIVIDAD	AREIA	ARGILA	SILTE	РН	RSP_10-20	RSP_20-30	FÓSFORO	ALTITUDE	RSP_0-10
							(1) Significative	(NC) NRo Sid	nificativo	

Figura 79 Matriz de correlação espacial gerada pelo software

No exemplo apresentado na Figura 79, é possível identificar que a produtividade normalizada apresentou correlação espacial significativa positiva com altitude, RSP_0-10 e RSP_10-20; e negativa com pH. Argila, silte, fósforo, altitude e RSP_0-10 foram os atributos que apresentaram autocorrelação espacial.

É possível realizar a exportação das informações da matriz de correlação espacial para um arquivo no formato ".txt", fazendo uso do botão 🔜.

A opção "Avaliar Unidade de Manejo", corresponde a realização de testes de comparação de médias e de redução da variância de atributos em relação a unidades de manejo geradas. Desta forma, esta funcionalidade será apresentada no capítulo de definição de unidades de manejo.

4.10 GERANDO UNIDADES DE MANEJO COM SDUM

O objetivo principal do SDUM, o qual inclusive deu origem ao seu nome, corresponde a definição de unidades de manejo, que podem ser geradas fazendo uso de diferentes métodos, incluindo empíricos (normalização de dados pela média e pelo desvio padrão) e de agrupamento (K-Means e Fuzzy C-Means). Apesar do objetivo principal corresponder a definição das unidades de manejo, o software contempla ainda a avaliação das unidades de manejo geradas, fazendo uso de testes de comparação de médias e também a avaliação da redução da variância amostral.

Para o método de agrupamento Fuzzy C-Means, ainda estão disponíveis as estatísticas de MPE (*Modified Partition Entropy*), que estima o nível de desorganização criada por um número específico de clusters, sendo que valores de MPE próximos de 1 indicam que predomina a desorganização, enquanto que valores se aproximando de 0 indicam melhor organização (BOYDELL; MCBRATNEY, 2002) e FPI (*Fuzziness Perfomance Index*) o qual permite determinar o grau de separação (isto é, confusão) entre os cclusters fuzzy de um conjunto de dados X. Quando os valores de FPI se aproximam de 0 indicam classes distintas, apresentando pequeno grau de compartilhamento dos membros (dados) entre elas, enquanto que valores próximos a 1 indicam não haver classes distintas, apresentando elevado grau de compartilhamento dos membros entre as classes (FRIDGEN et al., 2004).

As funcionalidades para definição de unidades de manejo no SDUM são acessíveis por meio do menu "Unidade de Manejo" ou pelo botão de atalho **Unidade de Manejo**, disponíveis na tela principal do software. Acessando esta funcionalidade, será apresentada a tela de seleção de qual área se deseja realizar a geração de unidades de manejo (Figura 80). Selecionada a área (duplo clique), será apresentada a tela para seleção de quais mapas temáticos (*layers*) serão utilizadas para geração das unidades de manejo. É importante lembrar que para os métodos empíricos, normalmente são utilizados dados de produtividade das culturas, sendo necessários pelo menos dados de duas safras (duas *layers*). Já para os métodos de agrupamento (K-Means e Fuzzy C-Means), a obrigatoriedade é a seleção de pelo menos uma *layer*.

Outra informação importante nesta etapa é que quando seleciona-se mais de uma *layer* para geração de unidades de manejo (independentemente de método utilizado) os mapas temáticos devem conter o mesmo número de *pixeis*, caso contrário, os cálculos não serão possíveis e o software apresentará uma mensagem de erro ao usuário, informando a obrigatoriedade de se ter mapas com número de *pixeis* idênticos.

Gerar Unidade de Manejo 🛛 🔀
Grades Grade
Nome
1 1
Amostra Geomet Interpolad
F + Filtros

Figura 80 Telas de seleção de área (à esquerda) e mapas temáticos (à direita)

Após realizada a seleção dos mapas temáticos é apresentada ao usuário a tela de seleção do método a ser utilizado na definição das unidades de manejo e demais parâmetros como o nome a ser definido pelo usuário ou gerado automaticamente pelo software (Figura 81).

métodos empíricos, Ainda, para os são fixadas as quantidades de unidades de manejo geradas, considerando a metodologia do método, sendo que para normalização pela média (Molin), é necessário definir se serão geradas 4 ou 6 classes. Já para o método de normalização pelo desvio padrão (Milani), serão geradas 9 classes. Para os métodos de agrupamento, na seleção do método K-Means (Figura 81), há necessidade de parametrização do número de classes (quantidade de unidades de manejo) e o número de iterações (pelo menos 10). Na seleção do método Fuzzy C-Means (Figura 81), além do número de classes, é necessário definir o expoente do algoritmo (valor de ponderação ou imprecisão, por padrão utiliza-se o valor 1.3) e o erro, que corresponde ao critério de parada do algoritmo (utiliza-se normalmente 0.0001).

Gerar Unidade de Manejo	Gerar Unidade de Manejo 🛛 🛛 🛛
∰ Grades ∰ ∰ Inter RSP 0-10 - IDP2 5×5 ∰ ∰ Inter - Alktude - IDP2 5×5	Grodes ⊕
Nome IIM Altitude RSP - K-Means	Nome
, Tipo de Unidade de Ma K-MEANS ⊻	Tipo de Unidade de Ma FUZZY y
N° de Classes 4 N° Iterações 10	N° de Classes 4 Expoente 1.3 Erro 1.0001
Apresentar Zona de Mane Salvar como dados padrões. Aguarde. Gerando Unidada de Manejo Aguarde. Gerando Unidada de Manejo	Apresentar Zona de Mane Salvar como dados padrões. Aguarde. Gerando Unidade de Manejo Gerar

Figura 81 Tela de parametrização para geração de unidades de manejo pelos métodos K-Means (à esquerda) e Fuzzy C-Means (à Direita).

Feito a parametrização, clicando-se no botão "Gerar", a unidade de manejo será gerada. Após o término, será apresentada uma mensagem de conclusão (Figura 82) e caso não se deseje gerar um novo mapa de unidades de manejo, a tela de configuração para apresentação da unidade de manejo gerada, podendo serem definidas cores para cada uma das classes (Figura 83).

Sucesso			x
\checkmark	Zona de Mane Criar outra?	jo criada com suco	esso
	Sim	<u>N</u> ão	

Figura 82 Mensagem de confirmação de que a unidade de manejo foi gerada.

Carregar Unidades de Manejo	
the Unidade de Manejo the Unidade de Manejo the Unidade de Parejo the Unidade de Parejo	
	Carregar Unidades de Manejo Rangos U. M. 1 U. M. 3
Buscar Todas	UM 2 UM 4
Tipo de Unidade de Manejo Puzzy 💌	
	+

Figura 83 Tela para seleção do mapa de unidades de manejo que se deseja apresentar (à esquerda) e tela de definição de cores para as classes do mapa selecionado (à direita).

Definidas as cores conforme a intenção do usuário, o mapa de unidades de manejo será apresentado na tela principal do SDUM (Figura 84 e Figura 85).



Figura 84 Tela principal do SDUM, apresentando o mapa com 4 unidades de manejo geradas, sendo cada unidade de manejo representada por cores distintas (1 - Vermelho, 2 - Amarelo, 3 - Verde, 4 - Azul).



Figura 85 Tela principal do SDUM, apresentando o mapa com 2 unidades de manejo geradas, sendo cada unidade de manejo representada por cores distintas (1 - Vermelho, 2 - Azul).

4.11 AVALIANDO UNIDADES DE MANEJO

Após geradas as unidades de manejo, pode-se realizar a avaliação das mesmas, com objetivo de identificar se a divisão apresentou resultados satisfatórios ou não. Independentemente do método de definição, o SDUM permite a avaliação das unidades de manejo por meio de testes de comparação de médias e de redução da variância, sendo apresentado os resultados em uma mesma tela (Figura 87). Além disso, o software permite visualizar informações importantes sobre as unidades de manejo geradas, informando entre outras coisas, o percentual de área de cada unidade de manejo, número de pontos amostrais localizados em cada unidade de manejo além de calcular separadamente estatísticas destes pontos amostrais.

A funcionalidade de avaliação de unidades de manejo deve ser acessada por meio do menu principal "Estatísticas" e sub-menu "Avaliar unidades de manejo", sendo apresentada a tela de seleção de qual mapa de unidade de manejo deseja-se avaliar (Figura 86). Selecionado(s) o(s) mapa(s), é apresentada a tela de seleção de qual(is) atributo(s) deseja-se avaliar (Figura 86) para cada mapa de unidade de manejo selecionado na etapa anterior. Clicando-se no botão gerar, as estatísticas de avaliação serão geradas.

📓 Avaliação de Unidade de Manenjo 🛛 🛛 🔀	📓 Avaliação de Unidade de Manenjo 🛛 🛛 🔀
Conse de Manejo CUM Albtude RSP - K-Means Cum Albtude RSP - Fuzzy Cum Albtude RSP - Fuzzy - 2 classes	ARGIA ARGIA
	<u>g</u>
Nome	Nome
Tipo de Unidade de Manejo MOLIN 💽	Gerar 🕕

Figura 86 Telas de seleção de mapas de unidades de manejo que se deseja avaliar (à esquerda) e tela de seleção de atributo que se deseja avaliar.

📥 Ava	😹 Avaliação de Unidade de Manenjo 🛛 🛛 🔀										
UM Alti	UM Albtude RSP - K-Means: PRODUTIVIDADE NORMALIZADA 🗴 UM Albtude RSP - Fuzzy: PRODUTIVIDADE NORMALIZADA 🗴 UM Albtude RSP - Fuzzy - 2 classes: PRODUTIVIDADE NORMALIZADA 🗴										
Nú	% Área	Nº Am	Mínimo	Média	Máximo	DP	Variância	Coeficiente Vari	Var. Prop	Var. Prop. Total	Eficiência Relativa
1	0.61932	27	-1.53793	0.03888	0.63524	0.43332	0.18776	11.14562	5.0696	0.15725	1.00859
2	0.38068	15	-0.84304	-0.06998	0.40674	0.32804	0.10761	-4.68758	1.61412	0.15725	1.00859
- Ano Sig	Anova Significânc 0.05										
	← 🔜 🕈 📀										

Figura 87 Telas de resultados da avaliação.

Está disponível por meio do botão 🖶, a criação de gráficos de Box-plot como apresentado no exemplo, com 2 e 4 unidades de manejo (Figura 88). Parâmetros de cor, formato, entre outros dos gráficos de Box-plot podem ser redefinidos pelo usuário, clicando sobre os mesmos. Por meio do botão 🔜, podem ser exportados os dados das estatísticas geradas no processo de avaliação das unidades de manejo.



Figura 88 Gráficos Box-Plot para duas (à esquerda) e quatro (à direita) unidades de manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELICO, J. C. Desempenho da co-krigagem na determinação da variabilidade de atributos do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa**, v. 30, n. 1, p. 931–936, 2006.

ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confins**, v. 3, p. 1–24, 2008.

BAZZI, C. L. Software para definição e avaliação de unidades de manejo em agricultura de precisão. 2011. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.

BAZZI, C. L. et al. Management zones definition using soil chemical and physical attributes in a soybean area. **Engenharia Agrícola**, **Jaboticabal**, v. 34, n. 5, p. 952–964, 2013.

BORA, D. J.; GUPTA, A. K. Effect of Different Distance Measures on the Performance of K-Means Algorithm : An Experimental Study in Matlab. International Journal of Computer Science and Information Technologies, v. 5, n. 2, p. 2501–2506, 2014.

CRESSIE, N. A. C. **Statistics for spatial data**. Revised ed.New York: Wiley-Interscience Publication, 1993.

DAVATGAR, N.; NEISHABOURI, M. R.; SEPASKHAH, A. R. Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. **Geoderma**, v. 173-174, p. 111–118, 2012.

DOERGE, T. A. Management Zone Concepts. **Site-Specific Management Guidelines**, 2000.

DRUCK, S. et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2004.

FRIDGEN, J. J. et al. for Management Zone. **Agronomy Journal**, v. 96, p. 100–108, 2004.

GOMES, J.; CAICEDO, N. O. L. Uso do Método de Simulação Gaussiana Sequencial (SGS) na Simulação Estocástica do Fluxo e Transporte em Meio Poroso Saturado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre**, v. 16, n. 4, p. 135–147, 2011.

GONTIJO, I. et al. Variabilidade e correlação espacial de micronutrientes e matéria orgânica do solo com a produtividade da pimenta-do-reino. **Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa**, v. 36, n. 3, p. 1093–1102, 2012.

GUASTAFERRO, F. et al. A comparison of different algorithms for the delineation of management zones. **Precision Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 600–620, 2010.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geoestatistics. New York: Oxford, 1989.

JAIN, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. **Pattern Recognition Letters**, v. 31, n. 8, p. 651–666, 2010.

JIN, J.; JIANG, C. Spatial variability of soil nutrients and site-specific nutrient management in the P.R. China. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 36, n. 2-3, p. 165–172, 2002.

KRAVCHENKO, A.; BULLOCK, D. G. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. **Agronomy Journal**, v. 91, p. 393–400, 1999.

LEGENDRE, P.; FORTIN, M. J. Spatial pattern and ecological analysis. **Vegetatio**, v. 80, n. 2, p. 107–138, 1989.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 13, n. 1, p. 53–64, 2009.

MILANI, L. et al. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 28, n. 4, p. 591–598, 2006.

MILLIGAN, G. W.; COOPER, M. C. A study of standardizaction of variables in cluster analysis. **Journal of Classification**, v. 1, n. 5, p. 181–204, 1988.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 31, n. 1, p. 90–101, 2011.

MONDO, H. V. V. et al. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 193–201, 2012.

ODEH, I. O. A.; MCBRATNEY, A. B.; CHITTLEBOROUGH, D. J. Soil pattern recognition with fuzzy c-means: Application to classification and soil-landform interrelationships. **Soil Sci. Soc. Am. J., Madison**, v. 56, p. 505–516, 1992.

RECH, C. M. C. B.; OLIVEIRA, K. N.; LOCH, R. E. N. **Orientações para elaborar um mapa temático turístico.**, 2015. Disponível em: http://www.geolab.faed.udesc.br/sites_disciplinas/Cartografia_tematica/Texto_03_orientacao_carto_tematica.pdf

ROCHA, M. M. DA; LOURENÇO, D. A.; LEITE, C. B. B. Aplicação de Krigagem com Correção do Efeito de Suavização em Dados de Potenciometria da Cidade de Pereira Barreto - SP. **Geologia USP** Série Científica, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 37–48, 2007.

RODRIGUES JUNIOR, F. A. et al. Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB**, v. 15, n. 8, p. 778–787, 2011.

ROTH, C. Is Lognormal Kriging Suitable for Local Estimation? **Mathematical Geology**, v. 30, n. 8, p. 999–1009, 1998.

TAGARAKIS, A. et al. Management zones delineation using fuzzy clustering techniques in grapevines. **Precision Agriculture**, v. 14, n. 1, p. 18–39, 2013.

TEIXEIRA, M. B. DOS R.; SCALON, J. D. Comparação entre estimadores de semivariância. **Rev. Bras. Biom., São Paulo**, v. 31, n. 2, p. 248–269, 2013.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C. DE; CARVALHO, F. DE O. Interpolação espacial da precipitação no estado de Alagoas utilizando técnicas geoestatísticas. **Revista Campo Digital, Campo Mourão-Pr**, v. 8, n. 1, p. 34–42, 2013.