UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS A EDUCAÇÃO

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Desenvolvimento de uma aplicação para identificação de geossítios através de uma ferramenta S.I.G.

Jafet Gomes e Sousa

Orientador: Prof. Dr. Joelson Nogueira de Carvalho

RIO TINTO - PB

2015

Jafet Gomes e Sousa

Desenvolvimento de uma aplicação para identificação de geossítios através de uma ferramenta S.I.G.

Monografia apresentada para obtenção do título de Bacharel à banca examinadora no Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro de Ciências Aplicadas e Educação (CCAE), Campus IV da Universidade Federal da Paraíba.
Orientador: Prof. Dr. Joelson Nogueira de Carvalho

RIO TINTO - PB
2015

S725d Sousa, Jafet Gomes e.

Desenvolvimento de uma aplicação para identificação de geossítios através de uma ferramenta S.I.G. / Jafet Gomes e Sousa. – Rio Tinto: [s.n.], 2015.

58 f. : il. –

Orientador: Prof. Dr. Joelson Nogueira de Carvalho

Monografia (Graduação) – UFPB/CCAE.

1. Software - desenvolvimento. 2. Aplicativo - informática. 3. Sistemas de informação

UFPB/BS-CCAE *CDU: 004.4(043.2)*

.

Jafet Gomes e Sousa

Desenvolvimento de uma aplicação para identificação de geossítios através de uma ferramenta S.I.G.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de BACHAREL EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.

Assinatura do autor:_____

APROVADO POR:

_____

Orientador: Prof. Dr. Joelson Nogueira de Carvalho
Universidade Federal da Paraíba – Campus IV

_____

Profª. Drª. Thereza Patrícia Pereira Padilha
Universidade Federal da Paraíba – Campus IV

_____

Profª. Drª. Adriana Zenaide Clericuzi
Universidade Federal da Paraíba – Campus IV

RIO TINTO - PB
2015

"*Se **onde** é importante para seu negócio, então **SIG** é sua ferramenta de trabalho*". (DAVIS JR et al, 2001)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, sabedoria e coragem para enfrentar todos esses desafios. Sem fé nele nada podemos.

Aos meus queridos pais Francisco e Fátima, por todo amor, confiança, dedicação que depositaram em mim e que fizeram o possível e o impossível para me manter nos meus estudos.

As minhas irmãs Melca e Sarah, pela confiança e pelo incentivo, a minha tia Marluce que sempre torcia por mim, a minha namorada Flávia por toda compreensão, incentivo e oração, a toda minha família, eles e elas que me acompanharam durante toda essa jornada sempre me dando muita força.

A todos os meus amigos e colegas que fiz durante toda essa caminhada, aos quais aprendi muitas coisas, em especial meus amigos que dividiram apartamento comigo durante todos esses anos, Ednaldo Onofre, Filippe Henrique, Myller Claudino, Fred Augusto, Jefferson Araújo, Diego Sousa, Francisco Neto, Paulo César, Raglan Leitão e Jackson Araújo.

A todos os professores da UFPB-Campus IV que contribuíram para a minha formação, em especial ao Prof. Joelson Nogueira, que está com a turma desde seu início assim que o curso começou, e o saúdo pela dedicação, orientação e conhecimento que me passou e o privilégio de tê-lo como orientador.

A todos os meus amigos da Sistcomp Jr que me acolheram com muito carinho e paciência, me ensinando muitas coisas novas e aumentando o meu crescimento profissional, em especial Jefferson Araújo que desde o início acreditamos que esse era um projeto valioso para todos que nele participaram nos dando conhecimento, experiências e muitas oportunidades.

A todas as outras pessoas que não me veio à memória agora mais que contribuíram fortemente para a minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

Os geossítios são uma rica fonte de conhecimento sobre o surgimento da Terra e da vida; constituem ainda uma parte importante das belezas naturais e um fator primordial para o equilíbrio ambiental do nosso planeta. Os sistemas de informações geográficas (SIGs) são ferramentas que manipulam dados georeferenciados, e podem ser úteis para usuários de diferentes necessidades, interesses e afinidades, constituindo-se em um arcabouço multidisciplinar. Esse trabalho apresenta um estudo sobre Sistemas de Informações Geográficas – SIG, e sítios geológicos (geossítios), seguido pelo desenvolvimento de uma aplicação orientada à identificação dos geossítios da Paraíba, de forma que as informações sejam dispostas de maneira georeferenciada sobre um mapa, permitindo uma série de consultas através do uso das ferramentas disponíveis, com uma interface amigável e objetiva no sentido de satisfazer as necessidades do usuário.

Palavras chave: SIG, Geossítios, SGBDG

ABSTRACT

Geosites are a rich source of knowledge about the origin of the Earth and of life; comprising a major part of the natural beauty and a major factor in the environmental balance of our planet. Geographic information systems (GIS) are tools that manipulate geospatial data, and may be useful for users with different needs, interests and affinities, becoming in a multidisciplinary framework. This paper presents a study on Geographic Information Systems - GIS, and geological sites (geosites), followed by the development of an application oriented to the identification of the geosites in Paraíba, so that the information is arranged in a georeferenced way on a map, allowing a number of consultations through the use of the available tools, embedded within a friendly interface, which is objective driven in order to meet user needs.

Keywords: GIS, Geosites, GDBMS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de um Sistemas de Informação Geográfica 5
Figura 2 - Tipos de dados espaciais 7
Figura 3 - Modelo de geo-campo modelo de camada de relevo 8
Figura 4 - Modelo de geo-objeto: Mapa urbano 9
Figura 5 - Representação Matricial 10
Figura 6 - Representação Vetorial 11
Figura 7 - Relações topológicas 9-Intersection 14
Figura 8 - Tipos de dados geográficos 17
Figura 9 - Pegadas de dinossauros 20
Figura 10 - Pico do Jabre 20
Figura 11 - Pedra da Boca 21
Figura 12 - Lajedo do Pai Mateus 21
Figura 13 - Falésias na Praia do Tambá 22
Figura 14 - Cachoeira do Roncador 22
Figura 15 - Diagrama de caso de uso 28
Figura 16 - Diagrama de Sequência do cenário 1 29
Figura 17 - Diagrama de sequência do cenário 2 29
Figura 18 - Sequência dos métodos da busca dos geossítios que de um município 30
Figura 19 - Diagrama de Classes 31
Figura 20 - Modelagem do banco de dados 32
Figura 21 - Disposição do modelo cliente-servidor 33
Figura 22 - Tela inicial da aplicação 35
Figura 23 - Tela dos geossítios do município selecionado 36
Figura 24 - Tela de melhor rota entre o geossítios do cenário 1 37
Figura 25 - Tela de melhor rota entre os geossítios selecionados 37
Figura 26 - Tela que exibe descrição do geossítio escolhido 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das representações vetoriais- 11

LISTA DE SIGLAS

FGDC	*Federal Geographic Data Committee*
IETF	*Internet Engineering Task Force*
ISO	*International Organization for Standardization*
OGC	*Open Geospatial Consortium*
SIG	Sistemas de Informação Geográfico
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SGBDG	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Geográfico
SQL	*Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada)*
TDE	*Tipos de Dados Espaciais*
W3C	*World Wide Web Consortium*
CPRM	*Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*
GIS	*Geographic Information System*

SUMÁRIO

ABSTRACT XI

LISTA DE FIGURAS XII

LISTA DE TABELAS XIII

LISTA DE SIGLAS XIV

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 MOTIVAÇÃO 1
1.2 OBJETIVO GERAL 2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2
1.4 CONCORRENTES 3
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO 3

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 4

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO 4
2.1.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA 4
2.1.2 DADOS ESPACIAIS 6
2.1.3 GEO-CAMPOS E GEO-OBJETOS 7
2.1.4 REPRESENTAÇÃO MATRICIAL E REPRESENTAÇÃO VETORIAL 9
2.1.5 CONSÓRCIO OPENGIS 12
2.1.6 LINGUAGEM DE CONSULTA SQL SPATIAL 13
2.1.7 BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS 15

2.2 GEOSSÍTIOS 18
2.2.1 DEFINIÇÃO 18
2.2.2 CARACTERÍSTICAS 23

2.2.2.1.1 OBJETO 23
2.2.2.1.2 VALOR 23
2.2.2.1.3 ÂMBITO 23
2.2.2.1.4 UTILIDADE 24

3 DESENVOLVIMENTO 25

3.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS 25
3.1.1 METODOLOGIA 25
3.1.2 COLETAS DE DADOS 25
3.1.3 IMPORTAÇÃO DE DADOS 26
3.1.4 DIFICULDADES ENCONTRADAS 26

3.2 MODELAGEM DE DADOS 27
3.2.1 DIAGRAMA DE CASO DE USO 27

3.2.2 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA 28
3.2.3 DIAGRAMA DE CLASSE DA CAMADA REST 30
3.2.4 MODELO ENTIDADE RELACIONAMENTO DA BASE DE DADOS 31
3.3 ARQUITETURA E TECNOLOGIAS UTILIZADAS 32
3.3.1 ARQUITETURA 32
3.3.2 CACOO 33
3.3.3 POSTGIS 33
3.3.4 QGIS 34
3.3.5 PGADMIN 34
3.3.6 ECLIPSE 34
3.4 IMPLEMENTAÇÃO 34
3.5 CENÁRIOS 35
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 38
3.7 TRABALHOS FUTUROS 39
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Um geossítio (sitio geológico) é um lugar de interesse para os estudos em geologia, que oferece grande potencial para exploração sob outros pontos de vista, como o científico, o turístico e o lazer. É local chave para o entendimento da história da terra e da vida, desde sua formação. Considerando isso, estudiosos na Paraíba têm se mostrado interessados pela temática geodiversidade, buscando explorar todo o potencial do caráter multidisciplinar dos geosítios. Porém, ainda são poucos os geossítios conhecidos pela população em geral, pois sua divulgação é bastante acanhada; assim, surge a necessidade dispor dessa informação, de maneira que alcance a população de forma mais intensa e objetiva; uma das maneiras de realizar essa tarefa, é armazenar os dados referentes aos geossítios em um banco de dados geográfico, fornecendo ao pesquisador interessado em geossítios, agilidade e praticidade no acesso às informações de seu interesse, ampliando assim a divulgação desses locais.

Conhecer o território e suas peculiaridades deve ser a base para a gestão efetiva de seus componentes ambientais. Esta premissa pode ser aplicada à conservação do geopatrimônio, haja vista a necessidade de identificação das ocorrências de elementos da geodiversidade que apresentem valores singulares (MENEZES, 2014).

Fazendo a integração desses dados ao um Sistema de Informação Geográfico - SIG ele dará auxilio nessas consultas pois está preparado para manipular grande quantidade de dados geográficos e usa funções de dados geométricos ligados a tabelas de atributos alfanuméricos. Assim realizam tratamento computacional desses dados geográficos exibindo-os em uma projeção cartográfica, dando uma visibilidade muito maior do que se tem hoje. A possibilidade de visualização dos resultados das análises desses dados, espacialmente em um mapa, faz com que a compreensão por intermédio do usuário seja de forma facilitada e clara.

Somado os geossítios estarem geo-referenciados em um mapa e as funções que possui um banco de dados geográfico e um SIG trará um potencial de divulgação desses espaços enorme visto a facilidade de localiza-lo e obter informações sobre ele.

Para promover maior visibilidade e divulgar com maior ênfase a existência dos geossítios, este trabalho propõe a elaboração de uma ferramenta baseada em uma ferramenta SIG. Segundo Lourenço, (2008) cada vez mais tem crescido o número de empresas que

utilizam os benefícios de um SIG para gerenciar de maneira mais eficaz seus negócios. Esse crescimento promove ainda o aumento das pesquisas nas áreas de banco de dados, sistemas distribuídos e redes de computadores, dentre outras.

Assim, um sistema de informação geográfica se constitui em uma ferramenta para organizar, manipular e apresentar informações, agregando valor a dados levantados em pesquisas de campo[1]. O avanço nas tecnologias de manipulação de dados geográficos possibilita realizar a busca pela informação necessária de maneira independente de onde esta se encontra, fazendo com que os resultados sejam disponibilizados para o usuário independentemente da distância onde se encontram, formando a impressão de uma realidade próxima, mesmo quando esta se encontra muito distante.

1.2 OBJETIVO GERAL

Implementar uma aplicação usando um Sistema de Informação Geográfica aplicado a identificação dos geossítios da Paraíba.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Visando atender o objetivo geral proposto, esse trabalho propõe objetivos específicos:

- Dispor de uma ferramenta que auxilie na busca de geossítios através da informação detalhada do objeto de interesse do usuário, tarefa que emprega vários filtros para seleção dos resultados esperados, que são apropriadamente formatados e exibidos de forma clara e precisa;
- Fazer o levantamento das informações necessárias para compor mapas e dados dos geossítios do Estado da Paraíba, para compor o piloto do sistema;
- Desenvolver uma ferramenta para armazenar as informações dos geossítios e disponibilizá-las de maneira simples e prática, através de uma interface amigável, para consultas e atualizações.

[1] Pesquisas feitas pelo Prof. Me. Leonardo Figueiredo juntamente com um grupo de estudos na universidade mantido por ele que os divulga em um blog na internet e pelas redes sociais.

1.4 CONCORRENTES

A ferramenta a ser desenvolvida nesse trabalho é aplicada ao georeferenciamento dos sítios geográficos, onde são utilizados filtros de qualificação multidisciplinar e de roteamento para localização de um geossítio de interesse do usuário; não foram encontrados na revisão da literatura qualquer concorrente com essas características específicas, embora tenha sido encontrado registros de sistemas que se aproximam dessa funcionalidade.

Entre as ferramentas de georeferenciamento mais conhecidas a única que se aproxima da temática é o *google maps* pois por sua gigantesca base de dados massivamente colaborada pelos usuários possui muita informação sobre os geossítios e também possui camadas de relevo para exibição mas sua aplicação não é especifica e o outro concorrente é a ferramenta *GEOBANK GIS*[2] da CPRM, uma ferramenta muito boa, focada na exibição e fornecimento de dados para área cientifica, tendo um acervo atualizado do país mas aplicada exclusivamente ao estudo cientifico. Dessa forma valoriza a aplicação construída nesse trabalho por se tratar de uma ferramenta para uso multidisciplinar.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 2 apresenta o referencial teórico sobre sistemas de informação geográfica, englobando definições e estudos sobre geoprocessamento e o SIG. Também apresenta os geossítios, conceitos, características.

O capítulo 3 apresenta o processo da implementação da aplicação, modelagem de dados, ferramentas utilizadas para armazenamento, análise, manipulação e tratamento de dados espaciais e exemplos de resultados obtidos.

O capitulo 4 apresenta as referências bibliográficas.

[2] Disponível em: <http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será exposto todo o referencial teórico utilizado para a manipulação e organização das informações bem como as tecnologias que serão utilizadas nesse trabalho.

2.1.1 Sistema de Informação Geográfica

As civilizações desde a antiguidade utilizam mapas para fazerem marcações terrestres, marcando lugares e também utilizam para se localizarem onde estão ou para onde vão. Hoje em dia não mudaram os objetivos no uso dos mapas mas com a evolução dos computadores e suas tecnologias foi melhorada a forma como se faz uso dos mapas e das informações de representação geográfica.

Seguindo essa evolução foi criado o SIG - Sistema de Informação Geográfica fazendo relacionamento de diferentes áreas, como a informática com uso de banco de dados e desenvolvimento de sistemas e geografia com o relacionamento com mapas, dando ao SIG ferramentas para armazenar, manipular e visualizar dados geográficos e fazer análise espacial, podendo também dar auxilio à tomada de decisões.

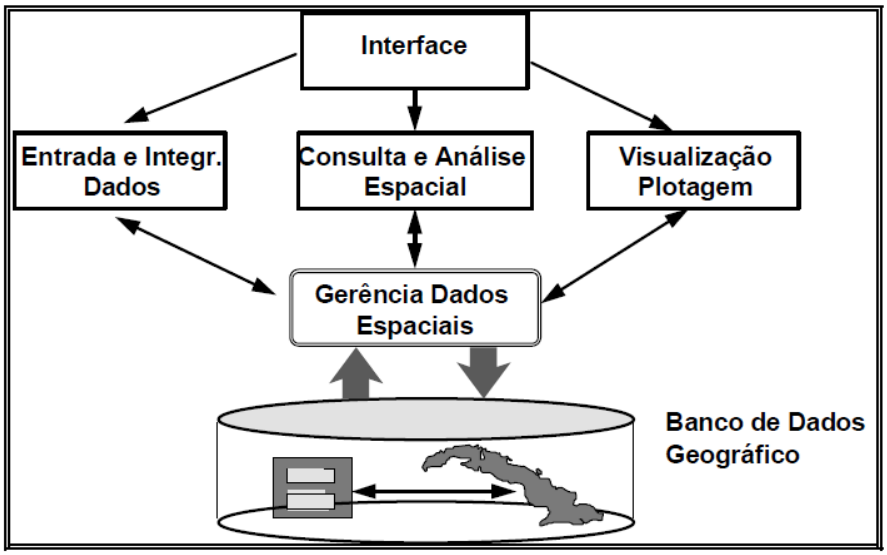
Os SIG são sistemas que realizam tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georeferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. (CÂMARA, 2005)

Um SIG está preparado para manipular grande quantidade de dados espaciais, tendo vários usos como na cartografia, inventários, planejamentos, estimativas e também em diversas áreas da ciência por exemplo: a hidrologia, geologia, agricultura, planejamento urbano, entre outras.

É representado o mundo real em um SIG utilizando as características geográficas bem definidas de dois elementos. Um elemento geográfico e um elemento atributo, não geográfico, elemento esse que vem a dar contexto para o dado geográfico que sozinho só representaria uma posição no mapa. Esses elementos que são utilizados por componentes de um SIG, componentes que se relacionam de forma hierárquica, como mostra a Figura 1. A interface

homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, analise, visualização e saída). Internamente ao sistema, um banco de dados geográficos armazena e recupera os dados espaciais. De acordo com os objetivos e necessidades os componentes podem ser implementados de outras formas, mas todos os subsistemas estão em um SIG. (CÂMARA, 2004)

Figura 1 - Componentes de um Sistemas de Informação Geográfica



Fonte: CÂMARA (2005)

A terceira geração de SIGs (“bibliotecas geográficas digitais” ou “centros de dados geográficos”), caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes locais e remotas, com interface via WWW (*World Wide Web*). Concordando com CÂMARA, (2001 cap.3 p.8), com o crescimento dos bancos de dados espaciais e necessidade de compartilhar requer o recurso de banco de dados distribuídos e que permitam o acesso as informações de SIGs distintos.

Atualmente acontece uma crescente convergência entre as tecnologias e os SIGs após a popularização dos “*smartphones*” que em grande maioria fazem marcações geográficas por meio de GPS - *Global Positioning System*, agregando a qualquer tipo de dado não espacial algum dos tipos de dados espaciais, dessa forma os georeferenciando.

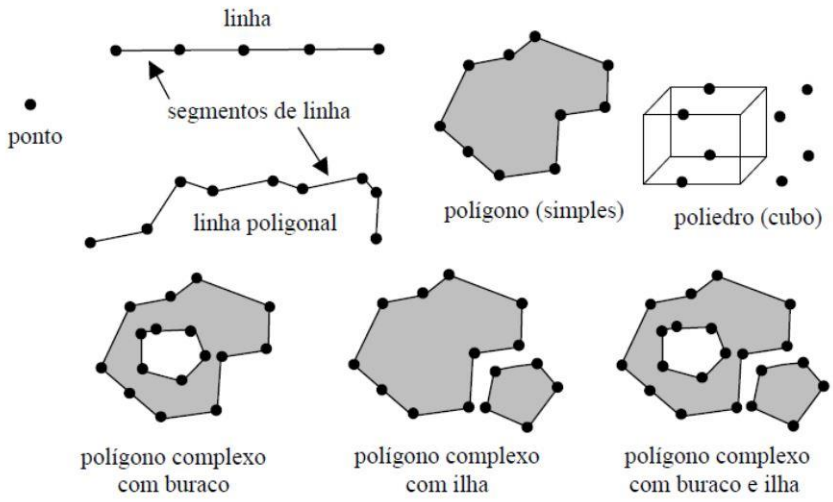
2.1.2 Dados Espaciais

Dado espacial é um dado que representa uma localização ou forma associada a uma posição geográfica. Da forma que dados não espaciais estão a dar valor e contexto ao dado espacial, o dado espacial é o mais importante e que dá valor no SIG pois quanto mais complexo se torna para analisar um grande volume de dados espaciais manualmente, mais valioso se torna o SIG.

> A característica central de dados espaciais é o fato das informações possuírem duas estruturas básicas e inter-relacionadas: geometrias e atributos. Tais estruturas são distintas não somente por se referirem a elementos conceituais diferentes, localização e características da localização, mas também, e talvez principalmente, por nem sempre poderem ser representadas de forma simples, como uma única tabela de dados. (RIBEIRO JUNIOR, 2005)

Os dados espaciais são representados na forma observada na figura 2, sendo o ponto a menor unidade possível para representar um objeto espacial, seguido pela linha como sequência de pontos conectados retilineamente e polígono que é sequência de linhas ou de linhas poligonais, sendo que esta sequência é fechada. Esses três tipos podem ter diversas implementações podendo se adequar as todas as formas dos objetos geográficos que irão representar no SIG.

Figura 2 - Tipos de dados espaciais



Fonte: CÂMARA (2005)

Baseado nos princípios da geometria, pontos, linhas e polígonos são usualmente definidos nos mapas, usando-se de um sistema cartesiano X,Y, como latitude e longitude. Inicialmente, toda ocorrência geográfica pode ser representada por um desses três objetos e um rótulo para identifica-lo.

2.1.3 Geo-Campos e Geo-Objetos

A modelagem do espaço geográfico se complementa por duas óticas: o modelo de campo e objeto.

> Existem dois modelos formais para entidades geográficos no espaço absoluto: geo-campos e geo-objetos. O modelo de geo-campos enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem observados. Por exemplo, um mapa de vegetação associa a cada ponto do mapa um tipo específico de cobertura vegetal, enquanto um mapa geoquímico associa o teor de um mineral a cada ponto. O modelo de geo-objetos representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades distintas e identificáveis, onde cada entidade é definida por uma fronteira fechada. Por exemplo, um cadastro urbano identifica cada lote como um dado individual, com atributos que o distinguem dos demais. (CÂMARA, 2005)

Segundo LIMA *apud* DAVIS, (1999), dois modelos são assim definidos:

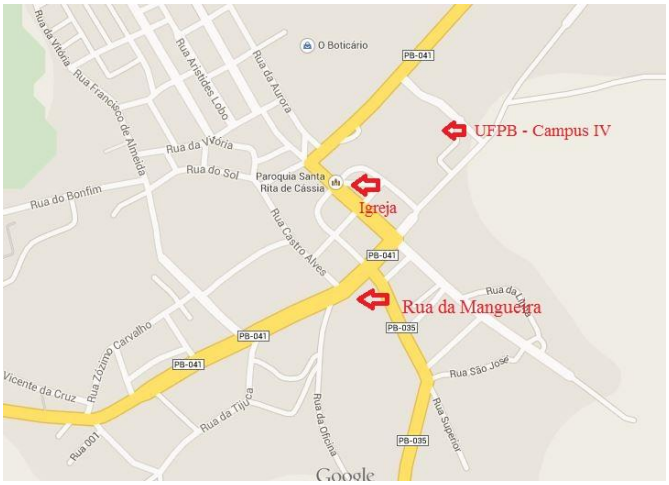
• Geo-campos: representam a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica num determinado instante. A ênfase de um geo-campo é na análise das características da região como na Figura 3 e não na identificação dos objetos da mesma. O componente espacial de um geo-campo pode ser representado por uma tesselação, um conjunto de isolinhas, uma rede triangular (TIN), subdivisão planar ou um conjunto de valores amostrais.

Figura 3 - Modelo de geo-campo modelo de camada de relevo

Fonte: Adaptada do GoogleMaps (2014)

• Geo-objetos: nesse modelo, a região geográfica é vista como uma superfície ocupada por objetos geométricos identificáveis, e não necessariamente disjuntos. A ênfase de um geo-objeto é na identificação de objetos do terreno como na Figura 4 e não na análise das características da região. O componente espacial de um geo-objeto pode ser representado por formas geométricas simples, como ponto, linha, polígono e até mesmo pela combinação desses elementos, o que é conhecido por rede geométrica.

Figura 4 - Modelo de geo-objeto: Mapa urbano



Fonte: Adaptada do GoogleMaps (2014)

Os limites da Figura 3 correspondem apenas a eventuais limitações do instrumento sensor e não do fenômeno medido. A principal diferença entre um geo-campo e um geo-objeto é como se comporta a fronteira. A fronteira de um geo-campo é uma divisão definida apenas com nossa competência de medi-lo. Dessa forma, o geo-campo pode dividisse em partes e mesmo assim mantem sua propriedade básica tendo função de atributo. Diferentemente de um geo-objeto, que é fundamentalmente definido por sua fronteira bem definida, que o separa do mundo exterior; não pode dividi-lo e manter suas propriedades essenciais. Já dentro de sua fronteira, todas as propriedades do objeto são fixas.

2.1.4 Representação Matricial e Representação Vetorial

O Geo-Campo e o Geo-Objeto são mapeados para duas estruturas para representá-los, cada um com formas distintas de ser representado sendo assim em outras palavras a forma em que os dados espaciais são armazenados.

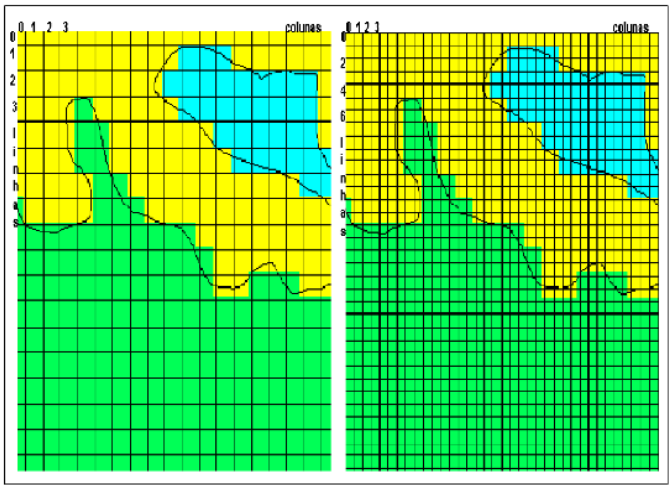
- Representação Matricial

Os dados matriciais, ou *raster*, são representados por uma matriz e consiste em uma decomposição finita do plano em células disjuntas e discretas, também chamadas de pixel ao se cruzarem, Figura 5. Cada *pixel* apresenta um valor referente ao atributo, além dos valores que definem o número da coluna e o número da linha, correspondendo (quando o arquivo está

georreferenciado) às coordenadas x e y, respectivamente. Normalmente estes dados são imagens de satélite que são adquiridas de forma matricial e armazenadas de forma digital.

Essa representação tem a vantagem do espaço ser uniformemente definido, dando assim mais poder analítico do que o vetorial em espaços contínuos, são excelentes para avaliar modelos ambientais e podem incorporar facilmente imagens de satélites pois elas usam o modelo *raster*.

Figura 5 - Representação Matricial



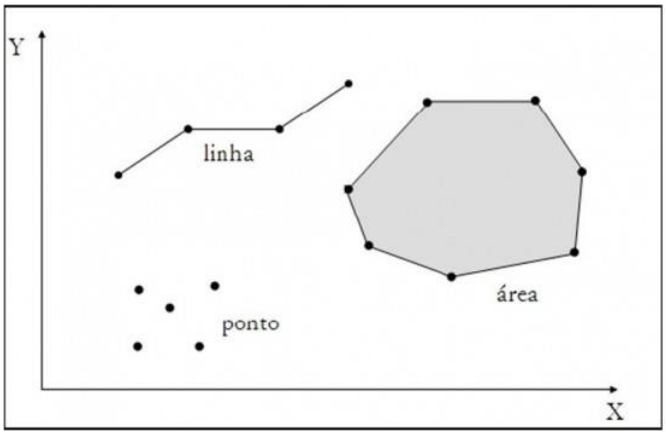
Fonte: Câmara (2005)

- Representação Vetorial

Na representação vetorial, a localização e a feição geométrica do elemento são armazenadas e representadas por vértices definidos por um par de coordenadas, dependendo da sua forma e da escala cartográfica, consideram-se três elementos gráficos: ponto, linha e polígono, a representação vetorial através de pontos, linhas e polígonos possui características que a distinguem como mostra a Figura 6, de forma a representar da melhor forma os objetos na superfície da terra.

O modelo vetorial é mais eficiente no armazenamento dos dados pois só guarda contornos e nada do que está dentro deles. O grande atrativo desse modelo são as funções próprias para esse modelo que estão nos SGBD - Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados.

Figura 6 - Representação Vetorial



Fonte: Câmara (2005)

A representação vetorial por pontos, linhas e polígonos tem características que a distingue a ser melhor para representar objetos na superfície da terra. Na tabela 1 pode ser observada essas características.

Tabela 1 - Características das representações vetoriais-

Representação Vetorial	Descrição
Pontos	Representados por um vértice, ou seja, por apenas um par de coordenadas, definindo a localização de objetos que não apresentam área nem comprimento. Ex.: representação de uma árvore, poste, local de votação, etc.
Polígonos	Representados por no mínimo três vértices conectados, sendo que o primeiro vértice possui coordenadas idênticas ao do último, gerando, assim, polígonos fechados que definem elementos geográficos com área e perímetro. Exemplos: limites políticos-administrativos (municípios, estados), classes de mapas temáticos (uso e cobertura do solo, pedologia).
Linhas poligonais ou arcos	Representados por, no mínimo, dois vértices

	conectados, gerando polígonos abertos que expressam elementos que possuem comprimento ou extensão linear. Exemplos: estradas, rios.

Em operações onde se requer maior precisão, a representação vetorial é mais adequada. As operações de álgebra de mapas são mais facilmente realizadas no formato matricial. No entanto, para um mesmo grau de precisão, o espaço de armazenamento requerido por uma representação matricial é substancialmente maior. (CÂMARA, 2001)

2.1.5 Consórcio OpenGis

Com a evolução das tecnologias para a manipulação de dados espaciais e sua convergência com outras, essa evolução acontecia na forma que seus desenvolvedores a faziam e como em qualquer outro sistema heterogêneo deve se garantir a interoperabilidade para que tudo se comunique de forma correta, assim necessitava-se de um padrão. Padrão esse feito em suas especificações como, SFS que define um formato de acordo com SQL padrão já sendo substituído pelo SFA, que trata geometrias em 3D; WFS que define a forma de acesso através do ambiente web, baseados em GML; WMS que define a leitura de n camadas de informações geográficas(*layers*). WCS define como é renderizado dos dados; GML define o transporte e armazenamento de informações geográficas, baseado em XML, muito implementado na forma de *shapefile*. Nessa linha foi criado o consórcio OpenGIS, atualmente responsável por manter o padrão, promover melhorias, desenvolver interfaces para softwares, permitindo a comunicação entre eles. O OpenGIS é um órgão reconhecido por diversas agências e comitês, tais como, ISO, IETF, W3C, LIF, FGDC, EOGEO aceitaram o OpenGIS como padrão de implementação a ser seguido.

Criado em 1994, o OGC possui como objetivo criar padrões abertos para garantir a interoperabilidade entre sistemas que gerenciam informações geo-espaciais. Inicialmente o consórcio era chamado de OpenGIS. Quando passou a ser chamado de OGC, suas especificações e documentos criados receberam a denominação de OpenGIS. Produtos que implementam ou atendem às especificações da OGC também estão associados à designação OpenGIS (LOURENÇO, 2008).

O principal objetivo do Consórcio Open GIS em lançar esta especificação foi definir um padrão baseado em SQL que suportasse armazenamento, consulta e alteração de coleções de feições geográficas simples. (SILVA, et al. 2004)

OpenGIS ou *Open Geospatial Consortium* (OGC) é um consórcio internacional de padrões composto de 481 empresas, agências governamentais e universidades que participam em um processo de consenso para o desenvolvimento de padrões de interface disponíveis publicamente. OGC e OpenGIS são marcas registradas do *Open Geospatial Consortium* (OGC, 2014).

2.1.6 Linguagem de consulta SQL Spatial

A SQL é a linguagem padrão utilizada para manipular bases de dados relacionais. Com ela é possível inserir, atualizar e excluir registros, criar, atualizar e excluir tabelas, fazer união entre as tabelas, enfim, a SQL utiliza um conjunto de instruções simples para efetuar todas as operações numa base de dados, SELECT para recuperar dados da base de dados, WHERE define uma ou mais condições para uma operação, INSERT adiciona novas entradas na tabela, UPDATE permite alterar valores da base de dados, DELETE permite excluir entradas da base de dados, entre outras. Depois de seguidas extensões culminou no padrão que segundo CAMARA (2005) SQL é formada basicamente por duas sub-linguagens:

- Linguagem de definição de dados (SQL DDL): fornece comandos para definir e modificar esquemas de tabelas, remover tabelas, criar índices e definir restrições de integridade.
- Linguagem de manipulação de dados (SQL DML): fornece comandos para consultar, inserir, modificar e remover dados no banco de dados.

Porém para poder manipular também tipos de dados espaciais a linguagem SQL necessita de uma extensão espacial que segundo CAMARA (2005), deve:

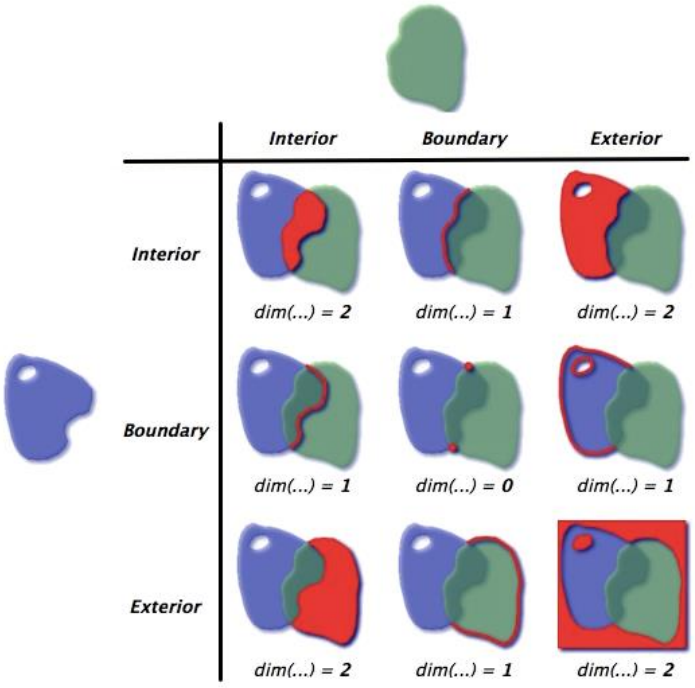
- fornecer tipos de dados espaciais (TDEs) em seu modelo de dados, e mecanismos para manipulá-los;
- estender SQL para incluir operações sobre TDEs, transformando-a de fato em uma linguagem para consultas espaciais;

• adaptar outras funções de nível mais interno ao SGBD para manipular TDEs eficientemente, tais como métodos de armazenamento e acesso, e métodos de otimização de consultas.

A linguagem Spatial SQL, desenvolvida por Egenhofer, representa um exemplo de linguagem de consulta espacial baseada em SQL. (CÂMARA, 2005)

Para suportar relações espaciais entre objetos geográficos com estruturas mais complexas, como regiões com ilhas e separações, foi necessário acrescentar o conceito de exterior de um objeto geográfico ao modelo de 4-Interseções que só possuía interseções entre fronteiras e interiores. Portanto, o modelo foi estendido para analisar o resultado da interseção entre as fronteiras, interiores e exteriores de dois objetos, resultando em um novo modelo como na Figura 7, chamado Modelo de 9-Interseções. (FERREIRA, 2003)

Figura 7 - Relações topológicas 9-Intersection



FONTE: Suite OpenGEO (2014)

Os relacionamentos topológicos têm como base a matriz de 9-interseções. Pode-se citar como exemplo: *overlap* (sobreposição), *inside* (dentro) e *cover* (cobertura).

Spatial SQL divide-se em duas sub-linguagens, uma para consulta e outra para apresentação de objetos espaciais. A sub-linguagem de consulta estende SQL com operadores e relacionamentos espaciais. Distingue-se de outras extensões por preservar os conceitos de SQL e por conseguir um tratamento de alto nível dos objetos espaciais. (CÂMARA, 2005)

Nessa sequência de comandos SQL Spatial, seleciona-se quais são os trechos de logradouros ligadas pela "Avenida Epitacio Pessoa" utilizando a função ST_DWithin que retorna se as geometrias estão dentro de uma distância especificada.

```
SELECT      r2.*
FROM paraiba_osm_roads r1
        INNER JOIN
        paraiba_osm_roads r2
        ON ST_DWithin(r1.geom, r2.geom, 5)
WHERE       r1.name = 'Avenida Epitacio Pessoa'
        AND r1.name <> r2.name;
```

Nesse outro exemplo seleciona-se os nomes de todos os países que fazem fronteira com o Brasil utilizando a função Touch que retorna se as geometrias têm pelo menos um ponto em comum.

```
SELECT P1.Name AS "Vizinhos do Brasil"
FROM Pais P1,Pais p2
WHERE Touch(P1.Shape,P2.Shape)=1 AND P2.Name ='BRASIL'
```

2.1.7 Bancos de dados geográficos

Um Banco de dados é um conjunto de dados relacionados entre eles e classificados para atender as necessidades de informação dos usuários. Entende-se por dados, que são fatos conhecidos que podem ser armazenados e tem um significado contido. Quando se organiza um banco de dados é concebido para ter um armazenamento eficiente e manipulação dos dados. Uma compilação de programas permite que o usuário defina, crie e manipule os dados para qualquer fim que quiser, essa compilação denomina-se SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados nele terá ferramentas necessárias para tal finalidades.

A proposta de um SGBD é proporcionar um ambiente conveniente e eficiente para recuperação e armazenamento de informações. Os SGBD Relacionais (SGBD-R) foram criados para atender a aplicações com um grande volume de dados convencionais. Os SGBD-R organizam um Banco de Dados como uma coleção de relações onde os dados são agrupados em tabelas, compostas por linhas e colunas. (CÓRDULA, 2008)

Acontece que nesse modelo de banco de dados não é possível se trabalhar com dados espaciais pois o modelo relacional não nos dá suporte para o tratamento desses dados, diante disso partiu-se para o modelo objeto-relacional. Segundo NEVES (2005), O Modelo Objeto-Relacional é uma extensão do Modelo Relacional tradicional, incorporando novas funcionalidades e a capacidade de modelagem para tratar dados complexos (objetos) sobre estruturas relacionais (relações, usualmente mapeadas para tabelas físicas). Trata-se de uma modelagem mais natural e mais fácil de ser compreendida.

Os componentes utilizados nesse modelo zelarão para garantir a integridade, segurança e eficiência da modelagem para uma carga de utilização que for imposta. Esses componentes possuem relações aninhadas, tipos complexos, herança, tipo referência, consultas, funções e procedimento.

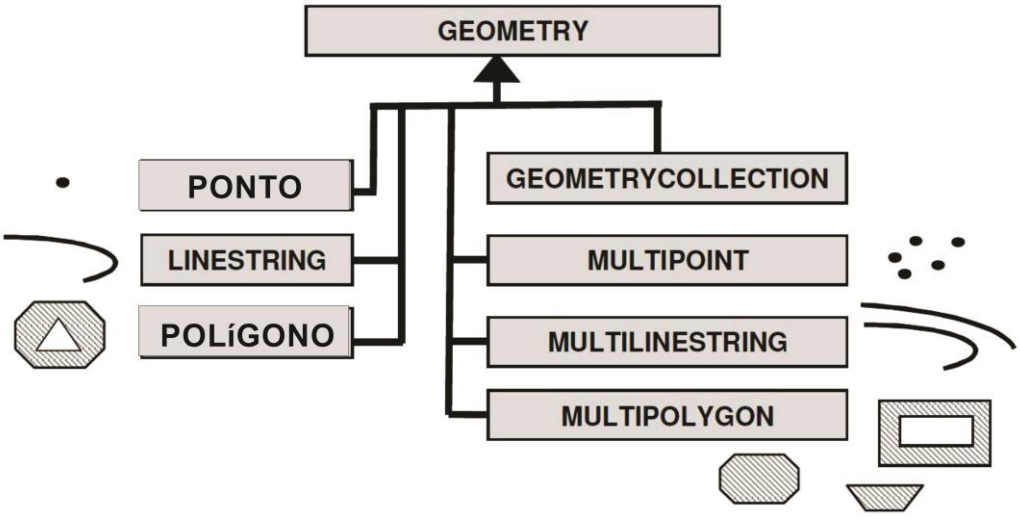
No caso de dados espaciais, existem extensões para modelagem física em ambos os SGBDOR, baseadas nas especificações do OpenGIS, porém existem variações relevantes entre os modelos internos de dados, semântica dos operadores espaciais, mecanismos de indexação e esquema de sintaxe da SQL estendida com tipos espaciais. (NEVES, 2005)

Um Banco de Dados Espacial (BDE) difere de um Banco de Dados convencional pela capacidade de armazenar não apenas dados descritivos, ou seja, alfanuméricos, mas também geometrias dos diferentes tipos de dados espaciais. Assim como um Banco de Dados convencional faz uso de um Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados, um Banco de Dados Espacial também faz uso de um SGBD, mas com uma diferença: a capacidade de manipular dados complexos, como os dados espaciais ou geográficos. Então, é através do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Espacial (SGBD Espacial ou SGBD com Extensão Espacial) que se faz possível a resolução de consultas espaciais. (CÓRDULA, 2008)

Como na Figura 8 mostra a hierarquia dos tipos geométricos e geográficos são baseados. Esses sete tipos instanciados dos tipos de dados geométricos e geográficos são *Point, MultiPoint, LineString, MultiLineString, Polygon, Multi Polygon e GeometryCollection*. Os tipos geométricos e geográficos podem reconhecer uma

instância específica, desde que ele é um exemplo bem formado, mesmo se a instância não está definida explicitamente.

Figura 8 - Tipos de dados geográficos



Fonte: NEVES (2005)

Os SGBDs Espaciais utilizam a linguagem SQL para consultas de relacionamentos entre geometrias. Esses relacionamentos podem ser de três tipos: métricos, que se baseiam na relação de distância entre geo-objetos, direcionais e topológicos, feitos através da comparação das interseções do interior, limite e exterior de geo-objetos comparados. (CÓRDULA, 2008) As consultas espaciais são formuladas a partir de condições baseadas na localização, na forma e nas relações topológicas dos elementos geográficos.

O SGBDG – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Geográfico deve garantir que as propriedades fundamentais de SGBD convencionais sejam aplicáveis a dados geográficos. Estas propriedades segundo VIEIRA, GOMES, (2012) incluem três requisitos importantes: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados); integridade (controle de acesso por múltiplos usuários); e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessam o dado). Atualmente existem muitos SGBDs que tratam dados espaciais, pelo crescimento do uso desses dados nos sistemas de informação, as grandes empresas que desenvolvem esse tipo de ferramenta já possuem sua extensão geográfica, citarei alguns, Oracle *Spatial, Postgres(PostGis), Mysql Spatial, SQL*

Server Spatial, IBM DB2 Spatial Extender e *IBM Informix Spatial Datablade*. Sendo desses citados somente o *Postgis* e o *Mysql Spatial* são de licença *open source,* dentre elas foi escolhida para ser trabalhada nesse trabalho o *Postgis.*

2.2 GEOSSÍTIOS

As maravilhas geológicas da natureza têm sempre fascinado as pessoas e são parte fundamental de sua identidade cultural. As pessoas se deslocam para visitar montanhas, cachoeiras, grutas, desfiladeiros e outras belezas naturais. Do Grand Canyon a Huangshan ou do Pico do Jabre as Cataratas do Iguaçu existem inúmeros exemplos de feições geológicas de relevância que atrai turistas que visitam não só pelas belezas nas formas mas para conhecer os processos de como modelaram a terra.

Os sítios geológicos ou geossítios nos permitem entender a forma como nosso planeta é hoje e a diversidade da nossa fauna e flora. Os geossítios, que incluem a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade, são vulneráveis e representam patrimônio não renovável que pertence à humanidade.

A identificação e caracterização constituem na inventariação, que deve ser planejada de forma sistemática e orientada a partir de método com critérios, tendo objetivo e âmbito de trabalho já definidos por quem irá gerir a informação do patrimônio geológico.

A inventariação é peça chave para desenvolver as estratégias para geoconservação pois com o conhecimento do patrimônio geológico pode-se implementar ações, determinar o tipo delas e extensão do que vai ser necessário para proteção e otimizar a gestão do ambiente, dos recursos e paisagens, montando regras entre o uso e a proteção desses recursos naturais.

2.2.1 Definição

Segundo CEAP (2013), geossítio é a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade (quer que seja em resultado da ação de processos naturais quer devido à intervenção humana), bem delimitado geograficamente e que apresente valor singular do ponto de vista científico, didático, cultural ou turístico, como: descobertas cientificas, história da Terra, monitoramento do meio ambiente, prática de esportes radicais, etc.

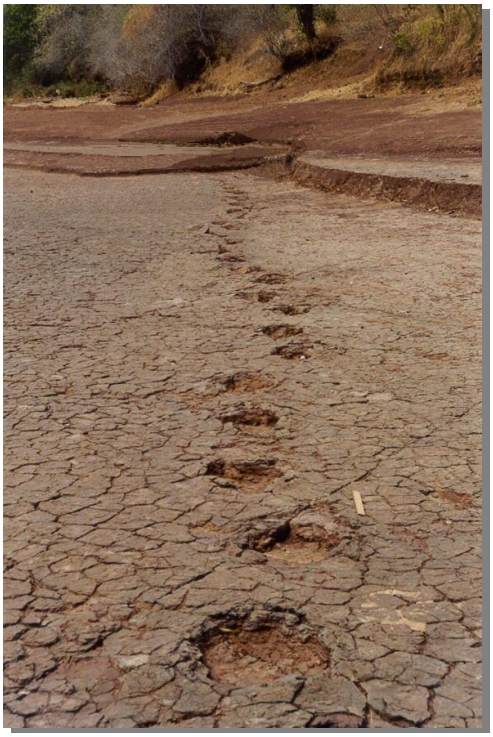
Os geossítios do patrimônio geológico, são ocorrências de um ou mais elementos da geodiversidade que apresentam valores científicos superiores à média da região, sendo identificados como localidades essenciais para demonstração dos aspectos e estágios chave na evolução geológica do estado. (LIMA, 2008)

Em um conceito amplo, Geossítio é uma exposição natural ou artificial de um ou mais elementos da geodiversidade, bem delimitado geograficamente, que apresenta valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, ou outro. Segundo (BRILHA, 2005), o conjunto de geossítios inventariados e caracterizados numa dada área ou região constitui o Patrimônio Geológico.

O estado da Paraíba possui muitos desses geossítios e como o estado é constituído de uma variedade geológica que vai de falésias a beira mar, montanhas e até fosseis. Cada uma tem características diferentes, dando a eles atrativos para gostos diversos alguns já são visitados e outros explorados não só por estudiosos mas por turistas e estudantes.

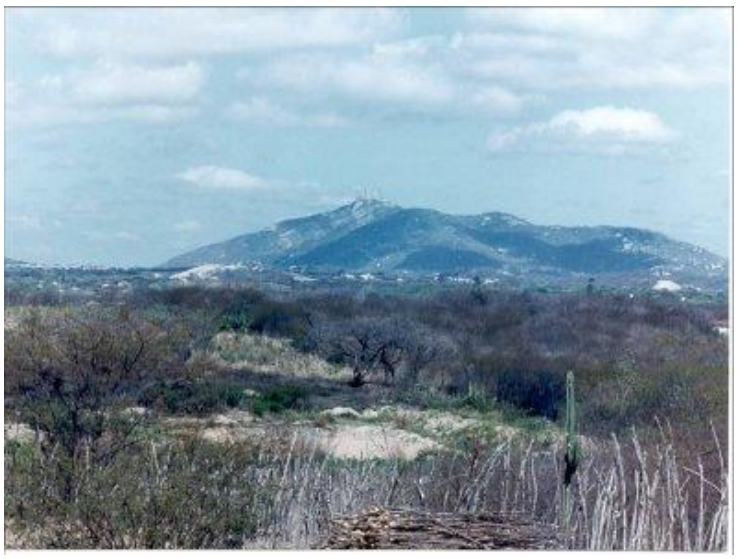
Alguns desses poucos que são conhecidos já são protegidos pelo estado, por exemplo, na Figura 9 o Parque Natural Vale dos Dinossauros, localizado nos municípios de Sousa e Uiraúna, o Parque Estadual do Pico do Jabre na Figura 10, localizado no município de Matureia ambos no sertão do estado e o Parque Estadual Pedra da Boca na Figura 11, localizado no município de Araruna bem na divisa com Rio Grande do Norte.

Figura 9 - Pegadas de dinossauros



Fonte: SIGEP (2000)

Figura 10 - Pico do Jabre



Fonte: SUDEMA (2011)

Figura 11 - Pedra da Boca

Fonte: SUDEMA (2011)

Outros que não são protegidos mas são exemplos da diversidade dos geossítios no estado, por exemplo, o Lajedo de Pai Mateus na Figura 12, localizado no município de Cabaceiras, as Falésias da Praia do Tambá na Figura 13, localizado no município da Baia da Traição e a Cachoeira do Roncador na Figura 14, localizado no município de Borborema.

Figura 12 - Lajedo do Pai Mateus

Fonte: Sinaarquivo (2010)

Figura 13 - Falésias na Praia do Tambá

Fonte: http://viagemeviagem.com.br (2013)

Figura 14 - Cachoeira do Roncador

Fonte: http://borboremaparaiba.blogspot.com.br (2010)

Então devido as suas diversas características apresentadas nesses exemplos, os geossítios podem ser classificados em níveis diferentes dentro dos âmbitos geológico,

educacional, turístico e de conservação. Fazendo disso um dado a mais para uma busca mais precisa.

2.2.2 Características

Segundo LIMA (2008), dentro dos métodos criados para caracterizar, inicia-se pelo objetivo do qual possui quatro aspectos fundamentais: objeto, valor, âmbito e utilidade.

2.2.2.1.1 Objeto

Define-se objeto como o tema do que se vai inventariar, como por exemplo: o patrimônio geológico, o patrimônio geomorfológico, o patrimônio mineiro ou ainda os contextos geológicos ou categorias temáticas. Neste caso o objeto correspondendo ao patrimônio geológico ele compreende elementos excepcionais paleontológicos, geomorfológicos, hidro geológicos, entre outros que constituem a geodiversidade.

2.2.2.1.2 Valor

Também importante esse aspecto, ele está estritamente ligado a utilidade proposta ao geossítio, sendo observados pelos valores: cientifico, estético, pedagógico, econômico, cultural, entre outros. Dado ênfase em inventariar pelo valor cientifico, uma vez que melhor representam a geologia do Brasil, aspectos essências para avaliar e conservar o patrimônio cultural nacional. Outros valores, como o estético, pedagógico e econômico quando existentes, poderão agregar valor aos geossítios.

2.2.2.1.3 Âmbito

Refere-se a área geográfica onde acontecerá a inventariação, como: município, unidade de conservação, país e etc. De acordo com os objetivos segue-se no âmbito do estado da Paraíba.

2.2.2.1.4 Utilidade

Considera-se a utilidade como uma atribuição ao geossítio inventariado, como por exemplo: sustentar o desenvolvimento de uma estratégia de geoconservação, promover o geoturismo. Além de servir de suporte para o desenvolvimento de estratégias de geoconservação, também serve para garantir a continuidade de pesquisas, educar e formar geólogos, divulgar e valorizar as ciências geológicas, apoiar o desenvolvimento sustentável e suportar políticas públicas de conservação.

3 DESENVOLVIMENTO

Colocando em prática o estudo realizado na fundamentação, aliados aos objetivos desse trabalho na forma de uma implementação de uma ferramenta utilizando de um SIG para tratar os dados geográficos. No decorrer dos próximos tópicos serão demonstrados diagramas de classe, diagramas de arquitetura, tecnologias usadas e protótipos de telas da ferramenta.

3.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

3.1.1 Metodologia

Para o alcance dos objetivos do trabalho, foram realizadas pesquisas de caráter bibliográfico que pudessem trazer fundamentação para o estudo e o desenvolvimento da aplicação. As etapas desenvolvidas durante este processo foram:

- Levantamento bibliográfico sobre Banco de dados geográfico e Geossítios;
- Estudo da importância do levantamento sobre os sítios geológicos da Paraíba;
- Definições das ferramentas a serem utilizadas para alcançar os objetivos;
- Reuniões para definir objetivos da aplicação e coleta das marcações espaciais;
- Tecnologias de apoio ao desenvolvimento da aplicação;
- Desenvolvimento da aplicação;
- Recebimento dos dados coletados;
- Geração dos resultados das consultas geográficas

3.1.2 Coletas de dados

Para ser possível chegar aos objetivos com os resultados a partir dos dados dos geossítios a coleta dos dados dos geossítios foi feita pelo Prof. Me Leonardo Figueiredo e

seus alunos de seu projeto do curso de ecologia, entre os valores coletados estão a posição geográfica, nome, localidade e descrição feita dentro dos padrões para dados espaciais. Os demais dados foram coletados dos repositórios públicos do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas e do Serviço Geológico do Brasil, ou simplesmente CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

3.1.3 Importação de dados

Para ter compatibilidade entre os dados de várias fontes diferentes foi utilizado a importação desses dados na forma de *shapefile* disponíveis nos sites dos órgãos coletados, os *shapefile* é um formato popular de arquivos que tenham dados geográficos em forma de vetor usados pelos SIGs, esses arquivos montam uma tabela na forma que ela foi criada na sua base de origem.

Esse padrão foi desenvolvido e feito a regulamentação pela Esri - *Environmental Systems Research Institute* como uma especificação aberta para interoperabilidade por dados entre os softwares do instituto e de outras empresas.

Os Shapefiles descrevem geometrias: pontos, linhas, e polígonos. Essas geometrias podem representar Pontos turísticos, Rodovias e Divisões políticas de território, respectivamente, entre outras. Em cada um poderá ter atributos para descreve-los, por exemplo: nome, características ou localidade.

3.1.4 Dificuldades encontradas

Foram enfrentadas algumas dificuldades em relação ao aplicar os conhecimentos técnicos obtidos na graduação para uma outra área de estudo completamente nova, sendo sanados após um estudo bibliográfico e reuniões feitas com o Prof. Leonardo onde iam sendo sanadas as dúvidas que surgiam.

Alguns problemas com os dados foram encontrados pois não estava acontecendo a importação do *shape* das localizações dos geossítos por conta da incompatibilidade entre a

codificação de caractere do *shape* e a da base. Que teve como solução a mudança da ferramenta que importava o *shape* assim podendo dar continuidade ao projeto.

E também no reconhecimento dos nomes das tabelas pelas funções geográficas, onde já tinha criado na base mas não reconhecia as tabelas importadas de *shapes*, assim não retornando resultado. Buscando uma solução foi feito um estudo sobre a ferramenta postgres e foi detectado que para *shapes* importados tinha um problema de nomenclatura das tabelas assim gerando uma incoerência de relacionamento entre elas.

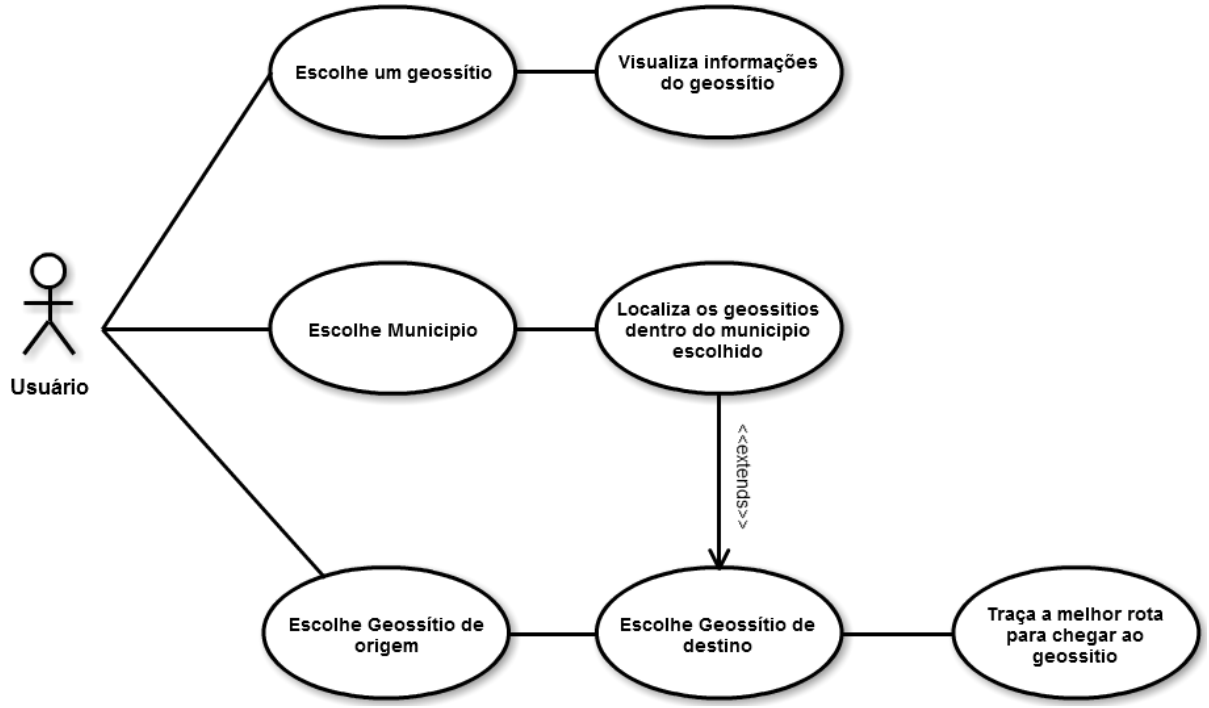
3.2 MODELAGEM DE DADOS

A documentação é uma parte importante do desenvolvimento de uma aplicação, melhorando o entendimento para etapas seguintes e facilitando na manutenção da mesma.

3.2.1 Diagrama de caso de uso

Pode ser observado na Figura 15 os casos de uso que são, no caso 1 o usuário escolher um geossítio dentro de uma lista e visualizar informações sobre esses geossítios ao seleciona-los. No caso 2 o usuário escolhe um município e será apresentado os geossítios que pertencem a esse município dentre eles se pode escolher como ponto de origem e escolher numa lista entre todos um geossítio de destino e será traçado a melhor rota dessa sede do município escolhido até o geossítio escolhido.

Figura 15 - Diagrama de caso de uso



No caso 3 o usuário escolhe um geossítio de origem e um de destino entre todos e será traçado a melhor rota entre os dois.

3.2.2 Diagrama de Sequência

O diagrama de Sequência nas Figuras 16 e 17 apresenta o que acontece passo a passo desde a requisição ao resultado do que foi requisitado, começando o usuário fazendo a escolha dos pontos de origem e destino e a aplicação recebendo esses pontos e utilizando de uma camada de acesso a base de dados utilizando REST, feito o acesso ao banco e passo a consulta que utiliza funções geográficas que farão o cálculo das coordenadas passando de volta via REST que por vez retorna a aplicação que usará funções da API do Google Maps para traçar a rota no mapa entre os pontos, mostrando na tela o que foi selecionado pelo usuário.

Figura 16 - Diagrama de Sequência do cenário 1

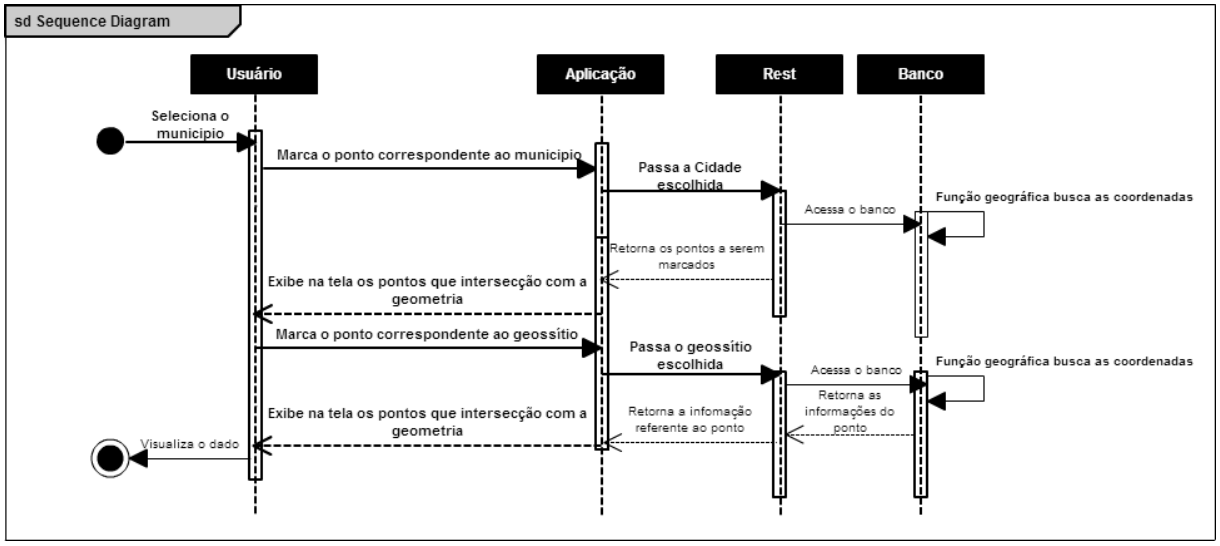
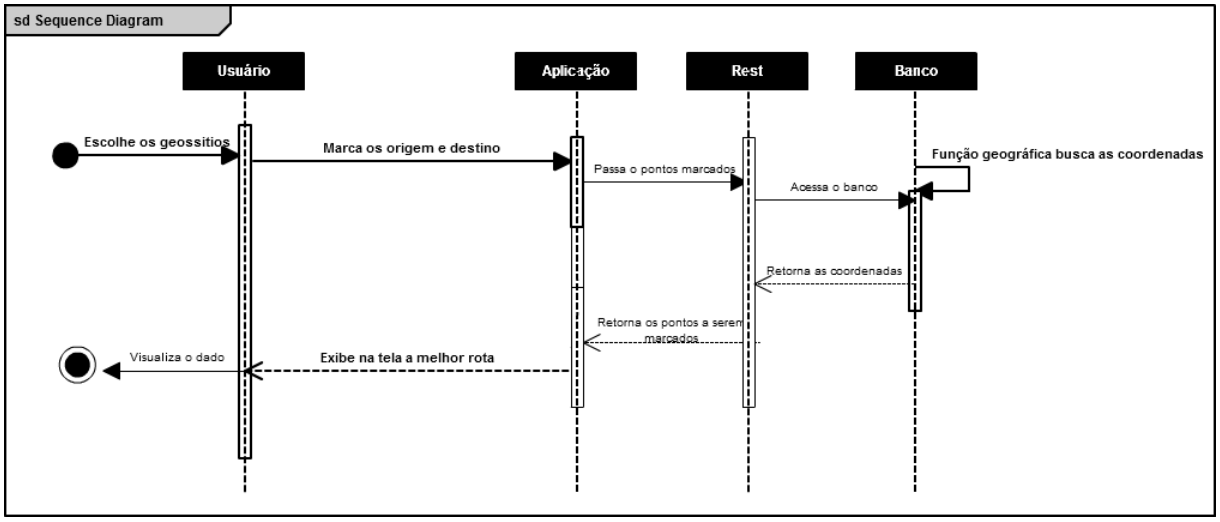
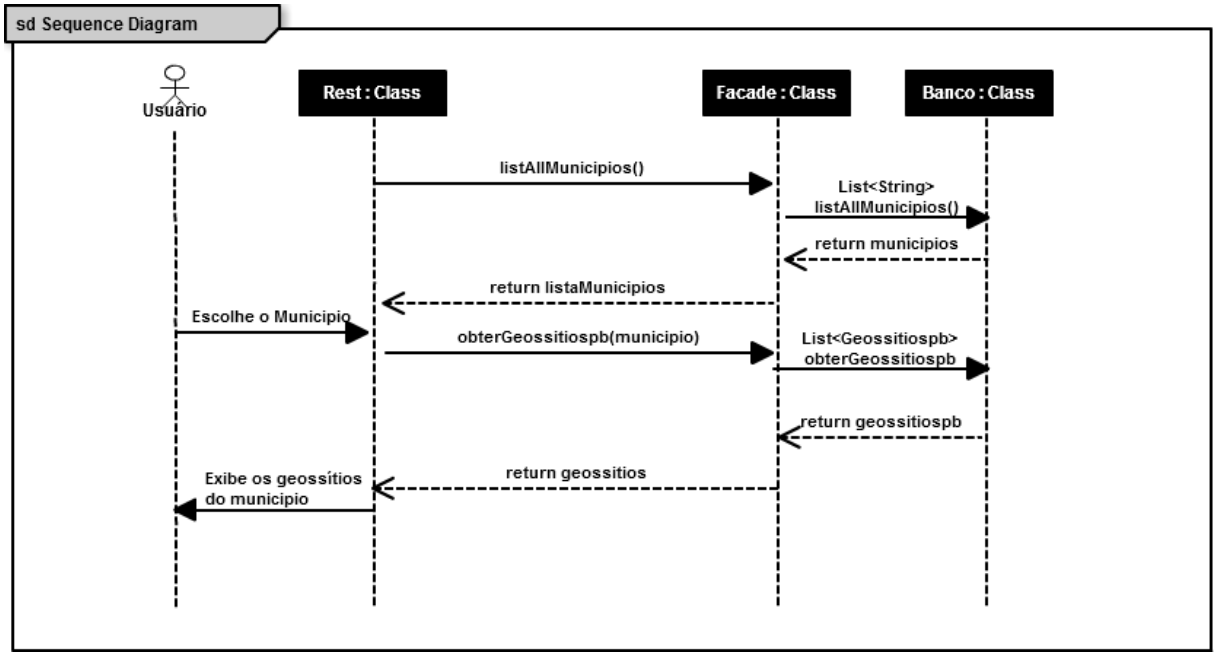


Figura 17 - Diagrama de sequência do cenário 2



Na Figura 18 exemplifica a sequência do uso dos métodos da busca dos geossítios que pertencem a um município escolhido.

Figura 18 - Sequência dos métodos da busca dos geossítios que de um município

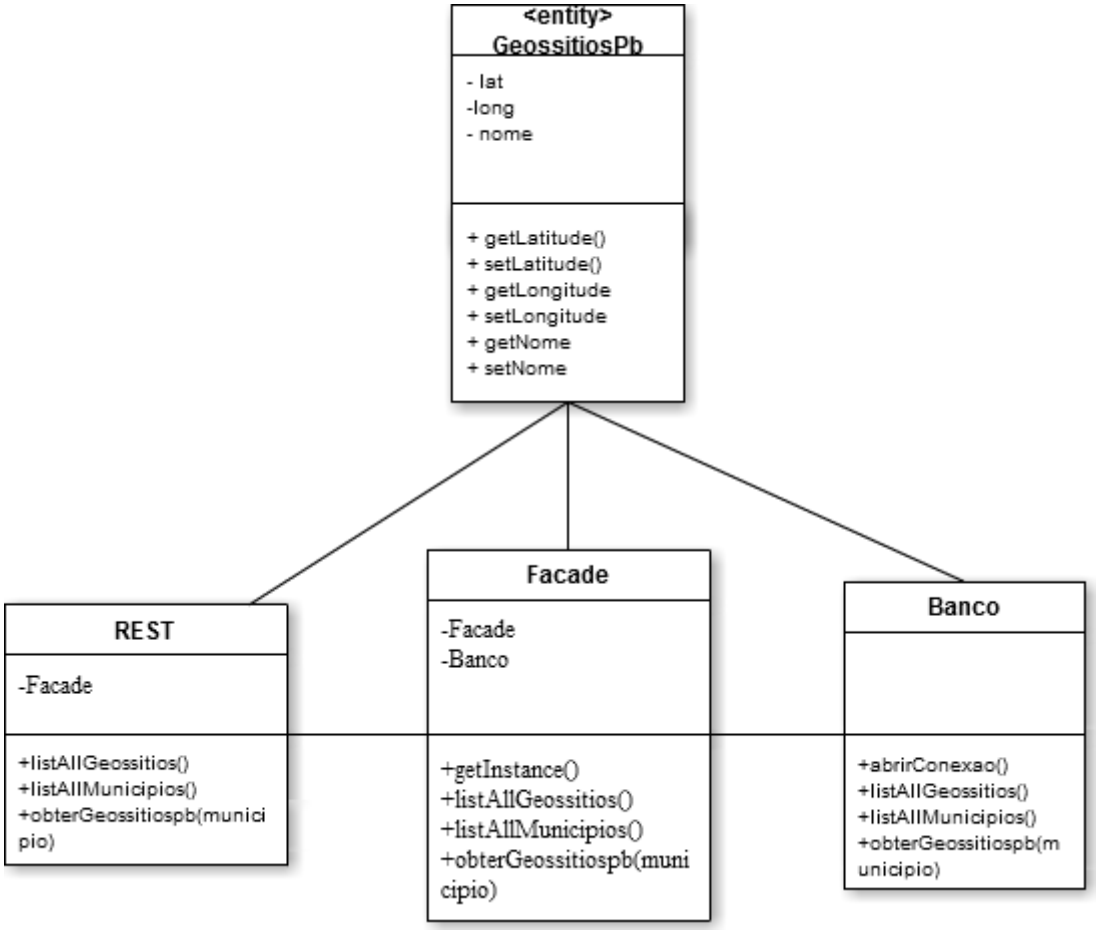


3.2.3 Diagrama de classe da camada Rest

O diagrama representado na Figura 19 apresenta uma camada REST que foi implementada para facilitar a comunicação da base de dados a aplicação de forma mais simples, fazendo o transporte dos dados por json com o protocolo de serviços, que se utiliza de um conjunto de operações simples e entre as mais importantes estão POST, GET, PUT e DELETE.

Essa camada acessa a fachada Facade que ela possui instancia da classe Banco que provê conexão a base de dados.

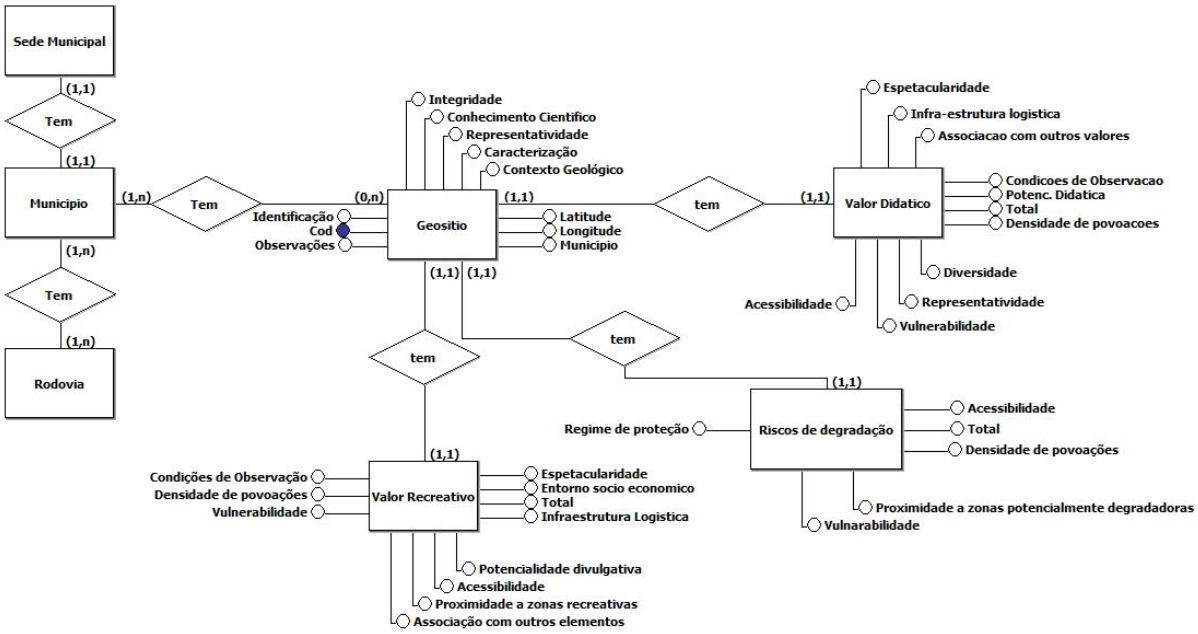
Figura 19 - Diagrama de Classes



3.2.4 Modelo Entidade Relacionamento da base de dados

Depois de identificadas as características, identificamos as entidades que compõe o um inventário de um geossítio e após estudo bibliográfico e levantamento com *stakeholders* descobrimos as seguintes, como na Figura 20: Município, Sede Municipal, Rodovia, Geossítio, Valor Didático, Valor Recreativo e Riscos de Degradação.

Figura 20 - Modelagem do banco de dados



Algumas dessas entidades foram geradas por meio shapes, nesse caso, município, rodovia, sede municipal e geossitio que vinham com estrutura e dados de sua origem. As outras entidades geradas por script sql tido como base a tese de (LIMA, 2008).

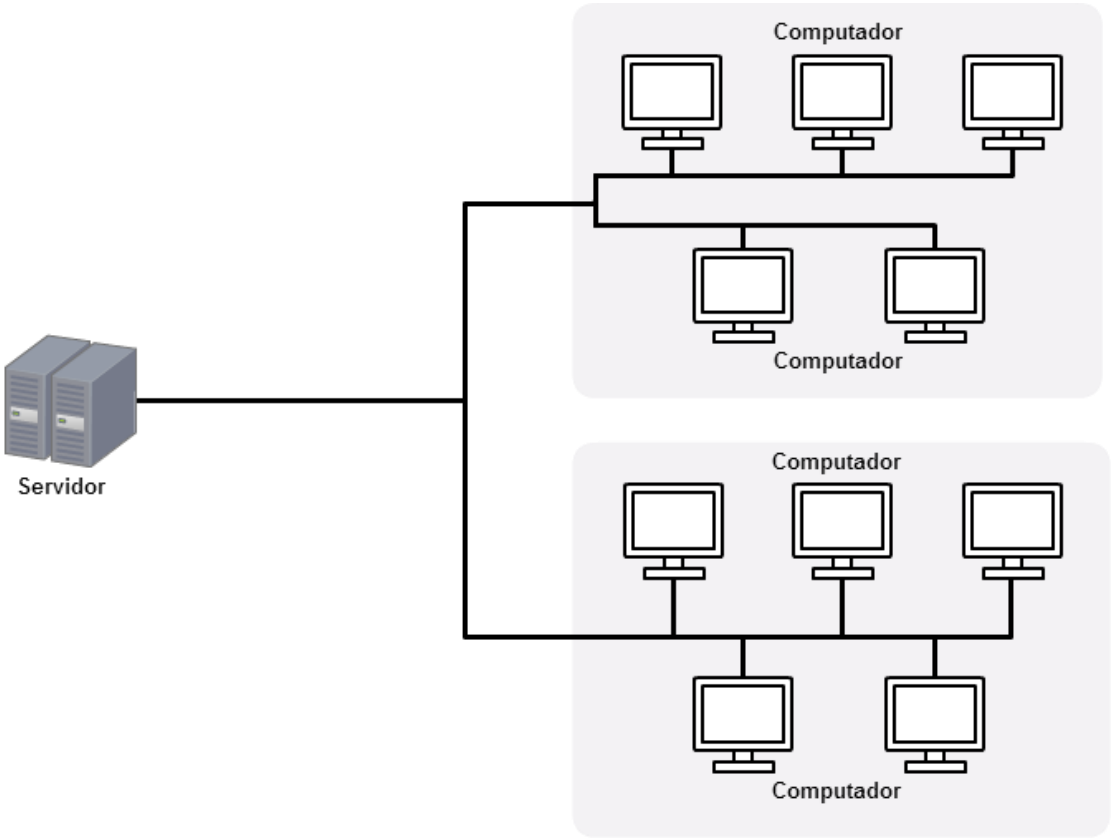
3.3 ARQUITETURA E TECNOLOGIAS UTILIZADAS

A aplicação foi construída utilizando preferencialmente ferramentas gratuitas de licença *opensource*, ou seja, de código aberto para o desenvolvimento de toda a camada de interface com o usuário e também a base de dados.

3.3.1 Arquitetura

Arquitetura baseada na Cliente-Servidor onde uma simples estrutura composta de várias máquinas, chamadas de clientes, fazem requisições a um ou vários servidores. O servidor é a estrutura de uma ou várias maquinas que hospedam a aplicação e seus recursos, tendo sua principal função responder as requisições dos clientes. Para melhor ilustrar a arquitetura pode ser observado na Figura 21 o conceito.

Figura 21 - Disposição do modelo cliente-servidor



3.3.2 Cacoo

O Cacoo é uma ferramenta *online* para o desenvolvimento de diagramas, sendo seu uso pode ser feito de forma individual ou pode ser feita de forma colaborativa em tempo real e de qualquer navegador conectado à internet.

3.3.3 PostGis

O PostGis é uma extensão espacial para o SGBD PostgreSql um banco de dados relacional, sua construção foi feita em com base em um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto relacional. Essa extensão é uma solução robusta para o suporte ao armazenamento, gerenciamento, tratamento e análise de dados espaciais. Ele segue os padrões de interoperabilidade da OGC, compatível com vários padrões de dados espaciais, se integra

facilmente a maioria dos SIGs do mercado, desempenho equiparado ou melhor a ferramentas proprietárias do mercado.

3.3.4 Qgis

O Qgis anteriormente conhecido como Quantum Gis é um SIG que proporciona a visualização, edição, gerenciamento, analise dos dados, compor mapas impressos e criar múltiplas camadas *raster* ou vetoriais para mapas, tendo uma vasta lista de recursos. Ele é mantido pela comunidade OSGeo, fornece integração com outros pacotes *open source* GIS inclusive o PostGis e tem acesso a vários formatos de dados adicionais

3.3.5 PgAdmin

O PgAdmin é uma ferramenta para desenvolvimento e administração do banco de dados Postgres o banco de dados *opensource* mais avançado, o Pgadmin é o mais popular e funciona em qualquer plataforma. Desenvolvido pela comunidade do Postgres, foi projetado para atender as necessidades de todos os usuários desde uma consulta sql simples à um desenvolvimento de um banco de dados complexo, sua interface gráfica suporta todas as funcionalidades do Postgres, facilitando a administração.

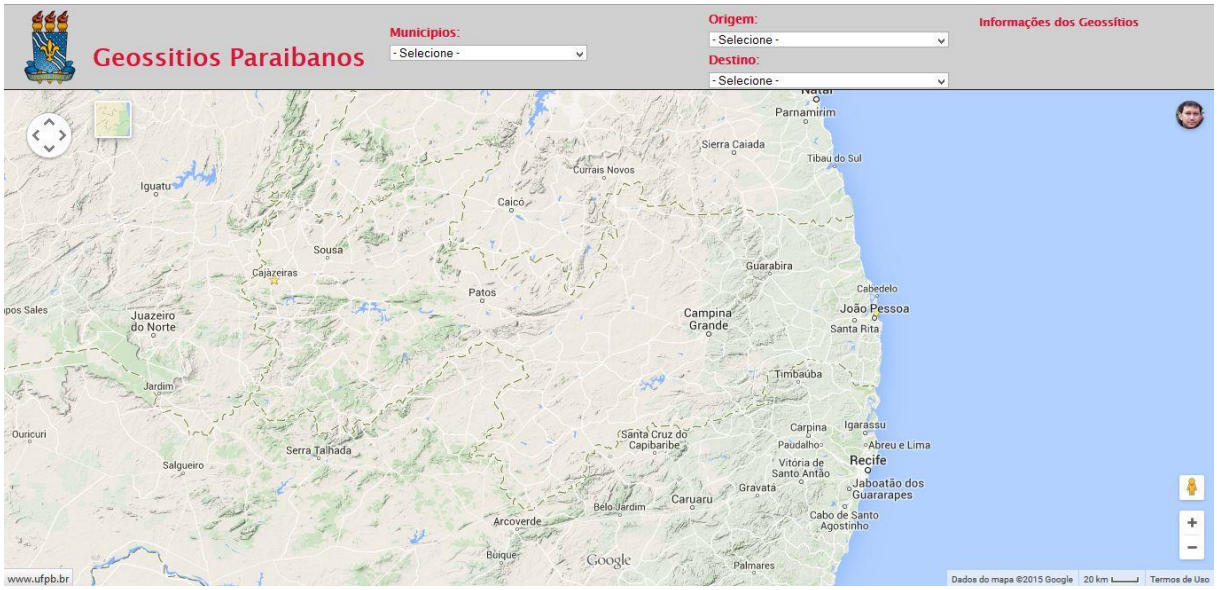
3.3.6 Eclipse

Uma IDE de desenvolvimento de softwares que suporta várias linguagens de programação, mantido pela comunidade *Eclipse Foundation*, seguindo o modelo de licença *opensource.* Auxilia no desenvolvimento, evitando ter que refazer muita coisa trivial e fazer muita mágica.

3.4 IMPLEMENTAÇÃO

Para a interface com usuário foi utilizado basicamente de html com css e javascript como pode ser observado na Figura 22, dando umas funções a mais para melhorar a experiência com usuário, a API - *Application Programming Interface* do Google Maps foi usada para geração do mapa para apresentar as marcações do objeto de estudo, chamadas REST - *Representational State Transfer* faz a interface enviar requisições a base e retornar com os dados a serem apresentados, o Postgres junto de sua extensão PostGis foi utilizada para guardar os dados e realizar a execução das funções geográficas e o QGIS usado para carregar os *shapes* e gerar as camadas de dados geográficos.

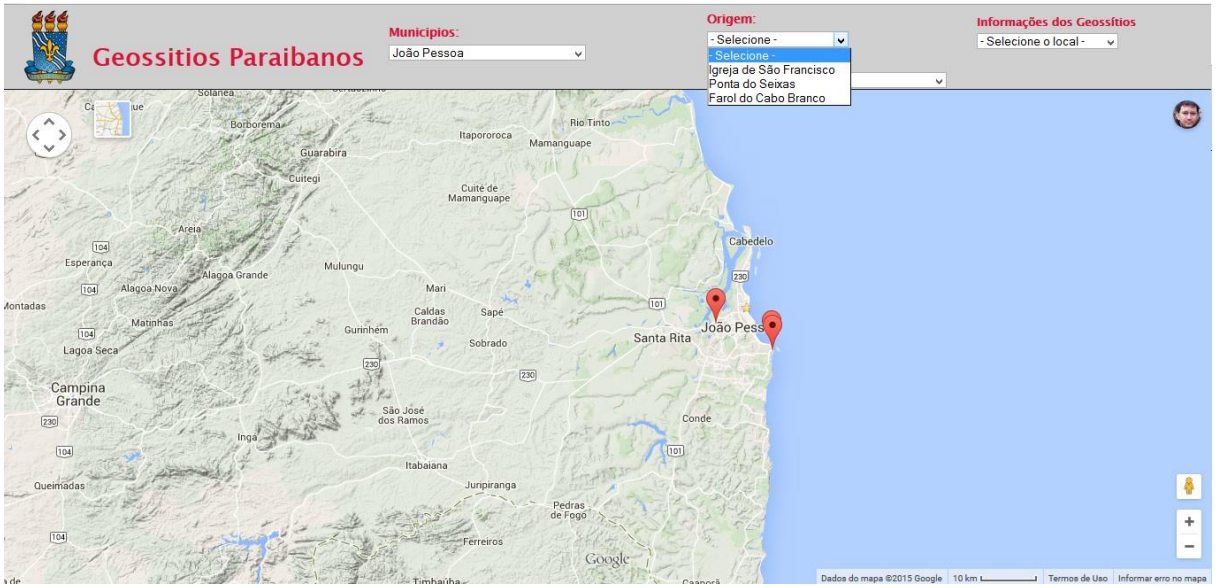
Figura 22 - Tela inicial da aplicação



3.5 Cenários

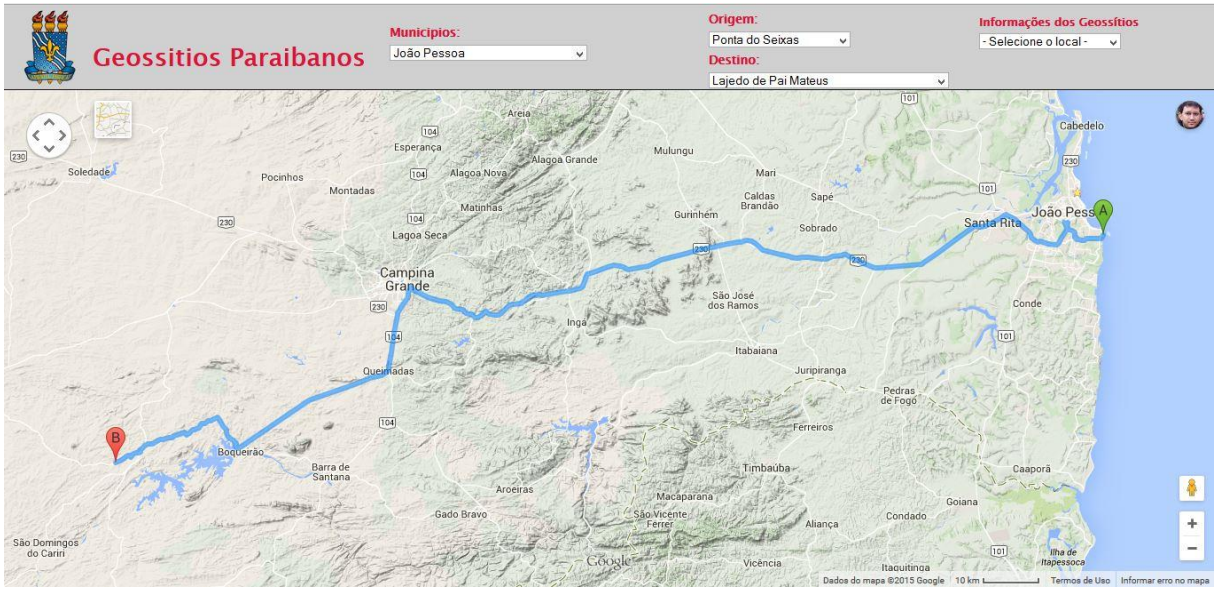
Apresentamos alguns cenários para demonstrar como a ferramenta funciona, assim visualizamos como será seus resultados de uma forma mais concreta.

Figura 23 - Tela dos geossítios do município selecionado



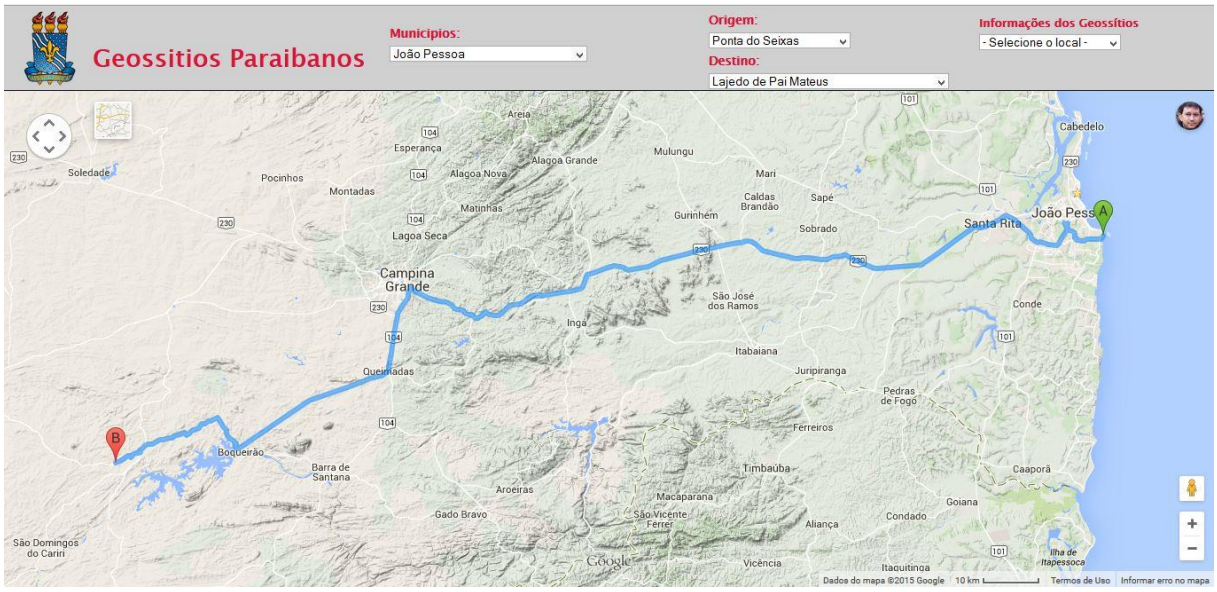
No primeiro cenário, como na Figura 17, apresenta um diagrama que demonstra a situação que um usuário irá buscar uma determinada cidade no mapa escolhendo na *combobox* onde está listado os municípios, o município que procura, ao escolhe-lo será listado os pontos(geossítios) que estão dentro desse município na *combobox* de geossítio de origem e exibidos no mapa, como apresentado na Figura 23, assim sendo os geossítios que pertencem ao município selecionado estão também listados na *combobox* dos geossítios de origem ele pode escolher entre qual será seu ponto de partida e escolher na *combobox* onde lista todos os geossítios para destino os dois locais onde deseja saber a melhor rota entre eles, ao selecionado os dois é exibido no mapa a melhor rota de acesso entre os dois, como apresentado na Figura 24.

Figura 24 - Tela de melhor rota entre o geossítios do cenário 1



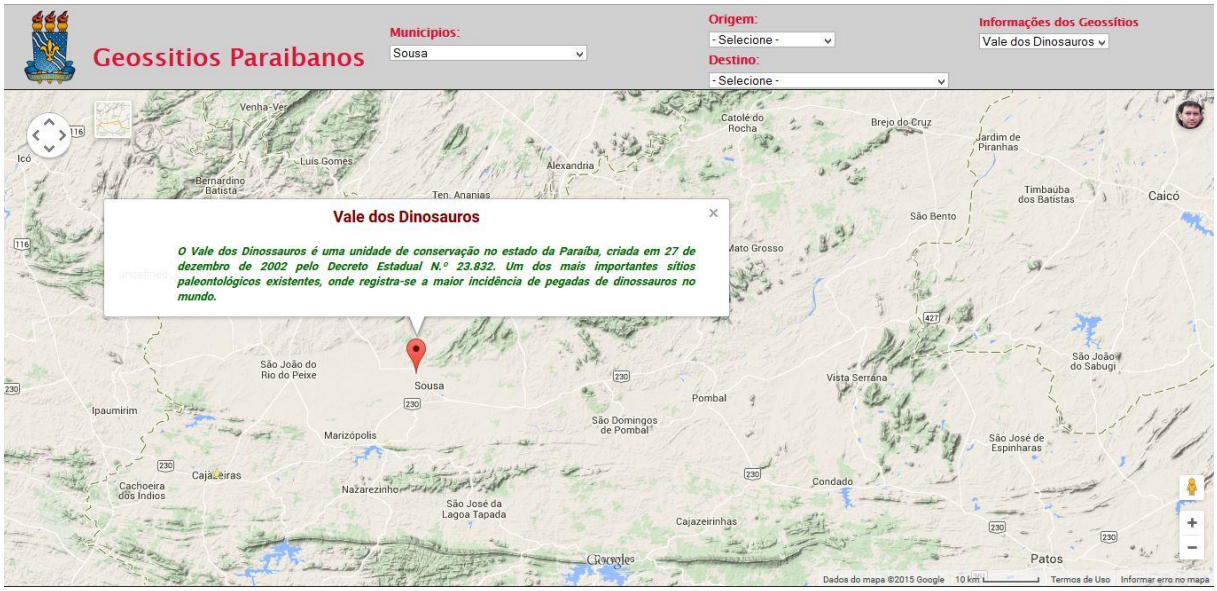
No segundo cenário, como na Figura 18, apresenta um diagrama que demonstra a situação que o usuário pode localizar a rota mais próxima entre um geossítios, nas *combobox* origem e destino são listados todos os geossítios cadastrados para que ao selecionar um item de origem e outro de destino seja exibida a melhor rota entre os geossítios, como apresentados na Figura 25.

Figura 25 - Tela de melhor rota entre os geossítios selecionados



No terceiro cenário, o usuário pode acessar as informações descritivas de um geossítio que foi listado após ser escolhido o município como apresenta na Figura 26.

Figura 26 - Tela que exibe descrição do geossítio escolhido



Podendo o usuário também acessar as informações dos geossítios filtrados pelo município mesmo após ser trançada uma rota para qualquer outro geossítio cadastrado.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresentou o desenvolvimento de uma aplicação para identificar geossítios na Paraíba que foram catalogados pelo grupo de estudos do Prof. Me. Leonardo Figueiredo em seus estudos e por meio dos recursos das ferramentas utilizadas, PostGis, QGIS e GoogleMaps agregar mais valor os dados inventariados. Com essa aplicação colaboradores poderão catalogar geossítios e classifica-los de forma multidisciplinar para usuários que venham utilizar a aplicação possam localizar um geossítio mais próximo de sua localidade assim dando uma motivação a mais para visita-lo.

Com relação aos objetivos propostos, a aplicação possui funções para traçar a melhor rota para os geossítios entre os pontos selecionados e localiza a partir de um ponto selecionado e um raio definido os geossítios que estão dentro dele. As informações para compor os mapas foram importadas de órgãos governamentais que disponibilizam essas

informações e as posições geográficas e dados sobre os geossítios são oriundos das pesquisas do grupo de estudos do Prof. Me. Leonardo Figueiredo, vindo a ser alimentadas pelos colaboradores da aplicação. E a base de dados está pronta para receber as informações de características multidisciplinares dessa forma podendo elaborar buscas para melhor fazer o refinamento dos objetos que quer localizar.

3.7 TRABALHOS FUTUROS

Após concluída essa etapa no desenvolvimento da ferramenta, é sugerido como trabalho futuro o desenvolvimento de um ambiente onde o usuário possa cadastrar novos geossítios sem necessitar utilizar shape ou insert no banco de dados, bem como também a inserção dos dados de classificação multidisciplinar para que sejam feitos os filtros para as diversas áreas de interesse.

Após feitas essas melhorias citadas pode-se dar continuidade aos contatos com órgãos de turismo, por ter interesse numa ferramenta desse tipo para que possa incentivar essa área até agora pouco explorada.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Eduardo Roman. **Aplicação de geotecnologia na gestão ambiental do Município de Salinas, Minas Gerais** – Ilhéus, BA: UESC, 2009. Disponivel em: http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200860172d.pdf

BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos. **MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS**. Belo Horizonte, 2002. 66p. Tese (ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO.) Departamento de Cartografia. UFMG. Disponível em: http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/Modelagem%20de%20dados%20geografico.PDF. Acessado em: 08 de maio de 2014.

CALIJURI, Maria Lúcia; LORENTZ Juliana Ferreira. **FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS** 2003. Disponível em: http://www.christienrachid.xpg.com.br/Tutoriais/Fundamentos_03_2003.pdf

CASANOVA, Marcos; CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; VINHAS, Lúbia; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro. **Bancos de Dados Geográficos**. 2005. 14 Capítulos – PUCRIO, INPE, PUC-MINAS. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html. Acesso em: 16/04/2014.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** 2001. 10 Capítulos – INPE. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/

CÓRDULA, Flavio Ribeiro. **Análise de Eficiência entre Extensões Espaciais de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados**. 2008. 58f. Monografia (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ.

DRUCK, Suzana; CÂMARA, Gilberto; CARVALHO, Marilia Sá; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** 2004. 6 Capítulos – EMBRAPA, INPE. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/. Acesso em: 16/04/2014.

FERREIRA, Karine Reis. **INTERFACE PARA OPERAÇÕES ESPACIAIS EM BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS.** São José dos Campos, 2003. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada – INPE.

LIMA, F. F. **Proposta Metodológica para a Inventariação do Patrimônio Geológico Brasileiro**. Braga-Portugal, 2008. 103p. Tese (Mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação) – Escola de Ciências, Universidade do Minho. Disponível em: http://www.dct.uminho.pt/mest/pgg/docs/tese_lima.pdf

LOURENÇO, Paula Moreira Barbosa. **UM ESTUDO SOBRE RECURSOS DE TRATAMENTO DE DADOS ESPACIAIS EM SGBDs**. Belo Horizonte, 2008. 71p. Tese (Especialização em Geoprocessamento) - Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/paula_lourenco.pdf

NEVES, Marcela Lopes. **Tratamento de dados geográficos e consultas espaciais em banco de dados objeto-relacionais**. Belo Horizonte, 2005. 47p. Tese (Especialização em Geoprocessamento) - Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

PEREIRA Diamantino. O subsistema da EEN – Geossítios. **Conferência Internacional Estrutura Ecológica Nacional - Conceitos e Delimitação**, Braga-Portugal, 2013. Disponível em: <http://www.isa.utl.pt/ceap/index_files/10_EEN_DIAMPEREIRA.pdf> Acesso em: 20 abr. 2014.

RIBEIRO JUNIOR, Paulo Justiniano, **Introdução ao Ambiente Estatístico R, Curso de introdução ao sistema estatístico R**, EMBRAPA, Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.leg.ufpr.br/~paulojus/embrapa/Rembrapa/Rembrapase31.html> Acessado em: 08 de junho 2014

SCHOBBENHAUS, Carlos. PATRIMÔNIO GEOLÓGICO. **Curso Patrimônio Cultural**, Brasília, 2014. Cursos. Disponível em: <http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/atuacao/encontros-e-eventos/cursos/curso-patrimonio-cultural/Patrimonio_Geologico.pdf> Acesso em: 20 abr. 2014.

SILVA, Joel. TIMES, Valéria C. SALGADO, Ana C. FIDALGO, Robson. **PROPONDO UMA LINGUAGEM DE CONSULTA GEOGRÁFICA MULTIDIMENSIONAL. VI Simpósio Brasileiro de GeoInformática.** Campos do Jordão, SP, Brasil, 2004. Disponível em: http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet/Trabalho?id=3440. Acessado em: 8 de maio de 2014.

VIEIRA, Francisco Luciani de Miranda. GOMES, Fábio de Jesus Lima. **Desenvolvimento de Um Sistema de Informações Geográficas Aplicado ao Ecoturismo no Parque Nacional de Sete Cidades.** 2012 - Teresina, PI. Disponível em: < http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ercemapi/arquivos/files/artigos/pos/pg8.pdf>. Acesso em: 23/05/2014.