

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

PIRACICABA – SP

2022

APONTAMENTOS DE AULA

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

PROFA. DRA. ANA CLÁUDIA DOS SANTOS LUCIANO

PROF. PETERSON RICARDO FIORIO

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. GEOTECNOLOGIAS	5
3. GEOPROCESSAMENTO	6
4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)	7
4.1 HISTÓRICO DOS SIGS.....	7
4.2 COMPONENTES DO SIG.....	8
4.3 ENTRADA E INTEGRAÇÃO DE DADOS.....	9
4.4 VISUALIZAÇÃO E PLOTAGEM.....	9
4.5 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS.....	10
5. DADO E INFORMAÇÃO	10
5.1 DADOS ESPACIAIS.....	11
5.2 RASTER.....	11
5.3 VETOR.....	13
5.4 FONTE DE ERROS DOS DADOS	14
6. ANÁLISE ESPACIAL	14
6.1 ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS NO AGRONEGÓCIO.....	15
7. APLICAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS	15
8. REFERÊNCIAS	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Londres com casos de cólera.....	6
Figura 2: Componentes do SIG	8
Figura 3: Estrutura do SIG.....	8
Figura 4: Representação dos dados espaciais	11
Figura 5: Raster	12
Figura 6: Mesma área representada em diferentes resoluções	12
Figura 7: Vetor em linhas	13
Figura 8: Vetor em polígonos.....	13
Figura 9: Exemplo de análise espacial	15
Figura 10: Análise de dados espaciais no agronegócio	15
Figura 11: Mapa de aptidão agrícola: expansão do cultivo de cana-de-açúcar.....	16

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Tem-se dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los. Estes dados geográficos são coletados e armazenados em bancos de dados geográficos.

As funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho definida pelo usuário. Para a ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG há mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados, os quais podem ser espaciais ou não.

Dessa forma, um banco de dados geográficos pode ser descrito como um repositório de dados de um SIG, que armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como as informações descritivas (atributos não-espaciais).

O material a seguir abordará conceitos, técnicas e exemplos dos sistemas de informação geográfica, bem como as aplicações das geotecnologias.

2. GEOTECNOLOGIAS

As geotecnologias são um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e pessoas que juntos se constituem em poderosas ferramentas para a tomada de decisões. Dentre as geotecnologias estão os SIGs, denominados por Sistemas de Informação Geográfica (ROSA, 2011)

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos vários termos surgiram para as muitas especialidades. Essa tecnologia pode ser usada na construção civil, no agronegócio, meio ambiente, obras de saneamento, governo, educação, saúde entre outras.

De forma geral, as geotecnologias possibilitam (i) coleta, padronização, armazenamento, entrada e validação de dados; (ii) processamento dos dados; (iii) análise e geração de informação; (iv) disponibilização dos resultados obtidos, seja em mapas, tabelas, índices etc.

3. GEOPROCESSAMENTO

Área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. O geoprocessamento é uma tecnologia que influencia diversas áreas: cartografia, geografia, recursos naturais, planejamento urbano, agricultura, possibilitando a compreensão de fenômenos sociais, ambientais e econômicos, por meio da representação espacial.

O início do geoprocessamento é datado no ano 1854 quando o médico *John Snow* investigou no bairro de *Soho*, em Londres, um surto de cólera. Ele mapeou com base nos croquis dos quarteirões as casas atingidas e, relacionou com as pessoas que beberam água de uma fonte na *Broad Street* (Figura 1). Logo, percebeu que aquele surto em particular ocorrera em torno de uma bomba de água compartilhada que a maioria dos habitantes usava para coletar água para beber e lavar. Essa foi a primeira vez que um mapa foi usado para melhor compreensão de uma doença e estabelecer medidas de controle.



Figura 1: Mapa de Londres com casos de cólera (pontos) e poços de água (cruzes)

No últimos anos o geoprocessamento tem-se tornado um grande aliado no monitoramento de animais: mudanças da dinâmica florestal e impacto do habitat; monitoramento de florestas: manejo/conservação/desmatamento; monitoramento de espécies; monitoramento de doenças entre outras aplicações.

4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográfica podem ser definidos como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. Os dados são georreferenciados quando estes possuem basicamente duas características: dimensão física e localização espacial (ARONOFF 1989). No geral, é considerado como um conjunto de funções/procedimentos automatizados para adquirir, armazenar e manipular dados georreferenciados.

As principais características de SIGs são: integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados; consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados (CÂMARA, 2002). Alguns exemplos de *softwares*: ArGis, QGIS e TerraView.

De acordo com Câmara (2002), os SIGs são capazes de tratar as diversas projeções cartográficas. Para aplicações em análise geográfica e redes, o armazenamento da topologia permite o desenvolvimento de consultas a um banco de dados espacial, que não seriam possíveis de outra maneira.

Para isso, faz-se necessário conhecimentos cartográficos. A cartografia é a área do conhecimento que estuda, analisa e produz mapas, cartogramas, plantas e demais tipos de representações gráficas do espaço.

HISTÓRICO DOS SIGS

As primeiras tentativas de definição dos conceitos começaram a ser tratadas na Inglaterra e Estados Unidos antes mesmo dos anos 60. Já entre 1960 e 1975 foi quando ocorreu o pioneirismo no desenvolvimento de SIGs com a geração de saídas gráficas (mapas), avanços na estrutura de armazenamento de dados (hardware e software), sendo que um dos acontecimentos notórios foi o inventário de recursos naturais do Canadá.

Nos anos de 1975 a 1990, os estudos foram responsáveis pela criação da microinformática; do desenvolvimento de *softwares* e aplicações e, também, da comercialização destas soluções. Enquanto que entre 1990 e 2010 a fase em que os SIGs “decolaram” pautada em computadores mais rápidos, mais potentes e mais baratos; pela

popularização dos SIGs. Por fim, a partir de 2010 constatou-se a explosão dos dados abertos; o desenvolvimentos de soluções “*open source*” e, principalmente, a computação em nuvem “*cloud computing*”.

COMPONENTES E ESTRUTURA DO SIG

Para permitir um melhor entendimento da operação de um SIG, estudaremos a arquitetura interna deste tipo de sistema, em que um SIG contém os seguintes componentes descritos na Figura 2.

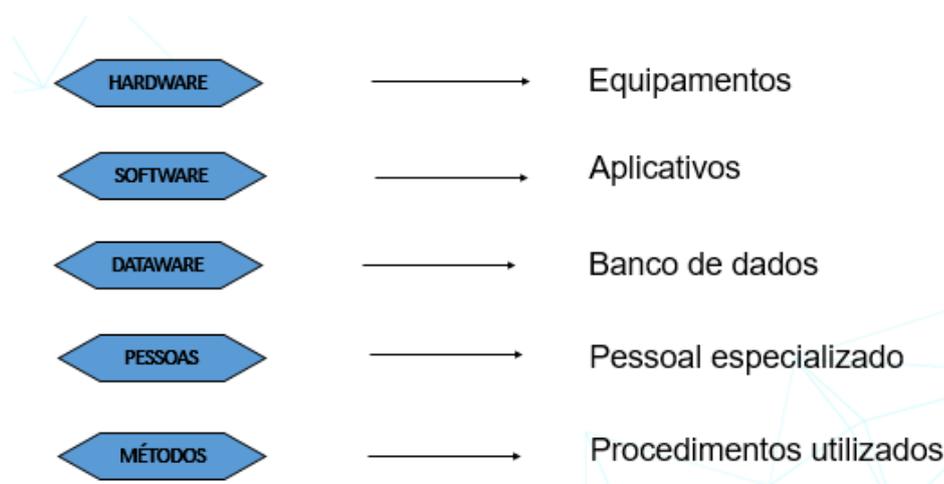


Figura 2: Componentes do SIG

Assim, de forma geral, pode-se indicar que um SIG tem os seguintes componentes em sua estrutura (Figura 3): interface com usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; banco de dados geográficos.

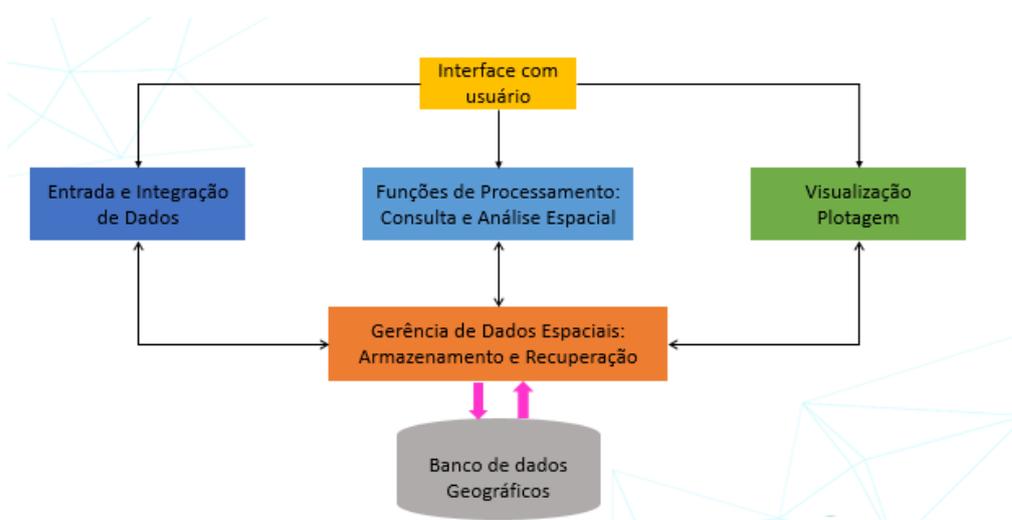


Figura 3: Estrutura do SIG

ENTRADA E INTEGRAÇÃO DE DADOS

Historicamente, o primeiro tipo de interface a ser utilizado nos vários sistemas foi a *linguagem de comandos*, que possui grande poder expressivo (se a linguagem for poderosa, qualquer tarefa pode ser expressa num número reduzido de comandos). No entanto, à medida que aumenta a funcionalidade do sistema, cresce a complexidade da linguagem e aumenta em muito a dificuldade de uso. Para contornar este problema, muitos sistemas dispõem de facilidades de criação de *macro-comandos*.

A disponibilidade de ambientes computacionais interativos deu origem às interfaces baseadas em *menu*. Mais fáceis de operar, estas interfaces tendem a ter menor poder expressivo. Sua vantagem é que o usuário não tem que aprender uma linguagem complexa, pois o ambiente já está pronto. O problema com este tipo de sistema é a dificuldade de personalizar o ambiente, o que pode gerar soluções incompletas ou de uso restrito.

Alguns sistemas baseados em linguagem de comando (como Arc/Info), estão em processo de migração de suas funcionalidades para interfaces baseadas em *menus*. Estas alterações, visam atender uma tendência de mercado mundial

Quanto a entrada dos dados, existem quatro modos principais: digitalização em mesa, digitalização ótica, entrada de dados via caderneta de campo e leitura de dados na forma digital. Neste último caso, está incluída a importação de dados em outros formatos. Por este motivo os conhecimentos cartográficos são tão importantes.

A integração de dados é fundamental para aplicações como redes, onde deseja-se gerar uma base cartográfica contínua a partir de informações dispersas em vários mapas. Usualmente, as redes (elétrica, de telefonia e de água e esgoto) estão interligadas em toda a malha urbana. Poucos sistemas conseguem armazená-las de forma contínua, dando origem a particionamentos que não refletem a realidade e que dificultam a realização de análises e simulações.

VISUALIZAÇÃO E PLOTAGEM

No caso de plotagem, alguns SIGs dispõem de ferramentas para produção de cartas, com recursos muitas vezes altamente sofisticados de apresentação gráfica. Estas ferramentas permitem a definição interativa de uma área de plotagem, colocar legendas, textos explicativos e notas de crédito. Uma biblioteca de símbolos é também atributo fundamental de um sistema

de produção. Os pacotes mais sofisticados dispõem de controladores para dispositivos de gravação eletrônica a laser, o que assegura a produção de mapas de alta qualidade.

BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Um banco de dados geográficos é o repositório de dados de um SIG, que armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como as informações descritivas (atributos não-espaciais). Tradicionalmente, os SIGs armazenavam os dados geográficos e seus atributos em arquivos internos. Este tipo de solução vem sendo substituído pelo uso cada vez maior de sistemas de gerência de banco de dados (SGBD), para satisfazer à demanda do tratamento eficiente de bases de dados espaciais cada vez maiores.

Um SGBD apresenta os dados numa visão independente dos sistemas aplicativos, além de garantir três requisitos importantes: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados); integridade (controle de acesso por múltiplos usuários); e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem o dado). O uso de SGBD permite ainda realizar, com maior facilidade, a interligação de banco de dados já existente com o sistema de Geoprocessamento

A interligação de um SGBD convencional com um SIG dá origem a um ambiente "dual": os atributos convencionais são guardados no banco de dados (na forma de tabelas) e os dados espaciais são tratados por um sistema dedicado. A conexão é feita por identificadores de objetos.

Para usar eficientemente a tecnologia de banco de dados, um sistema de geoprocessamento deve ter sido concebido e projetado para funcionar em conjunto com um SGBD. Soluções "a posteriori" são sempre insuficientes. Além disso, o BD deve ser adequado para o seu objetivo.

5. DADO E INFORMAÇÃO

Um modelo de dados deve fornecer ferramentas para descrever a organização lógica de bancos de dados, bem como definir as operações de manipulação de dados permitidas. Durante o desenvolvimento de uma aplicação específica, o processo de modelagem, quando bem conduzido, produz uma visão abstrata da realidade. Isto facilita o acesso e a reutilização

dos dados, bem como a expansão do banco de dados e a sua integração com outros criados para aplicações distintas, mas que descrevem a mesma realidade (CÂMARA et al., 1996).

A definição de dado é baseada no conjunto de valores numéricos ou não, que corresponde a descrição de fatos no mundo real. Enquanto que a definição de informação engloba um conjunto de dados que possui um determinado significado para um uso ou aplicação.

Sendo assim, os dados podem ser gráficos, espaciais ou geográficos descrevendo características geográficas da superfície, ou dados não gráficos, alfanuméricos ou descritivos que descrevem apenas os atributos das características.

DADOS ESPACIAIS

Os dados espaciais, em SIG, têm dois formatos primários (arranjo de dados para armazenamento ou apresentação): raster/matricial e vetor/vetorial (Figura 4). O formato matricial é baseado numa estrutura de grade de células, enquanto o formato vetorial é mais parecido com um mapa de linhas.

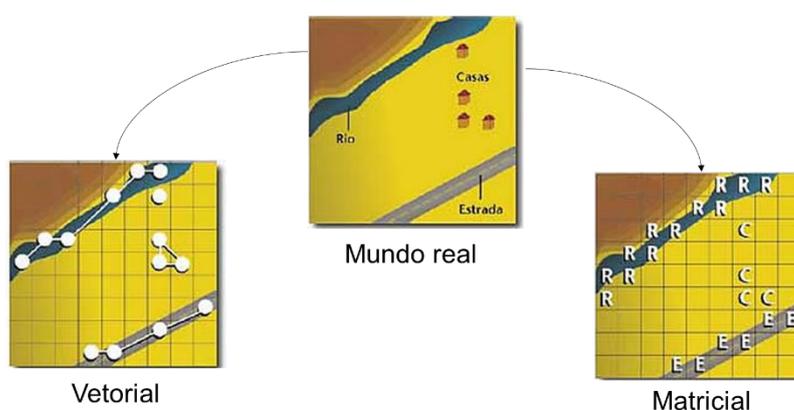


Figura 4: Representação dos dados espaciais

RASTER

Os dados em formato de raster/matricial têm uma estrutura de células de grade. A cada célula da grade uma identidade de feição única é atribuído, normalmente um número ou um rótulo textual. A célula é a unidade mínima de mapeamento, o que significa que é o menor tamanho com que qualquer feição da paisagem pode ser representada e mostrada.

Para Câmara et al. (1996) células retangulares são também chamadas de pixels, e as

operações típicas neste tipo de representação são a sobreposição de matrizes, combinando os valores das células através de funções matemáticas, ou a abstração de conjuntos de várias células adjacentes em uma única célula, cujo valor é calculado a partir dos valores das células selecionadas.

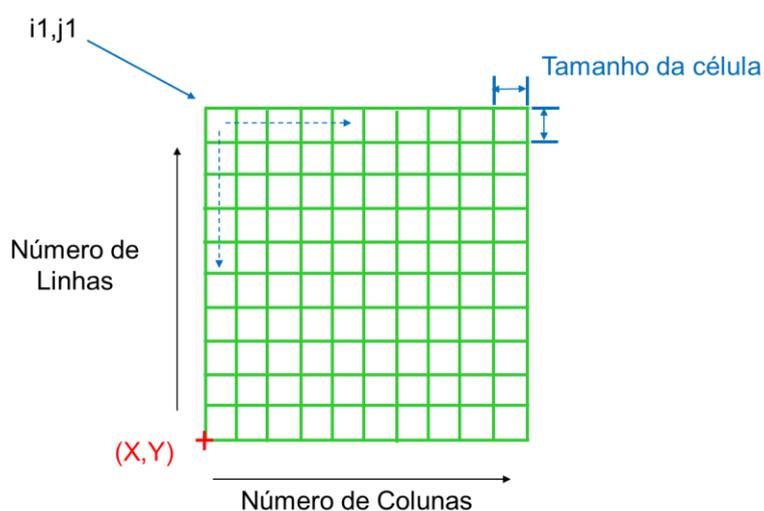


Figura 5: Raster

Ainda sobre os dados matriciais, cada pixel é associado a uma porção do terreno; sendo que o tamanho do pixel afeta propriedades de áreas, bem como o número de pixels aumenta quando há redução da dimensão do mesmo (mais memória computacional). Alguns exemplos de raster: imagens digitalizadas e georreferenciadas; imagens geradas por sensoriamento orbital e não orbital; modelos gerados por interpolação de dados geográficos.

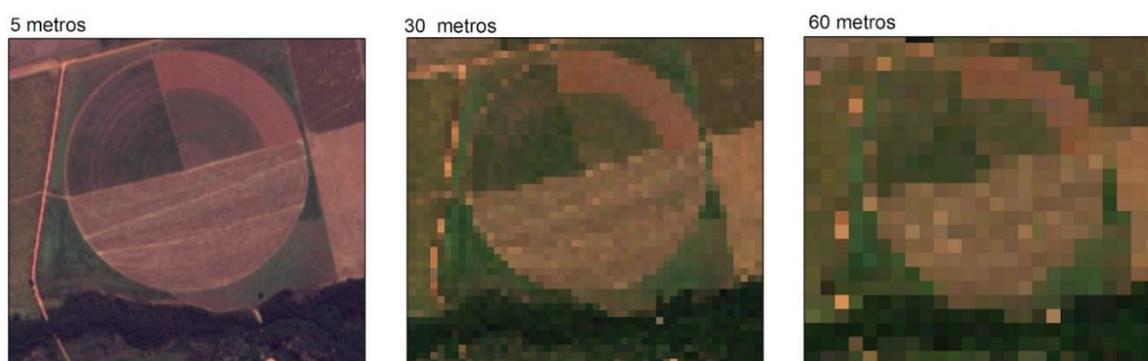


Figura 6: Mesma área representada em diferentes resoluções

Quanto as principais vantagens dos dados em formato de raster, tem-se: estrutura de dados simples; operações algébricas e de superposição são facilmente implementadas; operações de modelagem e simulação são simples, pois cada unidade espacial tem mesma

forma e tamanho; tecnologia de baixo custo e tem sido bastante desenvolvida.

Já as desvantagens: estrutura de dados ocupa muito espaço de memória; relações topológicas são difíceis de serem representadas; o uso de grandes células para reduzir o volume de dados pode resultar em perda de informação; produto final nem sempre é esteticamente agradável.

VETOR

Em relação a um objeto geográfico é tipicamente representados no formato vetorial, ou seja, sua geometria é descrita utilizando pontos, linhas e polígonos. Naturalmente, deve haver uma transformação bem definida entre o sistema de coordenadas utilizado na descrição geométrica e o sistema de coordenadas geográficas adotado. Linhas são formadas por sequências de pontos; e polígonos (abertos ou fechados) por sequências de linhas. Operações comuns neste tipo de representação são operações topológicas e métricas (CÂMARA et al., 1996).

Para os vetores em formato de linha tem-se pontos conectados com no mínimo dois pares de coordenadas X e Y; ponto inicial e final são denominados nós e os pontos intermediários vértices; representam feições lineares.

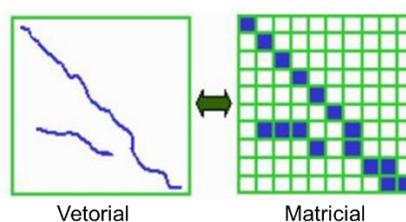


Figura 7: Vetor em linhas

No que se refere os vetores em formato de polígonos, estes são definidos por uma série de pontos com coordenadas X e Y formando linhas que fecham uma determinada área; atributos que podem ser associados aos polígonos: área, perímetro etc.

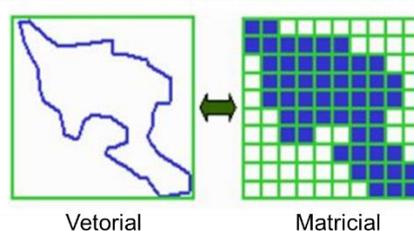


Figura 8: Vetor em polígonos

As principais vantagens dos vetores são: estrutura de dados compacta; permite codificação de topologia de forma eficaz; permite que relacionamento topológico esteja disponível com objetos; recuperação, atualização e generalização de gráficos e atributos são realizadas de forma eficiente.

Entretanto, as desvantagens compreendem a estrutura de dados complexa; operações de superposição são difíceis de serem implementadas; ineficácia na representação de regiões com alta variabilidade; operações de modelagem e simulação são difíceis devido a cada unidade espacial ter forma topológica diferente.

Por fim, o emprego de vetores pode ser encontrado em pontos, linhas e polígonos por GPS; malhas políticas (IBGE); malhas hidrográficas (ANA); limites geográficos de fazendas (CAR); dados pontuais de estações meteorológicas.

FONTE DE ERROS DOS DADOS

Durante a manipulação dos dados é necessário ter cuidado para adicioná-los em um SIG, estes cuidados englobam a utilização de fontes confiáveis; adotar sistema de referência padrão; verificar a qualidade do georreferenciamento dos dados; conhecer a precisão dos dados a serem utilizados. Tais cautelas permitem uma maior qualidade dos dados geográficos, bem como na veracidade dos resultados a serem obtidos.

6. ANÁLISE ESPACIAL

Como apresentado ao longo do material, o objetivo principal do geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais para que diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos. As principais operações em análise espacial podem ser representadas em operações lógicas, operações matemáticas, operações trigonométricas, operações estatísticas e/ou operações multivariadas.

Assim, faz-se necessário prestar atenção nos aspectos importantes dos dados geográficos; na representação das relações entre os diversos dados; visão holística e enxergar além dos meros mapas coloridos, e estabelecer uma quantificação explícita da variabilidade espacial dos fenômenos em estudo; bem como na modelagem dos dados por meio de técnicas de estatística espacial.



Figura 9: Exemplo de análise espacial

ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS NO AGRONEGÓCIO

Como sabemos, uma propriedade rural possui inúmeras características (Figura 10) com diversos atributos capazes de influenciar a produção local. Portanto, a análise espacial de dados espaciais é fundamental para conhecer as suas diversas camadas, gerenciá-las, correlacionar dados, observar se há variabilidade espacial dos fenômenos e, também, a possibilidade de gerar uma modelagem espacial para estes dados.



Figura 10: Análise de dados espaciais no agronegócio

7. APLICAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS

As geotecnologias possibilitam associar qualquer tipo de informação ao espaço geográfico. Nesse contexto, algumas das aplicações no âmbito agrícola são: planejamento agropecuário; estocagem e escoamento da produção agrícola; classificação de solos e

vegetação; adubação diferenciada. Tem-se também a possibilidade do gerenciamento de bacias hidrográficas; planejamento de barragens; cadastramento de propriedades rurais; mapeamento do uso da terra; mapas de aptidão agrícola.

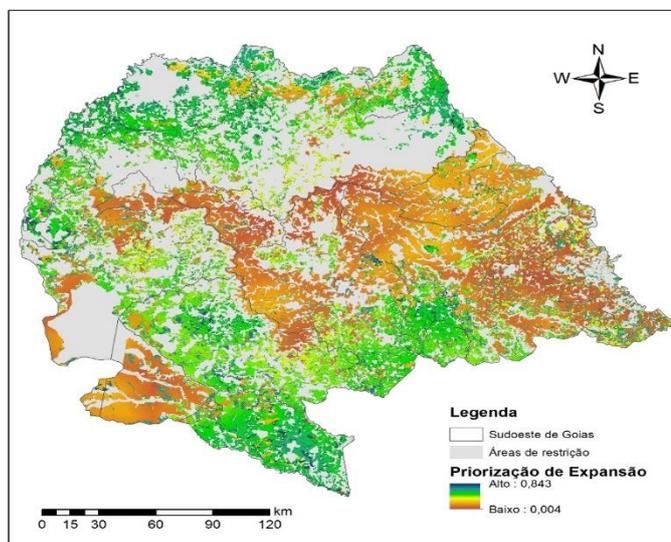


Figura 11: Mapa de aptidão agrícola: expansão do cultivo de cana-de-açúcar. Duft et al. 2019

Além disso, as geotecnologias permitem a criação de mapas de uso e cobertura do solo que possibilitam a identificação e extração com grande precisão e detalhe de objetos urbanos, edificações, árvores, terrenos abertos, eixos viários, culturas, desmatamento, avaliar mudança de uso e cobertura no geral, análises de logística etc.

8. REFERÊNCIAS

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa, WDI Publications, 1989.

CÂMARA, G. **Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

CÂMARA, G., CASANOVA, M. A., HEMERLY, A., MAGALHÃES, G. C. E MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. UNICAMP, 1996.

ROSA, R. (2011). Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, 81-90. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>.