

**AUTARQUIA EDUCACIONAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO - AESVF
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS E SOCIAIS DE PETROLINA - FACAPE
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**MAPEAMENTO DO PLANTIO DE CULTURAS NO VALE DO SÃO FRANCISCO
UTILIZANDO GEOREFERENCIAMENTO E POSTGIS**

ALTAIR OLIVEIRA DE AQUINO

Petrolina-PE

2012

ALTAIR OLIVEIRA DE AQUINO

**MAPEAMENTO DO PLANTIO DE CULTURAS NO VALE DO SÃO FRANCISCO
UTILIZANDO GEOREFERENCIAMENTO E POSTGIS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Aplicadas e Sociais de Petrolina - FACAPE
como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Profº Esp. Jean Carlos Coelho

Petrolina - PE
2012

ALTAIR OLIVEIRA DE AQUINO

**MAPEAMENTO DO PLANTIO DE CULTURAS NO VALE DO SÃO FRANCISCO
UTILIZANDO GEOREFERENCIAMENTO E POSTGIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Ciências Aplicadas e Sociais de Petrolina como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

COMISSÃO EXAMINADORA

Jean Carlos Coelho Alencar (Orientador) – IFSETE-PE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força para lutar quando era mais fácil desistir, por ter me dado disposição para enfrentar os desafios de cada dia, por ter me protegido e iluminado o meu caminho durante essa jornada e principalmente de ter me rodeado de pessoas que acreditaram em mim e que foram fundamentais para a minha vida e sucesso nesse curso.

A minha família, por me darem força a todo momento, por me incentivar a sempre buscar conhecimento. Em especial a minha esposa Irailma Gomes Aquino que sempre esteve do meu lado me incentivando para que finalizasse esse desafio.

Aos meus amigos que sempre estavam me incentivando e ajudando da maneira como podiam, em especial meu amigo Edson Fabiano passou muitas noites me ajudando e dando conselhos sobre o trabalho e sempre me apoiando apesar da nossa distância.

Ao meu orientador Jean Carlos, que como um pai, também soube me cobrar e me dar a direção a seguir para alcançar esse objetivo.

DEDICATÓRIA

Dedico esta trabalho a minha querida esposa Irailma Gomes Aquino e a minha tia Lúcia de Fátima Medeiros.

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que
você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”

Martin Luther King

RESUMO

Este trabalho apresenta um banco de dados com informações geográficas para viabilizar a análise, a pesquisa e a visualização do plantio de culturas utilizando técnicas de georreferenciamento, a partir do armazenamento de dados de propriedades rurais e seus respectivos lotes separados pelos tipos de culturas existentes. No mercado, existem diversos sistemas comerciais para solucionar este problema. Entretanto, o custo para sua aquisição e manutenção é bastante expressivo, uma vez que os usuários de tais sistemas são de pequeno a médio porte. Assim, com este trabalho o usuário terá acesso a um sistema comercial de baixo custo, utilizando ferramentas *free* e *open source* como base para sua construção, tais como o sistema gerenciador de banco de dados *PostgreSQL*, associado a sua extensão para dados espaciais conhecida como *PostGIS*, que realiza o armazenamento e manipulação de dados geoespaciais.

Palavras-Chave: georeferenciamento, banco de dados geoespaciais, sistemas de informações geográficas.

ABSTRACT

This work presents a database of geographic information to make viable the analysis, research and visualization of planting cultures using techniques of georeferencing from the data storage farms and their respective lots separated by the types of cultures. On the market, there are several commercial systems to solve this problem. However, the cost of acquisition and maintenance is very expressive, since users of such systems are small to medium sized businesses. Thus, this work you will have access to a commercial system low cost, using free and open source tools as the basis for its construction, such as the management system PostgreSQL database, associated with its extension for spatial data known as PostGIS , which performs the storage and manipulation of geospatial data.

Key-words: georeferencing, geospatial database, geographic information systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Plano cartesiano.	25
Figura 2.2 - Sistema latitude-longitude.	26
Figura 2.3 - Grade UTM.	28
Figura 2.4 - Receptor Manual GPS.	29
Figura 2.5 - Esquema GPS.	30
Figura 2.6 - Hierarquia dos tipos geográficos.	35
Figura 2.7 - Tela inicial do uDig.	41
Figura 3.1 - Diagrama das entidades do projeto.	45
Figura 3.2 - Área geográfica do trabalho.	47
Figura 3.3 - Painel do cadastro de culturas.	52
Figura 3.4 - Mapa identificando as parcelas cuja cultura é de Uva Itália.	53
Figura 3.5 - Cadastro de Propriedades Rurais(Fazendas).	53
Figura 3.6 - Mapa exibindo a propriedade e suas respectivas parcelas.	54
Figura 3.7 - Cadastro de parcelas da propriedade.	55
Figura 3.8 - Mapa exibindo a parcelas e os limites da propriedade.	56
Figura 3.9 - Gráfico de Hectares (Total X Cultivado).	56
Figura 3.10 - Mapa da Propriedade Rural com as parcelas.	57
Figura 3.11 - Tabela com as quantidades de hectares por cultura e gráfico pizza com os percentuais.	57

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Comando SQL que identifica geograficamente por meio de intersecção a quantidade de parcelas por propriedade. 48
- Quadro 2 - Comando SQL que calcula a distancia em Km da propriedade rural até o centro da cidade na qual ela está situada. 48
- Quadro 3 - Comando SQL que calcula o percentual de área plantada em relação a toda a área da propriedade. 49
- Quadro 4 - Comando SQL que realiza uma consulta para calculo da quantidade de Ha por cultura plantada por propriedade rural. 50
- Quadro 5 - Comando em linguagem SQL que realiza uma consulta para calculo da quantidade de Ha por cultura plantada, somando-se todas as parcelas de todas as propriedades da base de dados. 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Finalidade, objetivo e áreas de aplicação dos SIG.	21
Tabela 2 - Descrição da tabela cidade.	45
Tabela 3 - Descrição da tabela propriedade.	46
Tabela 4 - Descrição da tabela parcela.	46
Tabela 5 - Descrição da tabela cultura.	46
Tabela 6 – Conjunto de pontos coletados dos limites da Fazenda Velho Chico.	48
Tabela 7 – Conjunto de pontos coletados dos limites da Fazenda Nova Esperança.	
Tabela 8 – Conjunto de pontos coletados dos limites da Fazenda Tradição.	48
Tabela 9 – Conjunto de pontos GPS da parcela 01 da Fazenda Tradição.	49
Tabela 10 – Conjunto de pontos GPS da parcela 02 da Fazenda Tradição.	49
Tabela 11 – Conjunto de pontos GPS da parcela 03 da Fazenda Tradição.	49
Tabela 12 – Conjunto de pontos GPS da parcela 01 da Fazenda Velho Chico.	50
Tabela 13 – Conjunto de pontos GPS da parcela 02 da Fazenda Velho Chico.	50
Tabela 14 – Conjunto de pontos GPS da parcela 03 da Fazenda Velho Chico.	50
Tabela 15 – Conjunto de pontos GPS da parcela 01 da Fazenda Esperança.	51
Tabela 16 – Conjunto de pontos GPS da parcela 02 da Fazenda Esperança.	51
Tabela 17 – Conjunto de pontos GPS da parcela 03 da Fazenda Esperança.	51

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACID	Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade
API	Application Programming Interface – Interface de Programação Aplicada
ASP	Active Server Pages
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárias
GIS	Geographic Information System – Sistema de Informação Geográfica
GML	Geographic Markup Language – Linguagem de Marcação Geográfica
GPS	Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global
Ha	Hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JDBC	Java DataBase Connectivity – Conectividade de Banco de Dados Java
JSP	Java Server Pages
OCG	Open Geospatial Consortium – Consórcio Geo Espacial Aberto
ORM	Object Relational Mapping – Mapeamento Objeto Relacional
PHP	Hypertext Preprocessor
POO	Programação Orientada a Objeto
RCP	Rich Client Platform
SGBDOR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto Relacional
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SGR	Sistema Geodésico de Referência
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SSL	Secure Sockets Layer
SQL	Structure Query Language – Linguagem de Consulta Estruturada
SRID	Spatial Reference System Identifier
TI	Tecnologia da Informação
UTM	Universal Transverse Mercator
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WGS84	World Geodetic System
WMS	Web Map Service – Mapas de Serviço de Redes
WTP	Web Tools Platform

WKT Well-Known Text (Texto bem conhecido)

XML Extensible Markup Language – Linguagem de Marcação Extensiva

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Justificativa.....	16
1.1 Objetivos.....	16
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	16
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	16
1.3 Metodologia.....	17
1.4 Estrutura do Trabalho.....	18
2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 - Sistemas de Informação.....	18
2.1.1 - <i>Objetivos dos Sistemas de Informações</i>	19
2.1.2 - <i>Desafios dos Sistemas de Informações</i>	19
2.1.3 - <i>Sistema de Informações Geográficas SIG's</i>	20
2.1.4 - <i>Geoprocessamento</i>	21
2.2 - Sistemas de Referência Espacial.....	22
2.2.1 - <i>Sistemas de Coordenadas Planas</i>	22
2.2.2 - <i>Sistema de Referência Espacial de Latitude-Longitude</i>	24
2.2.3 - <i>Sistema de Projeção de Mapas</i>	25
2.2.4 - <i>A Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)</i>	25
2.3 - Representação de Dados Geográficos.....	29
2.4 - Banco de Dados.....	30
2.4.1 - <i>Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados - SGBDs</i>	30
2.4.2 - <i>Modelo Relacional</i>	30
2.4.3 - <i>Linguagem de Consulta Estruturada - SQL</i>	31
2.4.4 - <i>PostgreSQL</i>	31
2.4.5 - <i>Banco de Dados Geográfico</i>	32
2.5 - PostGIS.....	32
2.5.1 - <i>Tipos de dados Geométricos</i>	33
2.5.2 - <i>SRID – Spatial Reference System Identifier</i>	34
2.5.3 - <i>Funções do PostGIS</i>	34
2.6 - Banco de dados e SIG.....	38
2.7 - Consórcio Geoespacial Aberto (OGC).....	38
2.8 - Ferramentas para SIG.....	39
2.8.1 - <i>JTS</i>	39
2.8.2 - <i>GeoTools</i>	39
2.8.3 - <i>uDig</i>	39
2.9 - Região do Vale do São Francisco.....	40
2.10 - Prototipação.....	41
3. O PROJETO.....	42
3.1 - Implementação do Projeto.....	43
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÃO.....	61
4.1 - Sugestões para Trabalhos Futuros.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS.....	64
ANEXO A.....	64
ANEXO B.....	65

1. INTRODUÇÃO

Sistemas computacionais são desenvolvidos para tornar mais fácil, rápido, produtivo e eficaz, a realização de um serviço ou tarefa. Existem diversos sistemas, desde os mais simples, como os embutidos em calculadoras, até os mais complexos, como os especialistas e empresariais. Geralmente, estes são desenvolvidos de acordo com uma necessidade particular, oferecendo benefícios a quem os adquire e aos usuários. (RESENDE, 2005)

Dentre tipos de sistemas existentes, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) foram utilizados inicialmente apenas no auxílio a elaboração de mapas. Entretanto, devido ao fato de permitirem a realização de análises complexas e integrar dados de diversas fontes, estes tipos de sistemas estão sendo cada vez mais utilizados no auxílio de extração de informações e em processos de tomada de decisões (RESENDE, 2005).

Com a crescente expansão da exploração das atividades agrícolas, tem-se gerado um aumento expressivo na demanda por tecnologias. Com isso a necessidade de mapeamento, manejo e monitoramento das fazendas tem resultado na evolução tecnológica dos SIGs. O objetivo destes sistemas consiste em adquirir e gerenciar informações geográficas, como dados de recursos naturais, cultivo de plantações e criação de animais, propriedades rurais ou específicas, de maneira informatizada (CÂMARA et al, 2004).

Em particular, o Vale do Submédio São Francisco está localizado em uma zona semi-árida no nordeste brasileiro, onde se integram cerca de 900 municípios, com população de aproximadamente 17 milhões de habitantes (EMBRAPA, 2012). Este Vale tem apresentado um acelerado crescimento da produção agro-industrial irrigada e atualmente possui uma área de cerca de 100.000 Ha irrigados, entre projetos públicos e privados com potencial estimado de cerca de 200.000 Ha, que requerem estudos ambientais preventivos (EMBRAPA, 2012).

Diante do cenário apresentado, é possível verificar a necessidade de desenvolver um banco de dados com informações geográficas que permita registrar dados espaciais e realizar várias consultas para mapear os cultivos de propriedades rurais da região do vale do São Francisco, tais como: tipos de cultivo agrícola, área plantada geral, área plantada por cultura, etc.

1.1 Justificativa

Conforme informações obtidas em pesquisas sobre a região do Vale do São Francisco verifica-se uma crescente produção da agro-indústria irrigada. Diante das dimensões informadas, acredita-se que seja inviável a administração e utilização desses recursos de forma eficaz e produtiva sem o auxílio de recursos computacionais que possibilitem a análise de dados e tomada de decisões.

Com isso, o uso de tecnologia de um SIG, que emprega na maioria de suas aplicações um banco de dados para armazenamento e recuperação das informações (gerais e de geometrias espaciais), de forma a produzir mapas e analisar fenômenos específicos associados a um espaço geográfico. Portanto, com estes dados é possível auxiliar de forma decisiva na utilização dos recursos, garantindo uma melhor produtividade.

Sendo assim, o desenvolvimento de um banco de dados geográficos capaz de realizar o mapeamento do plantio de culturas do Vale do São Francisco utilizando georeferenciamento, seria um diferencial para o desenvolvimento da região.

1.1 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Através de um banco de dados com as informações geográficas da região cultivada no Vale do São Francisco, propor uma solução que permita realizar o mapeamento e a visualização das informações em forma de mapas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre técnicas de georeferenciamento com uso de softwares que permitam a manipulação de tipos de dados geográficos;
- Demonstrar a utilização de um sistema gerenciador de banco de dados que permita o armazenamento de informações geográficas do Vale do São Francisco, bem como de propriedades rurais;

- Utilizar o PostGIS como uma ferramenta de apoio ao PostgreSQL para o tratamento e armazenamento dos dados espaciais;
- Criar um banco de dados capaz de armazenar dados sobre as propriedades e culturas existentes em cada uma delas;
- Exibir através de mapas essas regiões catalogadas, fazendo um comparativo em quantidade de hectares de cada cultura plantada;

1.3 Metodologia

O trabalho será executado inicialmente com o estudo do contexto, seguido pela pesquisa bibliográfica e levantando dos fundamentos teóricos, coleta de dados de coordenadas de fazendas e parcelas para a base de dados, levantamento de requisitos e as informações disponíveis em trabalhos científicos sobre georeferenciamento para uso em sistemas de informações geográficas. O projeto também contempla o desenvolvimento de protótipo para exibir os resultados da manipulação de dados geográficos em forma de mapas e grade de dados.

Essa pesquisa trata-se de um levantamento preparado a partir de materiais já publicados, composto principalmente de livros, material disponível na *internet*, artigos de periódicos, além de produzir informações geradas a partir dos dados coletados, estas, serão apresentadas através de um protótipo funcional. Maiores detalhes das técnicas e ferramentas utilizadas serão oportunamente apresentados nos capítulos subsequentes.

O projeto será desenvolvido de acordo com as etapas a seguir:

- Análise do levantamento de entidades: Consiste em uma análise para levantamento das entidades a serem criadas no banco de dados. Nesta etapa serão levadas em consideração somente as entidades básicas para a demonstração dos relacionamentos e consultas a serem realizadas.
- Criação de um modelo de dados: Nesta etapa criaremos fisicamente o banco de dados utilizando-se do modelo objeto-relacional, para a futura população do banco e realização de consultas espaciais realizadas sobre os dados inseridos.
- Seleção da região geográfica: para coleta dos dados de pontos para criação das geometrias no banco de dados.

- Exibição dos resultados: Nesta etapa serão exibidos os resultados das consultas ao banco de dados, utilizando a linguagem SQL em conjunto com algumas funções específicas do PostGIS para tratamento de dados espaciais.
- Visualizações dos resultados: Elaboraremos algumas consultas e exibiremos os resultados através de um protótipo em forma de mapas e tabelas, inclusive a exibição de áreas das propriedades e parcelas com o uso de mapas temáticos para a visualização dos dados geográficos.

1.4 Estrutura do Trabalho

No capítulo 2 serão abordados conceitos básicos, entretanto, importantes para a melhor compreensão sobre sistemas de informações com seus desafios e objetivos, geoprocessamento, sistema de referência espacial. Abrangerá também conceitos relacionado a banco de dados, relacionando esses conceitos com banco de dados geográficos. Também serão abordados conceitos relacionados ao PostGIS e sua relação com o sistema gerenciador de banco de dados postgresQL, incluindo as principais operações realizados sobre dados geográficos.

No capítulo 3 será composto do projeto de pesquisa, que é a criação e manipulação de um banco de dados geográfico com informações de propriedades rurais da região do Vale do São Francisco, incluindo a exibição de mapas através de um protótipo funcional.

No capítulo 4 expomos a conclusão do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - Sistemas de Informação

Um sistema de informação é um conjunto integrado de recursos (humanos e tecnológicos), cujo objetivo é satisfazer adequadamente a totalidade das necessidades de informação de uma organização e os respectivos processos de negócio. Nessa definição o conceito processo de negócio pretende representar

uma sequência de atividades que processam várias entradas e produzem várias saídas que possuem objetivos e podem ser realizados por pessoas e/ou de forma automática (RESENDE, 2005).

Ao longo do tempo, o papel do *software* e dos sistemas de informação nas organizações tem evoluído de forma a posicionar-se cada vez mais como fator estratégico e competitivo, nos primórdios da computação o software era utilizado sobretudo para a resolução de problemas de cálculo relacionados com questões militares.

Os primeiros computadores com aplicações de natureza comercial eram utilizados pelas grandes organizações com o objetivo de automatizar algumas das etapas dos processos de negócio e desta forma reduzir custos (RESENDE, 2005).

2.1.1 - Objetivos dos Sistemas de Informações

Segundo RESENDE (2005), existe um conjunto de razões que levam as organizações a investir em sistemas de informação e que podemos indicar em seguida de forma reduzida:

- Reduzir custos operacionais, através de automatização e reformulação dos processos de negócio.
- Satisfazer requisitos de informação dos utilizadores.
- Contribuir para a criação de novos produtos e serviços.
- Melhorar o nível de serviços prestados aos clientes atuais e facilitar conquista de novos clientes.
- Melhorar e automatizar a relação com os parceiros de negócios.
- Melhorar o desempenho de pessoas e máquinas.

2.1.2 - Desafios dos Sistemas de Informações

Conhecer as necessidades do cliente é o ponto principal no desenvolvimento de um sistema. A partir desse conhecimento é que se pode definir uma maneira de como o sistema irá suprir. Com o levantamento dos requisitos é que se poderá ter uma noção do que o sistema deverá fazer (PRESSMAN, 2006).

O termo requisito não é utilizado pela indústria de *software* de modo consistente. Em alguns casos, um requisito é visto como uma declaração abstrata, de alto nível, de uma função que o sistema deve fornecer ou de uma restrição do sistema (SOMMERVILLE, 2003).

2.1.3 - Sistema de Informações Geográficas SIG's

Um sistema de informação geográfica é um software que nos permite fazer diversas operações com dados espaciais, como capturar, modelar, manipular, recuperar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados. Esta tecnologia traz enormes benefícios devido a sua capacidade de manipular a informação espacial de forma precisa, rápida e sofisticada (MIRANDA, 2010).

2.1.3.1 - Principais finalidades e aplicações de SIG

Os sistemas de informação geográfica (SIG) correspondem às ferramentas computacionais de geoprocessamento que permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados. (CÂMARA et al, 2004)

A análise e a saída de dados, devem ser utilizadas em estudos no quais a localização geográfica seja uma questão fundamental na análise, apresentando, assim, potencial para aplicação nas mais diversas áreas (Tabela 1).

Tabela 1 - Finalidade, objetivo e áreas de aplicação dos SIG.

Finalidade	Objetivo	Área de Aplicação
Projetos	Definição das características do projeto	Projeto de loteamentos Projeto de irrigação
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimento de normas e diretrizes de uso	Elaboração de planos de manejo de unidades de conservação Elaboração de planos diretores municipais
Modelagem	Estudo de processos e comportamento	Modelagem de processos hidrológicos
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais	Gerenciamento de serviços de utilidade pública Gerenciamento costeiro
Banco de Dados	Armazenamento e recuperação de dados	Cadastro urbano e rural
Avaliação de riscos e	Identificação de locais susceptíveis à ocorrência de	Elaboração de mapas de risco

potenciais	um determinado evento ou fenômeno	Elaboração de mapas de potencial
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo	Monitoramento da cobertura florestal Monitoramento da expansão urbana
Logístico	Identificação de pontos e rotas	Definição da melhor rota Identificação de locais para implantação de atividades econômicas

Fonte: (CÂMARA et al, 2004)

2.1.4 - Geoprocessamento

Consiste em ter informações geográficas gerenciadas de maneira informatizada. Estas informações podem ser referente aos recursos naturais, cultivo de plantações e criação de animais, propriedades rurais ou específicas, enfim a qualquer coisa localizada em algum lugar. (CÂMARA et al, 2004).

Embora o geoprocessamento passe a idéia de se relacionar apenas a espaços geográficos, ele é considerado uma tecnologia interdisciplinar, ou seja, é possível ter aplicações em diferentes áreas como: Ciências Sociais e Biologia, por exemplo. Contudo, para isso é preciso transformar, traduzir conceitos específicos em dados que possam ser representados por computador. Para traduzir estas informações, surgiu o paradigma dos quatro universos (CÂMARA et al, 2004):

- Universo do Mundo Real: o objeto a ser representado é associado a um determinado tipo de medida, as quais são divididas em quatro: nominal, ordinal, intervalo e razão. Este universo possui diferentes tipos de dados: temáticos, cadastrais, redes, modelo numéricos de terreno e imagens;
- Universo Conceitual: o espaço geográfico é dividido em modelos de campo, que representam um espaço geográfico onde existem os fenômenos a serem observados, e modelo de objetos que são as entidades identificáveis dentro deste espaço;
- Universo de Representação: são representações geométricas associada às classes do universo conceitual. Estas geometrias se dividem em Representação Vetorial e Representação Matricial, estas formas de representação estão associadas aos tipos de dados do universo do mundo

real sendo que para cada tipo de dado uma das geometrias é aplicada;

- Universo de Implementação: conhecimento de quais estruturas de dados fornece uma melhor forma de armazenamento, processamento e recuperação para as representações geométricas.

Portanto os Sistemas de Informação Geográfica são comumente usados para: produzir mapas, analisar fenômenos específicos associados a um espaço geográfico, e servir como base de dados pra armazenamento e recuperação de geometrias especiais e dados referentes a ela.

Entre as principais características que um SIG possui estão: dispor de um banco de dados próprio para gerência de dados espaciais, e suporte à realização de operações sobre estes dados.

2.2 - Sistemas de Referência Espacial

O que diferencia um SIG de outros sistemas informatizados é a sua capacidade de manusear dados espaciais, ou seja, dados que de alguma maneira estejam associados a um sistema de referencia geográfica. Quando realizamos um trabalho de campo, para a coleta de dados ambientais ou sociais, as informações coletadas devem ser referenciadas (MIRANDA, 2010).

Ainda segundo Miranda (2010), os sistemas de referência não estão restritos apenas a latitude e longitude ou *Universal Transverse Mercator* (UTM), mas existem também, os sistemas de referencias específicos, e com esse assunto, introduz-se o conceito de “Datum”. Fazendo-se alusão a vários outros sistemas de referencia existentes.

Nos próximos tópicos falaremos um pouco sobre alguns desses tipos de sistemas de referência.

2.2.1 - Sistemas de Coordenadas Planas

A localização de objetos no espaço é sem dúvida um tema desenvolvido ao longo da história da humanidade. Existem objetos com localização na superfície da Terra, que ao contrário do que chegaram a pensar povos primitivos, não é plana. Nos dias atuais, as pessoas usam mapas planos representados em folhas de papel em duas dimensões, porém não se deve esquecer que há o problema de

representação de uma superfície esférica numa superfície plana.

Portanto, é necessário que um ou mais sistemas de coordenadas que manipulem o processo de projeção esfera-plano. Esse sistema de coordenadas ou referências chama-se coordenadas planas e seu objetivo é permitir que os objetos na Terra sejam localizados o mais corretamente possível nos mapas planos. Ao trabalharmos com representação gráfica do espaço em cursos de nível básico, aprendemos a usar o sistema de coordenadas planas, esse sistema plano é conhecido como plano cartesiano (MIRANDA, 2010).

O plano cartesiano consiste em duas linhas retas (ou eixos) perpendiculares que se cruzam no ponto definido como origem de valores (0,0). O eixo horizontal é conhecido como “abscissa” e contém números igualmente espaçados começando em 0 (a origem), estendendo-se o necessário para medir distâncias em duas direções, onde esses valores são chamados de coordenadas X , que são valores positivos, se o movimento for para a direita do 0, e negativos se o movimento for para a esquerda de 0.

O segundo eixo vertical é conhecido como “ordenada” e permite um movimento vertical do mesmo ponto de origem (0) numa direção Y positiva (acima do 0) ou negativa (abaixo de 0). Juntas, as coordenadas X e Y permitem localizar qualquer objeto no espaço bidimensional pela combinação desses valores (Figura 2.1).

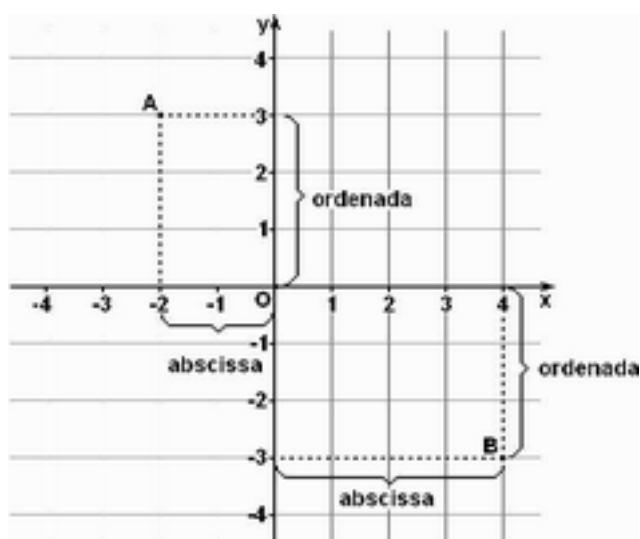


Figura 2.1 - Plano cartesiano. **Fonte:** MIRANDA, 2010.

As coordenadas planas não são usadas para mapas de pequena escala, por seu potencial para distorção. Para mapas de pequena escala devem ser feitos ajustes que compensem as distorções introduzidas durante a projeção.

2.2.2 - Sistema de Referência Espacial de Latitude-Longitude

Um sistema de coordenadas ou de referencia serve para localizar um objeto no espaço e o sistema mais comum utilizado é o sistema cartesiano. No caso da localização de objetos na superfície da terra, o sistema tem um complicador por causa da esfericidade do planeta e, nesse caso, medidas angulares são adicionadas aos elementos do sistema cartesiano (MIRANDA, 2010).

Medidas angulares usam uma escala sexagesimal, ou seja, a divisão do círculo em 360 graus, cada grau em 60 minutos e cada minuto em 60 segundos.

O planeta gira em torno de um eixo imaginário chamado de eixo de rotação, e caso esse eixo seja prolongado, passará por uma estrela conhecida como Estrela do Norte. O local na terra onde o eixo de rotação emerge é conhecido como Norte Geográfico ou Polo Norte e o ponto oposto é chamado de Sul Geográfico ou Polo Sul. Esses pontos são importantes porque o sistema de coordenadas geométricas da Terra esta baseado neles (MIRANDA, 2010).

Os valores de latitude e longitude de qualquer lugar definem as coordenadas geográficas de um ponto da Terra. Sua similaridade com o sistema de coordenadas planas cartesianas é aparente, logo, para escolher um sistema de projeção de mapas, deve-se primeiro entender o sistema de coordenadas da Terra.

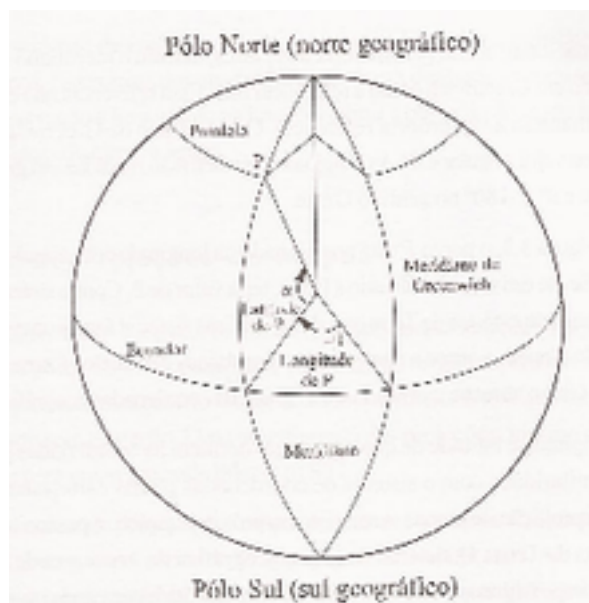


Figura 2.2 - Sistema latitude-longitude. **Fonte:** (Miranda, 2010)

2.2.3 - Sistema de Projeção de Mapas

A projeção de um mapa é aspecto relevante no mapeamento temático. As projeções são importantes para o projetista, porque servem para focalizar a atenção do leitor, para ampliar e para providenciar detalhes seletivos para a mensagem do mapa. Todo mapa temático deve ter uma projeção, embora possa ser encontrado sem projeção (MIRANDA, 2010).

Ainda segundo MIRANDA (2010), o assunto projeções de mapas é visto como responsabilidade e preocupação apenas de cartógrafos. Muitas vezes, usuários de SIG, ignoram esse importante assunto da representação espacial, porém agora o tema é visto com mais importância devido a crescente difusão do uso de SIG e com tudo que diz respeito a geoprocessamento, como agricultura de precisão, posicionamento por satélite e sensoriamento remoto por satélites.

2.2.4 - A Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)

O *Universal Transversa de Mercator* (UTM) é um sistema de coordenadas baseado no plano cartesiano (eixo x,y) e usa o metro (m) como unidade para medir distâncias e determinar a posição de um objeto. Diferentemente das Coordenadas Geográficas (ou Geodésicas), o sistema UTM não acompanha a curvatura da Terra e por isso seus pares de coordenadas também são chamados de coordenadas

planas.

Os fusos do sistema UTM indicam em que parte do globo as coordenadas obtidas se aplicam, uma vez que o mesmo par de coordenadas pode se repetir nos 60 fusos diferentes. A figura 2.3 representa o conjunto de fusos, com cada linha horizontal representando o Equador e a vertical, o Meridiano Central do Fuso UTM.

Outra característica do sistema de Mercator é que não há coordenadas negativas e apenas dois eixos: E(x) e N(y), indicando, respectivamente, longitude e latitude.

A projeção *UTM* talvez seja um dos sistemas de grade de referência mais usados, principalmente em operações de SIG.

O uso da projeção UTM em trabalhos de sensoriamento remoto e preparação de mapas topográficos é muito comum, pois permite medidas precisas usando o sistema métrico decimal, aceito por muitos países e pela comunidade científica em geral, no qual a unidade básica de medida é o metro (MIRANDA, 2010).

A projeção UTM foi criada em 1569 por Gerard Kremer, e foi estabelecida em 1936 pela União Internacional de Geodésica e Geofísica e adotada por muitas organizações de mapeamento nacionais e internacionais (MIRANDA, 2010).

A projeção UTM é uma projeção cilíndrica conforme, e com essa propriedade de conformidade, os ângulos das figuras representadas não se alteram, a forma é preservada e existe a facilidade de obtenção de medidas de distância. A grade UTM resulta do envolvimento do cilindro ao redor dos polos, em vez de ao redor do Equador (Figura 2.3).

A projeção UTM divide a Terra da latitude 84° Norte à latitude 80° Sul em colunas com largura de 6° de longitude chamadas zonas numeradas de 1 a 60 no sentido leste, começando no meridiano 180°. Cada zona por sua vez, é dividida em quadriláteros de 8° de latitude, com exceção da seção mais ao extremo Norte que tem 12°, permitindo a toda a terra no Hemisfério Norte ser coberta com a projeção.



Figura 2.3 - Grade UTM. **Fonte:** Google Earth, 2012.

Os quadriláteros numa mesma latitude são identificados por letras, começando por C (75° S a 80° S) e indo até a letra X (72° N a 84° N), sendo que as letras I e O são omitidas, com essa definição, cada quadrilátero é identificado por um número e uma letra.

Quando se faz a leitura no sistema UTM, deve-se seguir a orientação para a direita e para cima. O “zero” do sistema de referência estaria situado na zona 1 e no começo do quadrilátero C, ou seja, 80° S.

2.2.5 - Sistemas de Posicionamento Global - Global Positioning System (GPS)

O *Navigation System with Timing and Ranging (NAVSTAR)* também conhecido como *Global Positioning System (GPS)*, o sistema de posicionamento global, consiste de 24 satélites que orbitam ao redor da terra duas vezes ao dia em trajetórias muito precisas e transmitem informações de posicionamento de qualquer ponto no globo terrestre (MIRANDA, 2010).

O sistema GPS calcula posições desconhecidas na terra, mar e ar a partir de posições conhecidas desses satélites no espaço (MIRANDA, 2010).

Os objetivos originais do GPS eram (e ainda são) a determinação instantânea de navegação (posição e velocidade) de um objeto e a coordenação precisa do tempo.

A iniciativa GPS é militar, mas o congresso norte americano, atendendo a uma solicitação do presidente, liberou o uso do sistema para fins civis. A primeira aplicação do sistema GPS foi o estabelecimento de uma rede geográfica de alta precisão, onde o governo americano, por meio do seu Departamento de Defesa, encarrega-se de fazer a manutenção do sistema, também como a substituição eventual de satélites em caso de falência.

A aplicação desta tecnologia para a área de SIG é indiscutível. Muito dificilmente se trabalhará em um projeto que não se necessite coletar dados em campo. E quando se coletar dados em campo para uso no SIG, é necessário saber a localização de cada ponto do dado coletado. Em todos os casos de coleta, é necessário um equipamento de recepção GPS.

A coleta de dados via GPS se democratizou grandemente devido ao fato do usuário receber esses dados via satélite através de coletores manuais (Figura 2.4). Esses coletores definem a localização geográfica e altitude com um variado grau de precisão (MIRANDA, 2010).



Figura 2.4. Receptor Manual GPS. **Fonte:** GARMIN, 2012.

O coletor ou receptor de dados deve sintonizar pelo menos três satélites para poder fornecer a localização. Com os dados desses três satélites, a posição x , y do receptor e sua orientação z é calculada pela interseção única dos três cones cujos ápices são os satélites (Figura 2.5 a).

Para o sistema GPS calcular a posição do ponto receptor, (Figura 2.5 b), as coordenadas espaciais (p_s) relativas ao centro da Terra para cada satélite podem ser calculadas a partir das efemérides transmitidas pelo satélite de acordo com um algoritmo previamente definido.

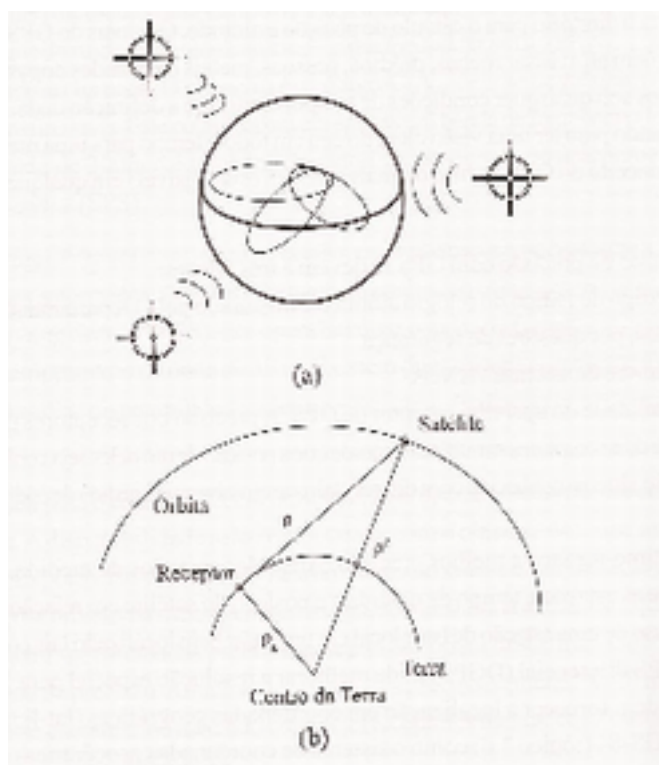


Figura 2.5. Esquema GPS. **Fonte:** (Miranda, 2010)

2.3 - Representação de Dados Geográficos

A estrutura de um banco de dados é organizada de maneira que possa mais se aproximar do mundo real, necessitando cada vez mais ter uma percepção de abstração. No entanto, os objetos e fenômenos reais são muito complexos para suas representações, e devido a isso foram surgindo vários modelos de dados para a representação de conceitos e variáveis do mundo real. Infelizmente esses modelos não poderiam ser genérico, devido o fato de cada vez mais estarem ligados às características e limitações tecnologias de cada banco de dados.

Segundo Casanova et al (2005), do ponto de vista da aplicação, o uso de um SIG implica em escolher as representações computacionais mais adequadas para capturar a semântica de seu domínio de aplicação, e do ponto de vista da tecnologia, desenvolver um SIG significa oferecer o conjunto mais amplo possível de estruturas de dados e algoritmos capazes de representar a grande diversidade de concepções do espaço.

2.4 - Banco de Dados

Banco de dados é um conjunto de dados persistentes¹ gerenciados por um SGBD que podem ser usados em aplicações pessoais com um conjunto de dados relativamente pequeno, como também em aplicações de porte multi-nacional com dados compartilhados (DATE, 2004).

2.4.1 - Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados - SGBDs

Segundo Date (2004), um sistema gerenciador de banco de dados é basicamente um sistema computadorizado feito para guardar informações e permitir ao usuário realizar certas ações com as informações arquivadas. Este sistema possui quatro importantes componentes: Dados, *Hardware*, *Software* e Usuários.

Dados podem ser integrados eliminando assim a redundância de informações e ao mesmo tempo serem compartilhados, onde diferentes usuários têm acesso às mesmas informações. Hardware é o local onde os dados são armazenados, mais precisamente nos discos rígidos e faz-se também o uso do processador e da memória do hardware para executar as atividades relacionadas ao sistema de banco de dados.

O *Software*, mais conhecido como SGDB, gerencia todas as requisições de serviço envolvendo o acesso ao banco de dados. Usuários são as pessoas que acessam e usam o sistema.

2.4.2 - Modelo Relacional

De acordo com Damas (2007), dentre os modelos existentes de banco de dados, um com origem no ano de 1970 destacou-se o Modelo Relacional. Este modelo elaborado por Codd é baseado em um ramo da matemática: a teoria dos

¹ Dados persistentes: dados que são gravados na memória permanente.

conjuntos. Sua estrutura é a relação ou tabela, as tabelas possuem linhas e colunas, onde as colunas representam os atributos e as linhas os registros.

Neste modelo a forma usada para relacionar dados comuns entre as tabelas é feito por meio de chaves.

Existem algumas regras referentes à integridade dos dados no modelo relacional são elas: Integridade de Entidade, Integridade de Domínio e Integridade Referencial. A primeira regra diz respeito à utilização de chaves primárias para evitar atributos repetidos e nulos. A segunda, diz que o campo de uma tabela deve obedecer ao tipo de dado e as restrições estabelecidas por ele. Por último, a terceira tem por objetivo manter os dados sincronizados entre as tabelas que estejam relacionadas.

Existem duas interfaces para o modelo relacional são elas: álgebra relacional e cálculo relacional. A álgebra relacional contém todas as operações que podem ser realizadas sobre a relação, tais como: seleção, projeção, junção, união, entre outros. O cálculo relacional está ligado à utilização de operadores lógicos e relacionais.

2.4.3 - Linguagem de Consulta Estruturada - SQL

A SQL que permite acesso e manipulação de bancos de dados relacionais. Por meio dela, todas as operações com banco são realizadas, por exemplo: criar e excluir tabelas, inserir, atualizar e excluir registros, estabelecer relacionamentos, consultar registros entre outros. A linguagem SQL é uma linguagem de alto nível usada em conjunto com linguagens de programação (DAMAS, 2007).

2.4.4 - PostgreSQL

Segundo Milani (2008), o PostgreSQL é um SGBD relacional de código aberto (*open source*), responsável por gerenciar todo acesso às informações no banco de dados. A origem do PostgreSQL provém de um projeto liderado por Michael Stonebraker em 1986 chamado POSTGRES.

Mas, foi apenas em 1996 que surgiu o nome que é usado atualmente. PostgreSQL é compatível com diversos sistemas operacionais e com as principais linguagens de programação utilizadas tais como: C/C++, Java/JSP, PHP, ASP, .NET entre outras.

Algumas das características do PostgreSQL são:

- SGBD Relacional com suporte à ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade);
- Replicação: oferece recursos para realizar a replicação entre servidores *Cluster*, onde é possível configurar o PostgreSQL para atuar como um *cluster* de informações;
- *Multithreads*, capaz de gerenciar várias conexões com o banco de dados de uma só vez;
- Segurança SSL (*Secure Sockets Layer*) e criptografia;
- Capacidade de armazenamento, tendo como o tamanho máximo de uma tabela ilimitado por exemplo.

2.4.5 - Banco de Dados Geográfico

Um banco de dados espacial é um banco de dados que define tipos de dados para objetos geométricos e permite que sejam armazenados dados geométricos em tabelas normais. Esse tipo de banco de dados também provê de funções específicas e índices para pesquisa e manipulação usando somente a SQL (*Structured Query Language*)(OBE; HSU, 2011).

Ainda segundo Obe e Hsu (2011), um banco de dados espacial é muitas vezes usado apenas como um recipiente de armazenamento para dados espaciais, mas pode fazer muito mais que isso. Embora um banco de dados espacial não precise ser de natureza relacional, a maior parte deles são. Um banco de dados geográfico é uma poderosa ferramenta tanto para armazenar dados, quando para a análise desses dados espaciais.

2.5 - PostGIS

Desenvolvido pela empresa *Refractions Research Inc*, o PostGIS permite o armazenamento de dados espaciais no banco de dados relacional PostgreSQL. PostGIS é uma extensão do PostgreSQL para dar suporte a dados espaciais, cujo código é aberto (*open source*) e foi criado para dar suporte as importantes funções do Sistema de Informação Geográfica (GIS) (OBE; HSU, 2011).

De acordo com *Refractions Research, INC* (2012), o PostGIS é uma extensão ao sistema de banco de dados objeto-relacional PostgreSQL, que permite o uso de objetos geográficos serem armazenados e/ou recuperados em banco de dados segundo a especificação SFS (*Simple Features Specification*) do consórcio internacional OGC (*Open Geospatial Consortium*). O PostGIS também inclui suporte para índices *GiST-based*, índices espaciais *R-Tree*, e um conjunto de funções para análise básica e processamento de objetos no formato geográfico (OBE; HSU, 2011).

O PostGIS implementa ao PostgreSQL a capacidade de criar atributos do tipo geometria (*geometry*). Nestes atributos podem ser armazenados dados do tipo PONTO, MULTIPONTO, LINHA, MULTILINHA, POLÍGONO, MULTIPOLÍGONO, ARCO, dentro outros, como demonstrado na próxima seção.

2.5.1 - Tipos de dados Geométricos

Os tipos geométricos fornecem um suporte nativo para dados com características espaciais representados em coordenadas geográficas, chamadas também de coordenadas geográficas ou latitude/longitude, representando um ponto no sistema de referência espacial, servindo como base para os outros tipos de dados geométricos. Coordenadas geográficas são coordenadas esféricas expressas em unidades angulares denominadas graus (POSTGIS, 2012).

A base para um tipo geométrico do PostGIS é um plano e o caminho mais curto entre dois pontos no plano, que neste caso é uma reta.

Geometry Hierarchy

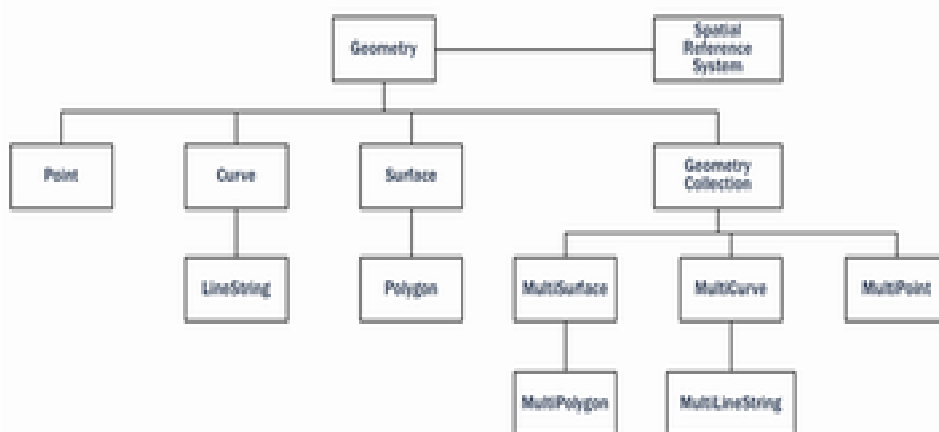


Figura 2.6. Hierarquia dos tipos geográficos. **Fonte:** (OPENGEO, 2012)

2.5.2 – SRID – Spatial Reference System Identifier

SRID representa o identificador do sistema de referência espacial e referencia a chave primária da tabela `spatial_ref_sys` do PostGIS. O PostGIS usa essa tabela para catalogar todos os sistemas de referência espaciais disponíveis no banco de dados. A tabela `spatial_ref_sys` contém o nome do sistema de referência espacial juntamente com os parâmetros necessários para a projeção é um outro sistema, e pelo qual a autoridade do sistema tiver sido definida (OBE; HSU, 2011).

2.5.3 - Funções do PostGIS

Algumas funções utilizadas pelo PostGIS para trabalhar com dados geográficos serão citadas a seguir.

2.5.3.1 - Funções de gerenciamento

- ***AddGeometryColumn(<schema_name>, <table_name>, <column_name>, <srid>, <type>, <dimension>)***: Acrescenta uma coluna geométrica a uma tabela existente de atributos. O `srid` deve ser uma referência de valor inteiro a uma entrada na tabela `SPATIAL_REF_SYS`. O `type` deve ser uma string maiúscula que corresponde ao tipo de geometria, ex: 'POLÍGONO' ou 'MULTILINESTRING' e o `dimension` representa a quantidade de dimensões (pontos de coordenadas) da geometria.
- ***DropGeometryColumn(<schema_name>, <table_name>, <column_name>)***: Remove uma coluna geométrica de uma tabela espacial.
- ***SetSRID(geometry)***: Atribui o SRID a uma geometria passada no parâmetro.

2.5.3.2 - Funções de relacionamento de Geometria

As Funções apresentadas nesse tópico são funções utilizadas em consultas ao banco de dados com tipo de dados geográficos (POSTGIS, 2012). Essas funções servem especificamente para medir distâncias, verificar igualdades, verificar intersecções além de vários outros cálculos envolvendo geometrias.

- ***Distance(geometry, geometry)***: Retorna a distância cartesiana entre duas geometrias em unidades projetadas;

- *Equals(geometry, geometry)*: Retorna (VERDADEIRO) se as geometrias são iguais espacialmente a uma outra;
- *Disjoint(geometry, geometry)*: Retorna (VERDADEIRO) se as geometrias são espacialmente disjuntas;
- *Intersects(geometry, geometry)*: Retorna (VERDADEIRO) se as geometrias se intersectam espacialmente;
- *Touches(geometry, geometry)*: Retorna (VERDADEIRO) se esta geometria se toca espacialmente com a outra geometria;
- *Crosses(geometry, geometry)*: Retorna (VERDADEIRO) se as geometrias se cruzam espacialmente;
- *Within(geometry A, geometry B)*: Retorna (VERDADEIRO) se a geometria A está dentro da geometria B;
- *Overlaps(geometry, geometry)*: Retorna (VERDADEIRO) se a primeira geometria "spatially overlaps" (sobrepõe espacialmente) a outra geometria;
- *Contains(geometry A, geometry B)*: Retorna (VERDADEIRO) se a geometria A contém espacialmente a geometria B;
- *Relate(geometry, geometry, intersectionPatternMatrix)*: Retorna (VERDADEIRO) se esta geometria é espacialmente relacionada a outra geometria, testando intersecção entre o interior, o limite e o exterior de duas geometrias como especificado pelos valores em uma *intersectionPatternMatrix*.

2.5.3.3 - Funções de processamento de Geometria

As funções apresentadas nesse tópico, são funções que retornam algum valor referente a uma operação efetuada sobre um objeto armazenado no banco de dados com características geométricas (POSTGIS, 2012).

- *Centroid(geometry)*: Retorna o identificador de centro da geometria como um ponto;
- *Area(geometry)*: Retorna a área da geometria, se é um polígono ou multi-polígono;
- *Length(geometry)*: Retorna o comprimento desta curva em sua referência espacial associada.

- *PointOnSurface(geometry)*: Retorna um ponto garantindo estar na superfície;
- *Boundary(geometry)*: Retorna o fechamento do limite combinatorial desta geometria;
- *ConvexHull(geometry)*: Retorna uma geometria que representa a casca convexa desta geometria;
- *MemGeomUnion(geometry set)*: Retorna a união de um conjunto de geometrias, só que usa menos memória e mais tempo de processamento;

2.5.3.4 - Funções de Conversão de dados espaciais

As funções apresentadas neste tópico, realizam algumas conversões que são úteis para a realização de diversos cálculos envolvendo geometrias.

- *AsText(geometry)*: Retorna a representação de *Well-Known Text* (WKT) da geometria. Por exemplo: *POLYGON(0 0, 0 1, 1 1, 1 0, 0 0)*;
- *GeomFromText(text WKT)*: Constrói um objeto PostGIS do tipo Geometry com base em uma representação de WKT.
- *AsBinary(geometry)*: Retorna a geometria no formato OGC "*well-known-binary*", usando a codificação endian do usuário em que o banco de dados está funcionando. É utilizado em cursores binários para extrair dados do banco de dados sem convertê-la a uma representação string;
- *SRID(geometry)*: Retorna o número do SRID do sistema de referência espacial da geometria;
- *Dimension(geometry)*: A dimensão inerente deste objeto de geometria, que deve ser menor ou igual à dimensão coordenada. OGC SPEC s2.1.1.1 - retorna 0 para pontos, 1 para linhas, 2 para polígonos, e a maior dimensão dos componentes de um *GEOMETRYCOLLECTION*;
- *Envelope(geometry)*: Retorna um polígono representando a caixa delimitada da geometria;
- *IsEmpty(geometry)*: Retorna 1 (VERDADEIRO) se esta geometria é a geometria vazia. Se for verdade, então esta geometria representa o conjunto de ponto vazio-ex.: *GEOMETRYCOLLECTION (EMPTY)*;

- *IsSimple(geometry)*: Retorna (VERDADEIRO) se esta geometria não tem nenhum ponto geométrico anômalo, como intersecção própria ou tangência própria;
- *IsClosed(geometry)*: Retornos verdadeiros se o começo de geometria e pontos finais são coincidentes (no caso de polígonos isso acontece);
- *IsRing(geometry)*: Retorna 1 (VERDADEIRO) se esta curva está fechada (*StartPoint()* = *EndPoint()*) e esta Curva é simples (não atravessa o mesmo ponto mais de uma vez);
- *NumGeometries(geometry)*: Se geometria é um *GEOMETRYCOLLECTION* (ou *MULTI **) retorna o número de geometrias. Caso contrário, retorna NULO;
- *GeometryN(geometry,int)*: Retorna a enésima geometria se a geometria é uma *GEOMETRYCOLLECTION*, *MULTIPOINT*, *MULTILINESTRING* ou *MULTIPOLYGON*. Caso contrário, retorna NULO;
- *NumPoints(geometry)*: Encontra e Retorna o número de pontos na primeira linha na geometria. Retorna NULO se não há nenhuma linha na geometria;
- *PointN(geometry,integer)*: Retorna o enésimo ponto na primeira linha na geometria. Retorna NULO se não há nenhuma linha na geometria;
- *ExteriorRing(geometry)*: Retorna o anel exterior do primeiro polígono na geometria. Retorna NULO se não há nenhum polígono na geometria;
- *NumInteriorRings(geometry)*: Retorna o número de anéis interiores do primeiro polígono na geometria. Retorna NULO se não há nenhum polígono na geometria;
- *InteriorRingN(geometry, integer)*: Retorna o enésimo anel interior do polígono na geometria. Retorna NULO se não há nenhum polígono na geometria ou o N dado é fora da escala(1 baseado);
- *GeometryType(geometry)*: Retorna o tipo da geometria como uma string. Exemplo: ' *LINESTRING* ', ' *POLYGON* ', ' *POINT* ', etc;
- *X(geometry)*: Encontra e retorna a coordenada de X do primeiro ponto na geometria. Retorna NULO se não há nenhum ponto na geometria;
- *Y(geometry)*: Encontra e retorna a coordenada de Y do primeiro ponto na geometria. Retorna NULO se não há nenhum ponto na geometria;
- *Z(geometry)*: Encontra e retorna a coordenada de Z do primeiro ponto na geometria. Retorna NULO se não há nenhum ponto na geometria.

2.6 - Banco de dados e SIG

Difícilmente desenvolve-se aplicações que não considere uma interação com banco de dados. Por exemplo, desenvolve-se um aplicativo que armazena mapas sobre propriedades rurais e suas parcelas ligadas a um banco de dados contendo os atributos das propriedades rurais e suas parcelas, com isso o usuário acessa o mapa da propriedade, escolhe uma parcela, e pode ficar sabendo quem é o proprietário, o tamanho da parcela, qual a cultura plantada naquela parcela, entre outras informações.

Uma consulta ao banco de dados poderia solicitar uma amostra das parcelas com o plantio de mangas, esse processo geralmente requer que o desenvolvedor crie código que leia as informações fornecidas pela aplicação e envie uma solicitação ao banco de dados, formate e exiba os dados ao usuário.

2.7 - Consórcio Geoespacial Aberto (OGC)

O OGC (*Open Geospatial Consortium*) é um consórcio internacional de indústrias que visa o desenvolvimento de padrões de interface para uso público. OpenGis é a marca registrada da OGC, é o nome usado em todos os documentos e padrões produzidos pela OGC (OPENGEO, 2012).

Os padrões e especificações da OGC são documentos técnicos que os desenvolvedores de software utilizam para construir seus produtos. Entre as especificações existentes, algumas se relacionam com o GeoServer são elas: WFS (*Web Feature Service*), WCS (*Web Coverage Service*) e WMS (*Web Map Service*).

A WFS permite ao cliente atualizar e recuperar dados espaciais codificados em GML (*Geography Markup Language*). Existem alguns requisitos que uma WFS deve seguir como, por exemplo, possuir uma interface definida em XML, e dispor recursos em GML (OPENGEO, 2012).

A WCS provê acesso a um conjunto de informações espaciais altamente detalhadas, disponíveis por meio da WWW como “coverages”.

A WMS é responsável pela produção de mapas dinâmicos de dados espaciais. Possui operações para a busca de metadados relacionados ao serviço, a devolução de um mapa com posições geográficas bem definidas, e retornar informações sobre algumas características relacionadas ao mapa (OPENGEO, 2007).

2.8 - Ferramentas para SIG

2.8.1 - JTS

Java Topology Suite é a principal biblioteca de aplicações SIG em Java. Ela possui a programação Java da *Simple Features Specification* do OpenGIS e, em particular, as funções descritas na *Simple Features for SQL Specification*.

Um ponto forte dessa biblioteca é sua programação robusta dessas funções, sendo a escolha certa para se programar em Java uma aplicação SIG (VIVIDSOLUTIONS, 2012).

2.8.2 - GeoTools

É um conjunto de ferramentas para o desenvolvimento de aplicações personalizadas de SIG em Java. Possui uma arquitetura modular, permitindo inclusão/remoção de funcionalidades extras facilmente. Essa ferramenta possui uma API própria que permite a leitura de vários formatos de arquivos matriciais ou vetoriais, além de permitir ligação com o PostGIS (GEOTOOLS, 2012).

2.8.3 - uDig

User-friendly Desktop Internet GIS (UDIG) é um projeto que se utiliza do GeoTools e conta com um editor capaz de interagir com fontes de dados locais, de rede e da internet. Seu principal objetivo é permitir o uso de tecnologias de mapeamento pela *internet*, como o WFS e WMS, para usuários de microcomputares. uDig é um *framework* de aplicações *desktop* de código aberto, desenvolvido sobre a plataforma do Eclipse RCP (UDIG, 2012), tendo como algumas das características principais:

- Pode ser usado como uma aplicação autônoma;
- Pode ser estendido com Eclipse RCP "plug-ins";

- Pode ser usado como um plug-in em um aplicativo existente na plataforma Eclipse RCP.

O objetivo principal do uDig é fornecer uma solução completa em Java para GIS *desktop*, fornecendo acesso a dados, edição e visualização, com isso o uDig pretender ser:

- Amigável do usuário, proporcionando um ambiente familiar gráfica para usuários de GIS;
- Aplicação *desktop*, rodando como um cliente leve, nativamente no Windows, Mac OS / X e Linux;
- Orientado a internet, consumindo padrões (WMS, WFS, WCS) como também (GeoRSS, KML, tiles) geoespacial web serviços; e,
- Aplicação SIG pronta, fornecendo a estrutura em que as capacidades analíticas e complexas podem ser construídas e, gradualmente, subsumir esses recursos para a aplicação principal.

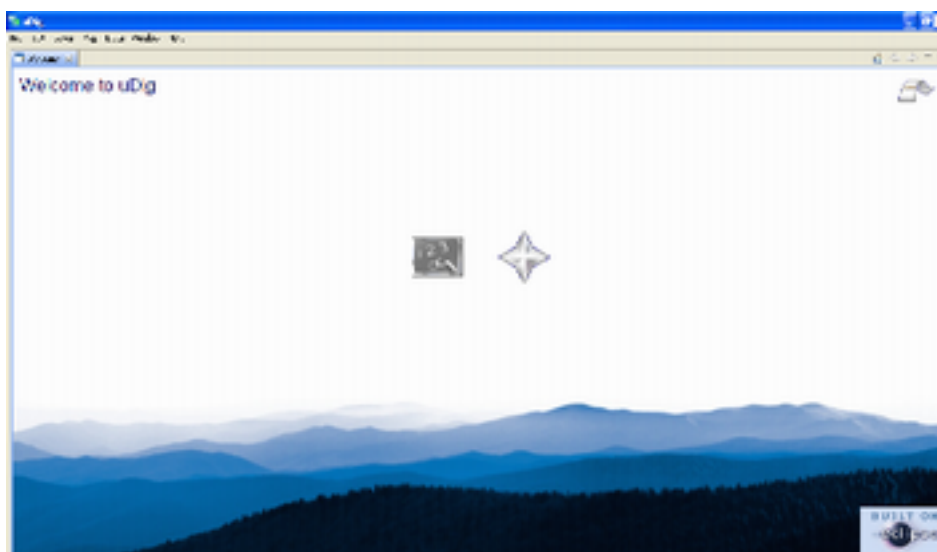


Figura 2.7 - Tela inicial do uDig. **Fonte:** UDIG, 2012.

2.9 - Região do Vale do São Francisco

O Vale do São Francisco está inserida em sua maior parte no nordeste brasileiro, porém este estudo contempla apenas os municípios de Juazeiro no Estado da Bahia e Petrolina no Estado de Pernambuco.

Com o acelerado crescimento de produção agro-industrial irrigada e atualmente há uma área de cerca de 100.000 Ha irrigado, e apresentando as seguintes características geoambientais: pluviosidade baixa e irregular, em torno de 750mm/ano, concentrada num período de 3 a 5 meses. Ocorrem períodos agudos de estiagem, quando a precipitação pluviométrica cai para cerca de 450-500 mm/ano (EMBRAPA, 2012).

As temperaturas são altas, com taxas elevadas de vapotranspiração e balanço hídrico e negativo durante parte do ano. A insolação é muito forte, 2800 horas/ano, e está aliada à baixa umidade relativa.

Os solos da região são oriundos de rochas cristalinas, predominantemente rasos, pouco permeáveis, sujeitos a erosão de razoável fertilidade natural. Predomina vegetação de caatinga, que abrange cerca de 1,0 milhão de km² e com sucessão indicativa de processo de degradação ambiental. A zona definida como semi-árida, divide-se em áreas naturais chamadas de: caatinga, sertão, seridó, carrasco, cariris velhos, curimataú e a parte norte do Estado de Minas Gerais (EMBRAPA, 2012).

No Pólo Agro-industrial de Petrolina-Juazeiro encontram-se os maiores produtores de manga e uva do país, tendo alguns deles já alcançado mercados externos. A área plantada com uva de mesa cresceu no período de 1991/1995 em 71,8% ampliando sua área de 2.620 hectares para cerca de 4.500 hectares, enquanto a produção cresceu no mesmo período em cerca de 344%, correspondendo ao montante de 32 mil toneladas a região cresceu de 1.050 toneladas, para cerca de 12.500 toneladas. Nesse mesmo período a exportação dessa cifras geram na região cerca de 18.000 empregos diretos (EMBRAPA, 2012).

2.10 - Prototipação

A prototipação é a técnica de criar um modelo generalizado do projeto para que este seja validado pelo cliente de uma forma mais fácil, onde o cliente e o desenvolvedor visualizarão de forma mais clara todos os requisitos da aplicação e como ele se comportara no sistema o qual estará submerso.

Muitas vezes o cliente pode objetivar os requisitos sem identificar claramente dados de entradas ou processamentos de saída, outrora o próprio desenvolvedor

não entendeu os requisitos da forma que o cliente passou ou mesmo este pode não ter interpretado corretamente como a interface homem-máquina seria implementada, nessa e em muitas outras situações a prototipação pode ser a melhor abordagem. (PRESSMAN, 2006).

O processo de Prototipação permite ao desenvolvedor criar um modelo do *software* que será implementado, podendo acontecer de três formas: Protótipo de papel ou com o auxílio de um Computador retratando a interação homem-máquina de uma forma que mostra ao usuário como a interação ocorrerá, um protótipo já com algumas funções do programa e um programa similar já existente com algumas funções dos requisitos e com outras que serão melhoradas (PRESSMAN, 2006).

3. O PROJETO

A região do vale do São Francisco, mais precisamente no polo agro-industrial Juazeiro da Bahia e Petrolina tem se destacado nos últimos anos pelo seu potencial na produção de frutas com a apoio da irrigação, totalizando mais de 100.000 Ha de área irrigada com maior predominância no plantio de uva e manga, sendo a manga a maior fatia do plantio com cerca de 22.000 Ha, tendo essa cultura um bom potencial para exportação de 12.500 toneladas, gerando cerca de 16.000 empregos diretos.

Diante desse cenário percebemos que o papel do *software* e dos sistemas de informação nessas agro-indústrias é imprescindível para torná-las mais competitivas tanto no mercado interno como também no mercado externo. O uso do GPS no campo tem mostrado resultados satisfatórios quando utilizado da maneira correta, visando um melhor manejo das culturas plantadas. Esta técnica é uma das formas de se realizar o georreferenciamento, sendo em muitos casos a mais eficiente. Em geral, além de mapear também existem outras diversas possibilidades de emprego desta tecnologia, estando diretamente ligadas ao conceito de agricultura de precisão.

Este projeto visa demonstrar desde a elaboração de um banco de dados onde podem ser inseridas informações geográficas, até a sua manipulação e exibição através de mapas e gráficos em um protótipo. Para isso serão aplicados os conceitos de banco de dados geográficos, georeferenciamento e sistemas de referencias que foram estudados, demonstrando o uso de ferramentas e técnicas

utilizadas para a obtenção dos resultados.

3.1 - Implementação do Projeto

1ª) Definição do escopo do Projeto. Baseado em uma propriedade rural de médio porte da região do vale do São Francisco, considerou-se apenas algumas variáveis que envolvem seu sistema físico, focando naquelas que nos permitem realizar consultas de relacionamento e cálculo de áreas de propriedades e parcelas, bem como estimar a quantidade ideal de plantas de acordo com a cultura plantada em cada parcela, tendo como base a quantidade de hectares de cada uma.

Portanto foram definidas as entidades:

- Propriedade Rural: Numa Propriedade Rural (PR) pode se cultivar diversas espécies de varias áreas de cultivo diferente.
- Parcela: é uma área delimitada da PR destinada ao cultivo de uma mesma cultura.
- Cultura: é o tipo de plantação.
- Cidade: município do registro da propriedade.

2ª) Criação de um modelo de dados objeto-relacional, para a implementação de um banco de dados relacional, e consultas espaciais realizadas sobre os dados inseridos no banco:

Definir as informações essenciais para cada entidade:

- Propriedade Rural: Nome, conjunto de coordenadas geográficas que delimitam a sua área, cidade a qual a propriedade esta registrada.
- Parcela: cultura plantada, código identificador, conjunto de coordenadas que delimitam a sua área, além também da propriedade que ela esta inserida.
- Cultura: Nome e cor para exibição no mapa.
- Cidade: Nome e par de coordenadas que indicam o ponto no centro da cidade.

Com as entidades acima chegamos ao seguinte diagrama de entidade relacionamento.

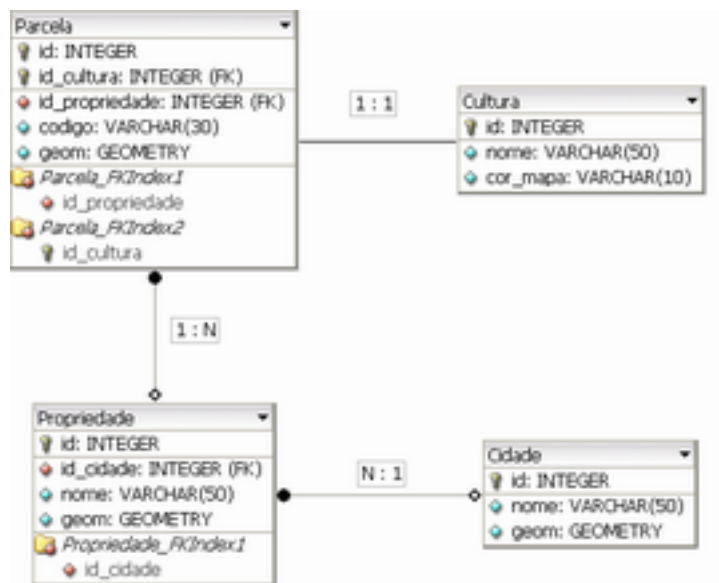


Figura 3.1 - Diagrama das entidades do projeto. Fonte: O autor.

3ª etapa) Criação do banco de dados no SGBD PostgreSQL e adição da extensão PostGIS para dar suporte a dados de tipos geométricos.

Foram criadas as seguintes tabelas para o projeto do banco de dados: cidade (Tabela 1), propriedade (Tabela 2), parcela (Tabela 3), cultura (Tabela 4).

Tabela: Cidade

Descrição: Tabela de cidades

Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
Id	Inteiro		id da cidade
Nome	Caracter	50	nome da cidade
the_geom	Geométrico		geométrico da cidade

Tabela 2 - Descrição da tabela cidade. Fonte: O autor.

Tabela: Propriedade Rural

Descrição: Tabela de propriedades rurais

Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
Id	Inteiro		id da propriedade
Nome	Caracter	50	nome da propriedade
id_cidade	Inteiro		id da cidade

the_geom	Geométrico		Geométrico da propriedade
----------	------------	--	---------------------------

Tabela 3 - Descrição da tabela propriedade. Fonte: O autor.

Tabela: Parcela

Descrição: Tabela de parcelas da propriedade

Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
Id	Inteiro		id da parcela
Codigo	Caracter	30	código do lote
id_propriedade	Inteiro		id da propriedade
id_cultura	Inteiro		id da cultura
the_geom	Geométrico		geométrico da parcela

Tabela 4 - Descrição da tabela parcela. Fonte: O autor.

Tabela: Cultura

Descrição: Tabela de culturas plantadas no Vale do São Francisco.

Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
Id	Inteiro		Id da cultura
Nome	Caracter	50	nome da cultura
cor_mapa	Caracter	10	cor em hexa para mapa

Tabela 5 - Descrição da tabela cultura. Fonte: O autor.

Após a criação das tabelas (ver ANEXO A), pode-se inserir os dados usando o comando SQL INSERT. Para isso, foi usada a representação textual das geometrias em conjunto com a função GeometryFromText, que recebe valores na especificação WKT e o sistema de coordenadas (SRID), gerando o objeto geográfico para armazenamento (ver ANEXO B).

4ª) Selecionar a região geográfica para levantamento dos dados. A região escolhida foi a exibida na imagem abaixo:



Figura 3.2 - Área geográfica do trabalho. Fonte: Google Maps, 2012.

A figura 3.2 exibe a área geográfica que serviu de base para a identificação no levantamento de pontos para cadastro no banco de dados de propriedades e parcelas (ver ANEXO B).

A coleta dos pontos foi realizada através da visualização das coordenadas pelo mapa da ferramenta *Google Earth*² com o auxílio da função adicionar marcador e anotando as coordenadas de latitude e longitude.

Veja abaixo tabelas que informam os pontos coletados de cada propriedade e suas respectivas parcelas:

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3720092773438, -9.31068969920927
2	-40.3703784942627, -9.31276484099605
3	-40.3725242614746, -9.31416237851973
4	-40.380334854126, -9.31145199762413

² **Google Earth** é um programa de computador desenvolvido e distribuído pela Google cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite obtidas de fontes diversas, imagens aéreas e GIS 3D.

5	-40.3826951980591, -9.30960977360854
6	-40.3837251663208, -9.30842396910547
7	-40.3826308250427, -9.30757696342617
8	-40.3832530975342, -9.30689935740517
9	-40.3818583488464, -9.30560766728989
10	-40.380871295929, -9.30450655063723
11	-40.3781890869141, -9.30238900886861
12	-40.3704857826233, -9.30905922201811

Tabela 6 – Conjunto de pontos coletados dos limites da Fazenda Velho Chico. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3616881370544, -9.33304976118426
2	-40.3619027137756, -9.3334097125833
3	-40.3592848777771, -9.33442604393903
4	-40.3599071502686, -9.33609874950983
5	-40.3622674942017, -9.33698803274721
6	-40.3635549545288, -9.3362681369681
7	-40.3711080551147, -9.33880893896167
8	-40.3742837905884, -9.3386395527385
9	-40.3755283355713, -9.33643752434403
10	-40.3764724731445, -9.33254159387058
11	-40.3772664070129, -9.33158877816106
12	-40.3773307800293, -9.32775631534504
13	-40.3780603408813, -9.32604122166125
14	-40.3772020339966, -9.32413555212422
15	-40.3754854202271, -9.32379676533918
16	-40.3745198249817, -9.3251942587075
17	-40.3726315498352, -9.32527895509539
18	-40.3708076477051, -9.32396615877281
19	-40.3680610656738, -9.32208165219303
20	-40.3655290603638, -9.32517308460731
21	-40.3651857376099, -9.32614709188591
22	-40.3651857376099, -9.32737518414401

Tabela 7 – Conjunto de pontos coletados dos limites da Fazenda Nova Esperança.

Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.377631187439 -9.32826448963198
2	-40.3763008117676 -9.33326149734636
3	-40.3756141662598 -9.33669160525356

4	-40.3836822509766 -9.34719345404995
5	-40.3876304626465 -9.34477975070273
6	-40.386815071106 -9.33969821528216
7	-40.3888320922852 -9.33927475065073
8	-40.3873300552368 -9.33436252331611
9	-40.3880167007446 -9.32881501094066
10	-40.3869438171387 -9.32500369175957
11	-40.3862571716309 -9.32470725407814
12	-40.3870296478271 -9.31996421693106
13	-40.3862571716309 -9.31977364712752
14	-40.3837895393372 -9.3225051377041
15	-40.3836178779602 -9.32402968128922
16	-40.3818798065186 -9.32360619762807
17	-40.3782320022583 -9.32534247737282

Tabela 8 – Conjunto de pontos coletados dos limites da Fazenda Tradição. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3775990009308 -9.32990546404457
2	-40.3795838356018 -9.33017013661382
3	-40.3799003362656 -9.32789923943806
4	-40.3779745101929 -9.32761339119345

Tabela 9 – Conjunto de pontos GPS da parcela 01 da Fazenda Tradição. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3828561306 -9.33439957701422
2	-40.3831940889359 -9.33211282712352
3	-40.3815311193466 -9.33187462314732
4	-40.3812146186829 -9.33414020104473

Tabela 10 – Conjunto de pontos GPS da parcela 02 da Fazenda Tradição. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3831887245178 -9.3320651863413
2	-40.3849053382874 -9.33235103093698
3	-40.3852486610413 -9.33001133309637
4	-40.3835535049438 -9.32978900805045

Tabela 11 – Conjunto de pontos GPS da parcela 03 da Fazenda Tradição. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3773200511932 -9.30905922201811

2	-40.3791654109955 -9.31046736185837
3	-40.3805923461914 -9.30920744753161
4	-40.3787040710449 -9.30782047776916

Tabela 12 – Conjunto de pontos GPS da parcela 01 da Fazenda Velho Chico. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3739726543427 -9.31212959481912
2	-40.3770518302917 -9.30951448589533
3	-40.3751957416534 -9.30810634221623
4	-40.3720951080322 -9.31075322414068

Tabela 13 – Conjunto de pontos GPS da parcela 02 da Fazenda Velho Chico. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3734791278839 -9.30642291488531
2	-40.3753352165222 -9.30770401440889
3	-40.376740694046 -9.3064440901222
4	-40.3749060630798 -9.30512063535193

Tabela 14 – Conjunto de pontos GPS da parcela 03 da Fazenda Velho Chico. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3710544109344 -9.33081064340017
2	-40.3726959228516 -9.3320122521312
3	-40.3739297389984 -9.33028659248066
4	-40.3722882270813 -9.32912732552757

Tabela 15 – Conjunto de pontos GPS da parcela 01 da Fazenda Esperança. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.3761184215546 -9.3289420541962
2	-40.3774675726891 -9.32722431959523
3	-40.3757858276367 -9.32608356975497
4	-40.3744983673096 -9.32777748928845

Tabela 16 – Conjunto de pontos GPS da parcela 02 da Fazenda Esperança. Fonte: O autor.

Número do Ponto	Coordenada GPS (Longitude, Latitude)
1	-40.367004275322 -9.32627413611309
2	-40.3683507442474 -9.32725872730509
3	-40.3688657283783 -9.32659174647864
4	-40.3694826364517 -9.32704698749833

5	-40.3703194856644 -9.32595652545839
6	-40.3682863712311 -9.32451139332903

Tabela 17 – Conjunto de pontos GPS da parcela 03 da Fazenda Esperança. Fonte: O autor.

Após o levantamento dos pontos, os mesmos foram inseridos na base de dados utilizando o comando SQL INSERT (ver anexo B), para a formação das geometrias que delimita o território da propriedade e também de suas parcelas.

No comando SQL para formação da geometria do tipo polígono a primeira coordenada é igual a última devido a necessidade de fechamento deste tipo de geometria.

5ª) Realização de consultas ao banco de dados, utilizando funções específicas do PostGIS para dados espaciais. Para uma maior acurácia dos resultados, os tipos geométricos foram transformados para o SRID (*Spatial Reference System Identifier*) 900013 utilizando-se para isto da função *st_transform*, que este SRID é usado inclusive pelo google para cálculo de distancias e áreas em rotas e polígonos.

Consulta 1 - Identificar geograficamente (por meio de cálculo de intersecção) a quantidade de parcelas por propriedade:

Comando SQL:

```
SELECT pr.nome as propriedade, count(p.id) as qtd_parcelas
FROM propriedade_rural pr, parcela p
WHERE st_intersects(pr.the_geom, p.the_geom)
GROUP BY pr.nome
```

Quadro 1 - Comando em linguagem SQL que identifica geograficamente por meio de intersecção a quantidade de parcelas por propriedade. **Fonte:** O Autor.

No código descrito no quadro 1 a função *st_intersects* foi utilizada para verificar se existe intersecção entre as geometrias que representam a área da propriedade rural e a área da parcela.

Resultado obtido:

propriedade	qtd_parcelas
FAZENDA VELHO CHICO	3
FAZENDA NOVA ESPERANÇA	3
FAZENDA TRADIÇÃO	3

Consulta 2 - Calcular a distância em quilômetros (Km) da propriedade até o centro da cidade na qual ela esta inserida geograficamente:

Comando SQL:

```
SELECT pr.nome AS propriedade, c.nome AS cidade,
       st_distance(st_transform(c.the_geom, 900913),
       st_transform(pr.the_geom, 900913)) / 1000 AS KM
FROM propriedade_rural pr, cidade c
WHERE c.id = pr.id_cidade
ORDER BY propriedade
```

Quadro 2: Comando SQL que calcula a distância em Km da propriedade rural até o centro da cidade na qual ela está situada. **Fonte:** O Autor.

No código descrito no quadro 2 utilizamos a função *st_distance* que nos proporcionou calcular a distância em metros entre as duas geometrias de cidade e propriedade respectivamente, enquanto a função *st_transform* foi útil para realizar a conversão do nosso tipo geométrico para o SRID de número 900913 e com isso realizar os cálculos com maior precisão, além disso houve a necessidade da divisão do resultado por 1000 para que o resultado fosse exibido em quilômetros (Km).

Resultado obtido:

propriedade	cidade	KM
FAZENDA NOVA ESPERANÇA	PETROLINA - PE	16.280
FAZENDA TRADIÇÃO	JUAZEIRO - BA	16.563
FAZENDA VELHO CHICO	JUAZEIRO - BA	19.643

Consulta 3 - Calcular o percentual de área plantada em relação a área da propriedade:

```

SELECT pr.nome as propriedade,
      (st_area(st_transform(pr.the_geom, 900913)) / 10000) as ha_prop,
      (select sum(st_area(st_transform(p.the_geom, 900913))) / 10000
       from parcela p
       where p.id_propriedade = pr.id) as ha_plantados,
      (select sum(st_area(st_transform(p.the_geom, 900913))) / 10000
       FROM parcela p where p.id_propriedade = pr.id) /
      (st_area(st_transform(pr.the_geom, 900913)) / 10000) * 100 as
percentual
FROM propriedade_rural pr
ORDER BY propriedade

```

Quadro 3 - Comando SQL que calcula o percentual de área plantada em relação a toda a área da propriedade. **Fonte:** O Autor.

No código descrito no quadro 3 a função `st_area` foi utilizada para o cálculo de área da geometria das propriedades e parcelas na unidade de metros quadrados, logo função `st_transform` nos foi útil para realizar a conversão do nosso tipo geométrico para o SRID de número 900913, e com isso realizar os cálculos com maior precisão de cálculo de áreas, além disso houve a necessidade da divisão do cálculo da área por 10000 para que o resultado fosse exibido em hectares (Ha).

Resultado obtido:

propriedade	ha_prop	ha_plantados	percentual
FAZENDA NOVA ESPERANÇA	237.617	16.777	7.060
FAZENDA TRADIÇÃO	275.830	15.604	5.657
FAZENDA VELHO CHICO	110.099	22.249	20.208

Consulta 4 - Calcular a quantidade de Ha por cultura plantada e por propriedade:

```

SELECT pr.nome AS propriedade,
      ct.nome AS cultura_plant,
      (sum(st_area(st_transform(p.the_geom, 900913)))/ 10000) AS ha_cultura
FROM propriedade_rural pr, parcela p, cultura ct
WHERE p.id_propriedade = pr.id
AND p.id_cultura = ct.id
GROUP BY propriedade, cultura_plant
ORDER BY propriedade, cultura_plant

```

Quadro 4 - Comando SQL que realiza uma consulta para calculo da quantidade de Ha por cultura plantada por propriedade rural. **Fonte:** O Autor.

No código descrito no quadro 4 a função `st_area` foi utilizada para o cálculo de área da geometria da parcela na unidade de metros quadrados, enquanto a função `st_transform` nos foi útil para realizar a conversão do nosso tipo geométrico para o SRID de número 900913, e com isso realizar os cálculos com maior precisão de cálculo de áreas, além disso houve a necessidade da divisão do cálculo da área por 10000 para que o resultado fosse exibido em hectares (Ha).

Resultado obtido:

propriedade	cultura_plant	ha_cultura
FAZENDA NOVA ESPERANÇA	COCO	5.444
FAZENDA NOVA ESPERANÇA	GOIABA	5.989
FAZENDA NOVA ESPERANÇA	UVA ITÁLIA	5.342
FAZENDA TRADIÇÃO	GOIABA	4.825
FAZENDA TRADIÇÃO	MANGA	5.057
FAZENDA TRADIÇÃO	UVA ITÁLIA	5.721
FAZENDA VELHO CHICO	ACEROLA	5.284
FAZENDA VELHO CHICO	MANGA	11.569
FAZENDA VELHO CHICO	UVA ITÁLIA	5.395

Consulta 5 - Calcular a quantidade de Ha por cultura plantada, somando-se todas as parcelas de todas as propriedades existentes na base de dados.

```
SELECT
    ct.nome AS cultura_plantada,
    (sum(st_area(st_transform(p.the_geom, 900913)))/ 10000) AS ha_cultura
FROM parcela p, cultura ct
WHERE p.id_cultura = ct.id
GROUP BY cultura_plantada
ORDER BY cultura_plantada
```

Quadro 5 - Comando em linguagem SQL que realiza uma consulta para calculo da quantidade de Ha por cultura plantada, somando-se todas as parcelas de todas as propriedades da base de dados. **Fonte:** O Autor.

No código descrito no quadro 5 a função `st_area` foi utilizada para o cálculo de área da geometria da parcela na unidade de metros quadrados, enquanto a função `st_transform` nos foi útil para realizar a conversão do nosso tipo geométrico para o SRID de número 900913, e com isso realizar os cálculos com maior precisão de cálculo de áreas, além disso houve a necessidade da divisão do cálculo da área por 10000 para que o resultado fosse exibido em hectares (Ha).

Resultado obtido:

<code>cultura_plant</code>	<code>ha_cultura</code>
ACEROLA	5,284
COCO	5,444
GOIABA	10,815
MANGA	16,627
UVA ITÁLIA	16,459

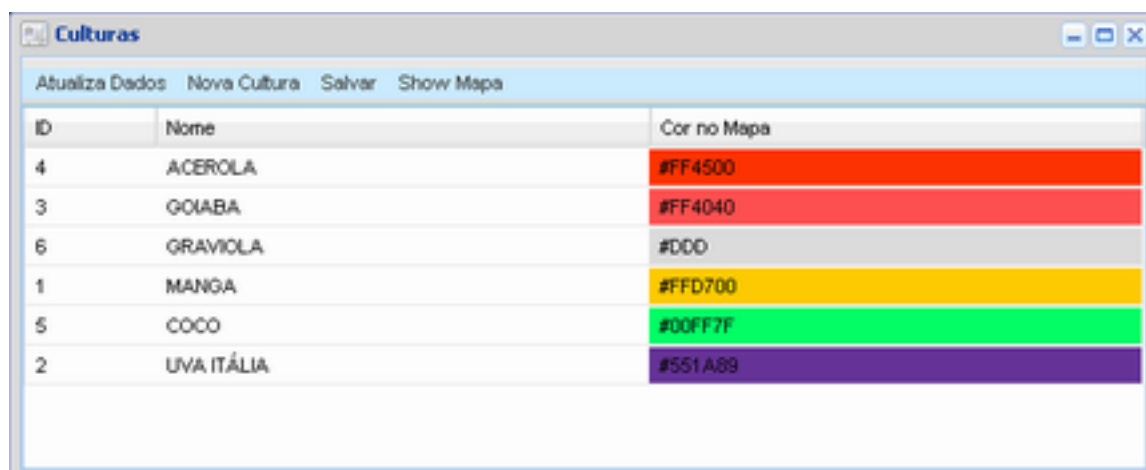
6ª) Visualização dos resultados das Consultas através de um protótipo.

Para apresentação em forma de mapas, tabelas e gráficos o resultado de algumas das consultas, podem ser utilizadas as ferramentas existentes como uDig, JTS e GeoTools, entretanto, por se tratar de ferramentas não específicas com relação ao tema abordado no trabalho foi optado pela criação de um protótipo que exibe como resultado das consultas (SQL) e, demarcação das propriedades e parcelas em forma de mapas, demonstrando a importância da utilização do uso de mapas temáticos e gráficos estatísticos dos dados geográficos em um SIG.

Para que os resultados sejam exibidos em forma visual, foram desenvolvidos no protótipo alguns gráficos e mapas para um melhor entendimento. Alguns dos exemplos exibidos nesta etapa tiveram como base as consultas realizadas na 4ª etapa do trabalho.

Iniciaremos mostrando os cadastros básicos do nosso protótipo, que são de propriedades rurais, parcelas e culturas, e logo mais veremos alguns resultados de

consultas e forma de mapas e gráficos. O cadastro de cidades não foi desenvolvido, porém se encontram cadastradas na base de dados as cidades de Petrolina, Juazeiro da Bahia e Lagoa Grande.



ID	Nome	Cor no Mapa
4	ACEROLA	#FF4500
3	GOIABA	#FF4040
6	GRAVIOLA	#DDD
1	MANGA	#FFD700
5	COCO	#00FF7F
2	UVA ITÁLIA	#551A89

Figura 3.3 - Painei do cadastro de culturas. Fonte: o autor, 2012.

No cadastro de culturas (figura 3.3), temos também a informação da cor, a qual será de extrema utilidade quando as parcelas de uma cultura forem exibidas em forma de mapas. Neste cadastro temos uma funcionalidade onde podemos visualizar no mapa todas as parcelas onde temos a cultura plantada (figura 3.4), onde selecionando a cultura na lista e clicando no botão “Show Mapa” conseguimos visualizar esta informação.



Figura 3.4 - Mapa identificando as parcelas cuja cultura é de Uva Itália. Fonte: o autor, 2012.

A figura 3.4 mostra claramente as parcelas cuja a cultura é de uva Itália, a qual estão identificadas na cor roxa.

Propriedades Rurais - Fazendas		
Atualiza Dados Salvar Show Mapa		
ID	Nome	Cidade
2	FAZENDA VELHO CHICO	JUAZERO - BA
1	FAZENDA NOVA ESPERANÇA	PETROLINA - PE
3	FAZENDA TRADIÇÃO	JUAZERO - BA

Figura 3.5 - Cadastro de Propriedades Rurais(Fazendas). Fonte: o autor, 2012.

A figura 3.5 mostra a tela de cadastro de propriedades rurais, onde é exibido o identificador, nome e cidade de localização da propriedade. Esse painel de cadastro tem também a funcionalidade de exibir um mapa com os limites geográficos da propriedade e suas respectivas parcelas (figura 3.6) clicando no botão Show Mapa na barra superior do painel.

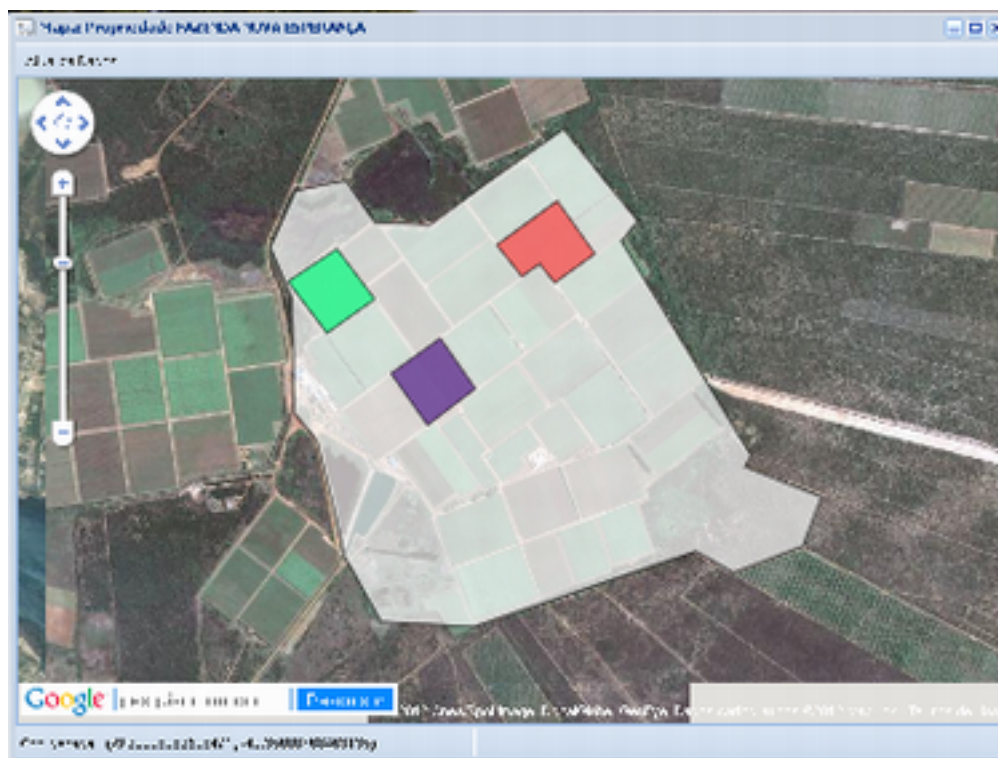


Figura 3.6 - Mapa exibindo a propriedade e suas respectivas parcelas. Fonte: o autor, 2012.

A figura 3.6 mostra a área da propriedade e suas parcelas de acordo com a cor no cadastro de culturas.

Parcelas da Propriedade			
Atualiza Dados		FAZENDA NOVA ESPERANÇA	Salvar Show Mapa
ID	Código	Propriedade	Cultura
3	PC 03	FAZENDA NOVA ESPERANÇA	GOIABA
1	PC 01	FAZENDA NOVA ESPERANÇA	UVA ITÁLIA
2	PC 02	FAZENDA NOVA ESPERANÇA	COCO
6	PC 03	FAZENDA VELHO CHICO	ACEROLA
4	PC 01	FAZENDA VELHO CHICO	UVA ITÁLIA
5	PC 02	FAZENDA VELHO CHICO	MANGA
9	PC 03	FAZENDA TRADIÇÃO	MANGA
7	PC 01	FAZENDA TRADIÇÃO	UVA ITÁLIA
8	PC 02	FAZENDA TRADIÇÃO	GOIABA

Figura 3.7 - Cadastro de parcelas da propriedade. Fonte: o autor, 2012.

A figura 3.7 exibe o cadastro de parcelas em forma de uma lista de parcelas ordenadas por propriedades, onde são exibidas as seguintes informações: código, nome da propriedade e tipo de cultura. Existe também duas funcionalidades bem

úteis na barra superior do painel que é um filtro de propriedade e a funcionalidade de exibir no mapa a parcela selecionada (figura 3.8).

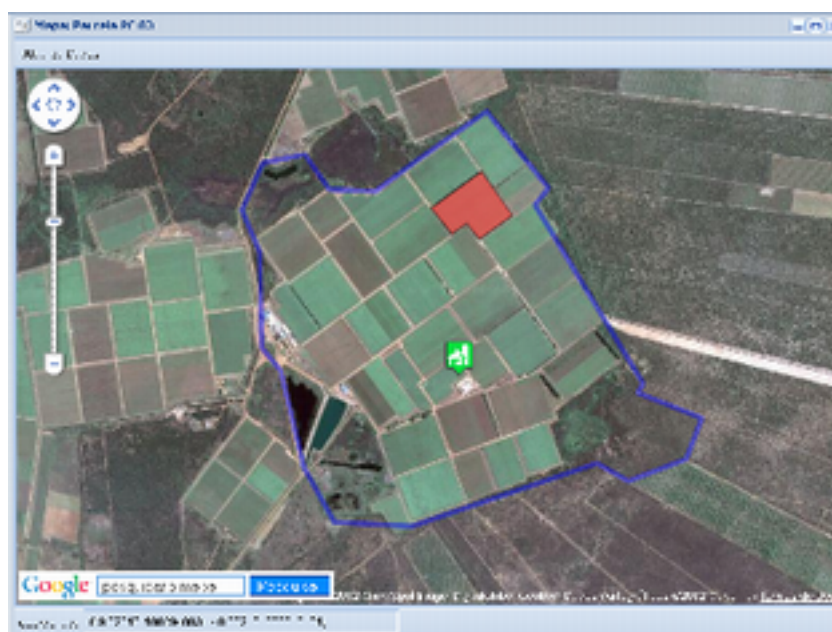


Figura 3.8 - Mapa exibindo as parcelas e os limites da propriedade. Fonte: o autor, 2012.

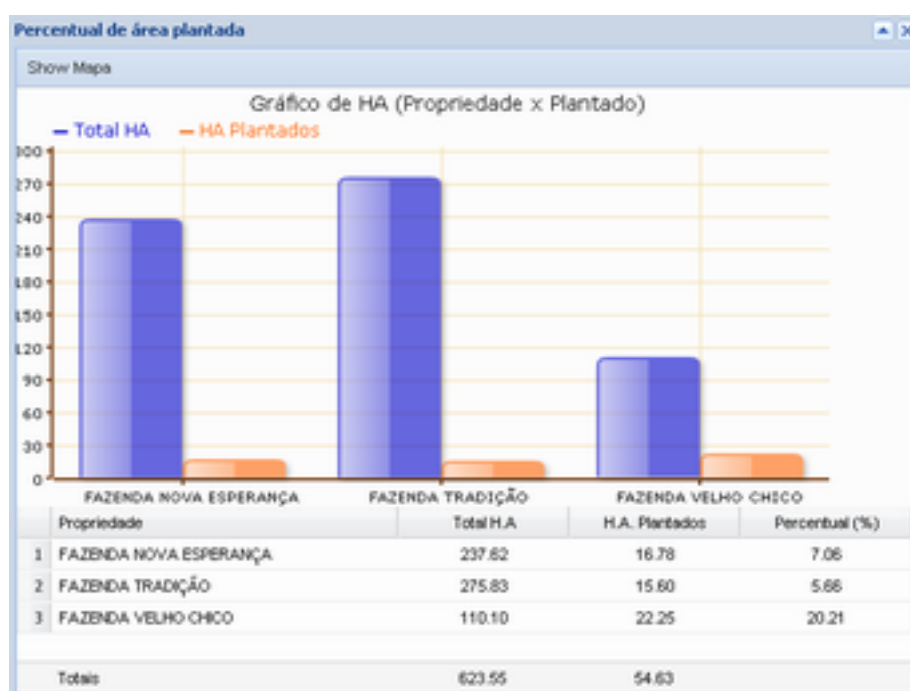


Figura 3.9 - Gráfico de Hectares (Total X Cultivado). Fonte: o autor, 2012.

A figura 3.9 mostra o gráfico com o total de hectares e a quantidade de hectares que são cultivados por propriedade rural. Logo quando exibimos em forma de mapas obtemos uma visualização bem melhor desse percentual.

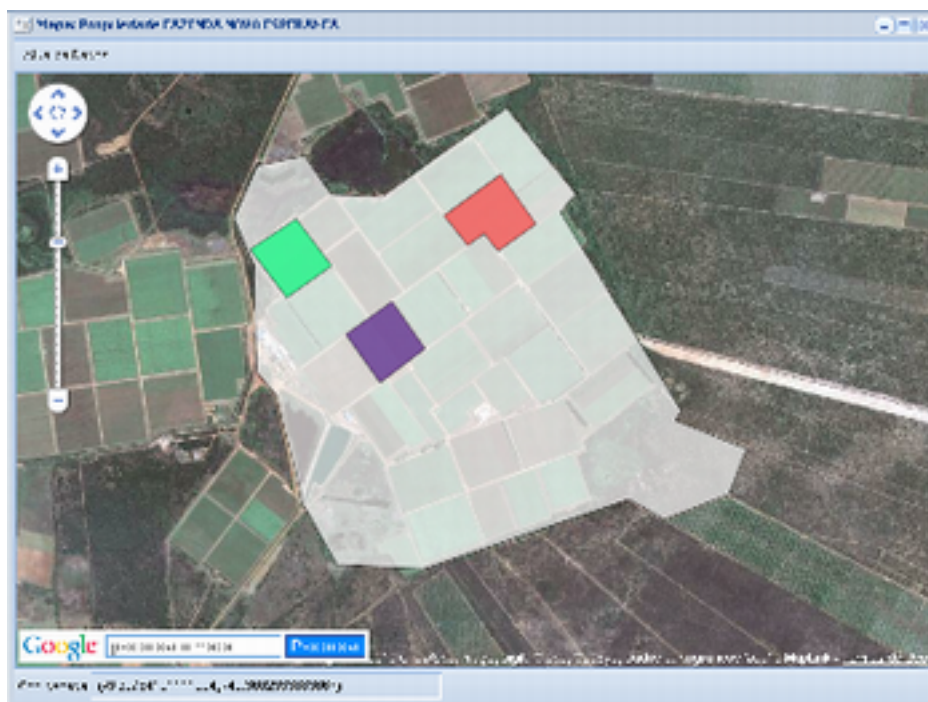


Figura 3.10 - Mapa da Propriedade Rural com as parcelas. Fonte: o autor, 2012.

A figura 3.10 exibe os limites de área de uma propriedade e 3 de suas parcelas, sendo estas de culturas diferentes.

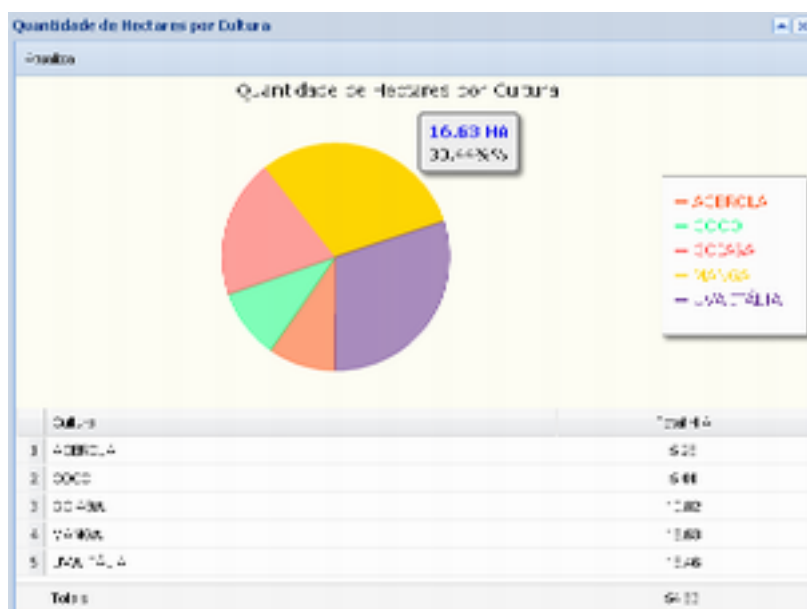


Figura 3.11 - Tabela com as quantidades de hectares por cultura e gráfico pizza com os percentuais. Fonte: o autor, 2012.

A figura 3.11 nos mostra o total de hectares cultivados por tipo de cultura e inclusive em forma de gráfico pizza os percentuais relacionados a cada cultura.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÃO

Este trabalho definiu inicialmente o conceito de sistemas de informação geográficas (SIGs) e suas funcionalidades básicas, as quais estão diretamente ligadas ao armazenamento das informações geográficas em banco de dados.

A pesquisa realizada atendeu aos objetivos propostos, uma vez que foi possível, utilizar todos os conceitos apresentados, criar um modelo de base de dados direcionado para o mapeamento do cultivo de culturas do Vale do São Francisco e implementá-lo no PostGIS. Além disso, foram realizadas consultas espaciais sobre os dados e visualização dos resultados de algumas consultas em protótipo desenvolvido exclusivamente para esse fim.

A criação de um modelo para tratamento de dados espaciais orientado a objetos e implementá-lo em um banco de dados objeto-relacional mostrou-se uma combinação eficaz no que diz respeito à compreensão do problema, e com isso houve uma maior facilidade na realização de consultas e manipulação dos dados espaciais.

O banco de dados objeto-relacional PostgreSQL em conjunto com a extensão para suporte a dados espaciais PostGIS, mostrou-se muito eficaz nas consultas espaciais que foram propostas, além de ter mostrado que a sintaxe dos comandos SQL é relativamente simples. Sobre a avaliação do desempenho do banco, a rapidez no retorno do resultado das consultas foi satisfatório, mesmo sem o uso de índices.

4.1 - Sugestões para Trabalhos Futuros

Para projetos futuros, sugerimos o desenvolvimento de um *software* que faça uso da plataforma *mobile* utilizando as funcionalidades já disponíveis nos dispositivos, como principal funcionalidade citamos o GPS, que nos facilita na marcação de pontos para composição dos tipos geográficos no banco de dados. Já temos API's bem maduras para esse tipo de aplicação disponíveis no mercado para os sistemas operacionais Android do Google e iOS da Apple.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA et al, **Introdução à ciência da Geoinformação**, 2004.

CASANOVA et al, **Bancos de Dados Geográficos**, 2005.

DAMAS, L. **SQL Structured Query Language**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LCT – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2007. 384 p.

DATE, C, J. **An Introduction to Database Systems**. 8. ed. New York, NY: Pearson Education, Inc., 2004. 983 p.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Monitoramento ambiental em fruticultura irrigada no agropolo Petrolina (PE)/Juazeiro (BA), com vias a obtenção de certificação de qualidade - Ecolso**. Jaguariúna, 1999. Disponível em <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/regiaosf.html>. Acesso em 10 de Fevereiro de 2012.

FAGUNDES, Eduardo Mayer. **Como ingressar nos negócios digitais/Eduardo Mayer Fagundes**. São Paulo, EI Edições Inteligentes, 2004.

GARMIN, Disponível em <<http://www.garmin.com>>. Acesso em 12 de Junho de 2012.

GEOTOOLS - Disponível em <<http://www.geotools.org/>>. Acesso em: 01 de Abril de 2012.

MILANI, André, **PostgreSQL - Guia do Programador**, 2008, Editora Novatec.

MIRANDA, **José Igualemar**. Fundamentos de Sistemas de informações Geográficas / José Igualemar Miranda. 2. ed. rev. atual. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 425 p.

NIELSEN, Jakob. 1993. **Usability Engineering**, CA: Academic Press, San Diego. OBE; HSU. **PostGIS in Action**, 2011, Manning Publications, Stamford, CT, USA, 522p.

OPENGEO - Disponível em <<http://www.opengeospatial.org>>. Acesso em: 01 de Abril de 2012.

POSTGIS - Disponível em <<http://postgis.refractory.net/documentation/manual-2.0/>>. Acesso em: 05 de Abril de 2012.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró-Reitoria de Graduação. Sistema de Bibliotecas. Padrão PUC Minas de normalização: normas da ABNT para apresentação de trabalhos científicos, teses, dissertações e monografias. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.pucminas.br/biblioteca>>. Acesso em: 20 de Fevereiro 2012.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de software / Roger S. Pressman**. trad. José Carlos Barbosa dos Santos, revisão técnica José Carlos Maldonado. São Paulo, Pearson Education do Brasil 2006.

REFRACTION RESEARCH INC. Disponível em <http://www.refractions.net>. Acesso em 01 de junho de 2012.

RESENDE, Denis Alcides, **Engenharia de Software e Sistemas de Informação**, 3ª Edição Revista e Ampliada, Rio de Janeiro, Brasport, 2005.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software / Ian Sommerville**. trad. André Maurício de Andrade Ribeiro, revisão técnica Kechi Hiramã. São Paulo, Pearson Addison Wesley, 2003.

UDIG Framework - Disponível em <<http://udig.refractions.net>>. Acesso em: 17 de Março de 2012.

VIVIDSOLUTIONS - Disponível em <<http://www.vividsolutions.com>>. Acesso em: 01 de Abril de 2012.

ANEXOS

ANEXO A

Script de criação das tabelas do banco de dados.

```
CREATE TABLE public.cidade (  
  id INTEGER NOT NULL,  
  nome VARCHAR(50),  
  the_geom public.geometry,  
  CONSTRAINT cidade_pkey PRIMARY KEY(id)  
)  
  
CREATE TABLE public.propriedade_rural (  
  id INTEGER NOT NULL,  
  nome VARCHAR(50),  
  the_geom public.geometry,  
  id_cidade INTEGER,  
  CONSTRAINT propriedade_rural_pkey PRIMARY KEY(id),  
  CONSTRAINT fk56e45e44a6b566d4 FOREIGN KEY (id_cidade)  
    REFERENCES public.cidade(id)  
)  
  
CREATE TABLE public.parcela (  
  id INTEGER NOT NULL,  
  codigo VARCHAR(50),  
  the_geom public.geometry,  
  id_cultura INTEGER,  
  id_propriedade INTEGER,  
  CONSTRAINT parcela_pkey PRIMARY KEY(id),  
  CONSTRAINT fkd0b5017819f9b23e FOREIGN KEY (id_propriedade)  
    REFERENCES public.propriedade_rural(id),  
  CONSTRAINT fkd0b5017859df0448 FOREIGN KEY (id_cultura)  
    REFERENCES public.cultura(id)  
)  
  
CREATE TABLE public.cultura (  
  id INTEGER NOT NULL,  
  cor_mapa VARCHAR(10),  
  nome VARCHAR(50),  
  CONSTRAINT cultura_pkey PRIMARY KEY(id)  
)
```


ANEXO B

Comandos INSERT para a população do projeto de banco de dados.

```
/* INSERTS DOS DADOS DE CIDADE*/
INSERT INTO cidade (id, nome, the_geom) VALUES (1, 'PETROLINA - PE',
GeomFromText ('SRID=4326;POINT(-40.5093812942505 -9.3945748671279')));
INSERT INTO cidade (id, nome, the_geom) VALUES (2, 'JUAZEIRO - BA',
GeomFromText ('SRID=4326;POINT(-40.5046606063843 -9.43543030972567')));
INSERT INTO cidade (id, nome, the_geom) VALUES (3, 'LAGOA GRANDE - PE', '
GeomFromText ('SRID=4326;POINT(-40.2731323242188 -8.99597416964127')));

/* INSERTS DOS DADOS DE CULTURA*/
INSERT INTO cultura (id, cor_mapa, nome) VALUES (3, '#FF4040', 'GOIABA');
INSERT INTO cultura (id, cor_mapa, nome) VALUES (6, '#DDD', 'GRAVIOLA');
INSERT INTO cultura (id, cor_mapa, nome) VALUES (1, '#FFD700', 'MANGA');
INSERT INTO cultura (id, cor_mapa, nome) VALUES (4, '#FF450A', 'ACEROLA');
INSERT INTO cultura (id, cor_mapa, nome) VALUES (5, '#00FF7F', 'COCO');
INSERT INTO cultura (id, cor_mapa, nome)VALUES (2, '#551A89', 'UVA ITÁLIA');

/* INSERTS DOS DADOS DE PROPRIEDADE RURAL */
INSERT INTO propriedade_rural (id, nome, the_geom, id_cidade) VALUES
(2, 'FAZENDA VELHO CHICO', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-
40.3720092773438 -9.31068969920927,-40.3703784942627 -9.31276484099605,-
40.3725242614746 -9.31416237851973,-40.380334854126 -9.31145199762413,-
40.3826951980591 -9.30960977360854,-40.3837251663208 -9.30842396910547,-
40.3826308250427 -9.30757696342617,-40.3832530975342 -9.30689935740517,-
40.3818583488464 -9.30560766728989,-40.380871295929 -9.30450655063723,-
40.3781890869141 -9.30238900886861,-40.3704857826233 -9.30905922201811,-
40.3720092773438 -9.31068969920927)))', 2);
```

```

INSERT INTO propriedade_rural (id, nome, the_geom, id_cidade) VALUES
(1, 'FAZENDA NOVA ESPERANÇA', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-
40.3616881370544 -9.33304976118426,-40.3619027137756 -9.3334097125833,-
40.3592848777771 -9.33442604393903,-40.3599071502686 -9.33609874950983,-
40.3622674942017 -9.33698803274721,-40.3635549545288 -9.3362681369681,-
40.3711080551147 -9.33880893896167,-40.3742837905884 -9.3386395527385,-
40.3755283355713 -9.33643752434403,-40.3764724731445 -9.33254159387058,-
40.3772664070129 -9.33158877816106,-40.3773307800293 -9.32775631534504,-
40.3780603408813 -9.32604122166125,-40.3772020339966 -9.32413555212422,-
40.3754854202271 -9.32379676533918,-40.3745198249817 -9.3251942587075,-
40.3726315498352 -9.32527895509539,-40.3708076477051 -9.32396615877281,-
40.3680610656738 -9.32208165219303,-40.3655290603638 -9.32517308460731,-
40.3651857376099 -9.32614709188591,-40.3651857376099 -9.32737518414401,-
40.3616881370544 -9.33304976118426))), 1);

```

```

INSERT INTO propriedade_rural (id, nome, the_geom, id_cidade) VALUES
(3, 'FAZENDA TRADIÇÃO', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-
40.377631187439 -9.32826448963198,-40.3763008117676 -9.33326149734636,-
40.3756141662598 -9.33669160525356,-40.3836822509766 -9.34719345404995,-
40.3876304626465 -9.34477975070273,-40.386815071106 -9.33969821528216,-
40.3888320922852 -9.33927475065073,-40.3873300552368 -9.33436252331611,-
40.3880167007446 -9.32881501094066,-40.3869438171387 -9.32500369175957,-
40.3862571716309 -9.32470725407814,-40.3870296478271 -9.31996421693106,-
40.3862571716309 -9.31977364712752,-40.3837895393372 -9.3225051377041,-
40.3836178779602 -9.32402968128922,-40.3818798065186 -9.32360619762807,-
40.3782320022583 -9.32534247737282,-40.377631187439 -9.32826448963198))),
2);

```

/* INSERTS DOS DADOS DE PARCELAS*/

```

INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (1, 'PC 01', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3710544109344
-9.33081064340017,-40.3726959228516 -9.3320122521312,-40.3739297389984 -
9.33028659248066,-40.3722882270813 -9.32912732552757,-40.3710544109344 -

```

```
9.33081064340017)))', 2, 1);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (2, 'PC 02', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3761184215546
-9.3289420541962,-40.3774675726891 -9.32722431959523,-40.3757858276367 -
9.32608356975497,-40.3744983673096 -9.32777748928845,-40.3761184215546 -
9.3289420541962)))', 5, 1);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (3, 'PC 03', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.367004275322 -
9.32627413611309,-40.3683507442474 -9.32725872730509,-40.3688657283783 -
9.32659174647864,-40.3694826364517 -9.32704698749833,-40.3703194856644 -
9.32595652545839,-40.3682863712311 -9.32451139332903,-40.367004275322 -
9.32627413611309)))', 3, 1);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (4, 'PC 01', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3773200511932
-9.30905922201811,-40.3791654109955 -9.31046736185837,-40.3805923461914 -
9.30920744753161,-40.3787040710449 -9.30782047776916,-40.3773200511932 -
9.30905922201811)))', 2, 2);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (5, 'PC 02', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3739726543427
-9.31212959481912,-40.3770518302917 -9.30951448589533,-40.3751957416534 -
9.30810634221623,-40.3720951080322 -9.31075322414068,-40.3739726543427 -
9.31212959481912)))', 1, 2);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (6, 'PC 03', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3734791278839
-9.30642291488531,-40.3753352165222 -9.30770401440889,-40.376740694046 -
9.3064440901222,-40.3749060630798 -9.30512063535193,-40.3734791278839 -
9.30642291488531)))', 4, 2);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (7, 'PC 01', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3775990009308
-9.32990546404457,-40.3795838356018 -9.33017013661382,-40.3799003362656 -
9.32789923943806,-40.3779745101929 -9.32761339119345,-40.3775990009308 -
9.32990546404457)))', 2, 3);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (8, 'PC 02', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3828561306 -
9.33439957701422,-40.3831940889359 -9.33211282712352,-40.3815311193466
-9.33187462314732,-40.3812146186829 -9.33414020104473,-40.3828561306 -
9.33439957701422)))', 3, 3);
```

```
INSERT INTO parcela (id, codigo, the_geom, id_cultura, id_propriedade)
VALUES (9, 'PC 03', GeomFromText('SRID=4326;POLYGON((-40.3831887245178
-9.3320651863413,-40.3849053382874 -9.33235103093698,-40.3852486610413 -
9.33001133309637,-40.3835535049438 -9.32978900805045,-40.3831887245178 -
9.3320651863413)))', 1, 3);
```