

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS – CAMPUS IV
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**UMA APLICAÇÃO QUE USA BANCO DE DADOS
GEOGRÁFICOS PARA CADASTRO DE GEOFORMAS NO
ESTADO DA PARAÍBA**

LUIZ ANTONIO SILVA
Orientadora: Prof.^a Msc. Renata Viegas de Figueiredo

RIO TINTO - PB
2015

LUIZ ANTONIO SILVA

**UMA APLICAÇÃO QUE USA BANCO DE DADOS
GEOGRÁFICOS PARA CADASTRO DE GEOFORMAS NO
ESTADO DA PARAÍBA**

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 (CCAIE), Campus IV da Universidade Federal da Paraíba.

Orientadora: Prof.^a Msc. Renata Viegas de Figueiredo.

Co-orientador: Prof. Msc. Leonardo Figueiredo de Meneses.

RIO TINTO - PB

2015

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca da UFPB

S586a Silva, Luiz Antônio.
Uma aplicação que usa banco de dados geográficos para cadastro de
geoformas no Estado da Paraíba. / Luiz Antônio Silva. – Rio Tinto: [s.n.], 2015.
72 f. : il.-

Orientador (a): Prof.^a Msc. Renata Viegas de Figueiredo;
Co-orientador (a): Prof. Msc. Leonardo Figueiredo de Meneses.
Monografia (Graduação) – UFPB/CCAE.

1. Banco de dados. 2. Geoprocessamento. 3. Geoformas. 4. Sistemas de
informação geográfica.

UFPB/BS-CCAE

CDU: 528:504(043.2)

LUIZ ANTONIO SILVA

**UMA APLICAÇÃO QUE USA BANCO DE DADOS
GEOGRÁFICOS PARA CADASTRO DE GEOFORMAS NO
ESTADO DA PARAÍBA**

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:

Orientadora: Prof.^a Msc. Renata Viegas de Figueiredo
Universidade Federal da Paraíba – Campus IV

Co-orientador: Prof. Msc. Leonardo Figueiredo de
Meneses
Universidade Federal da Paraíba – Campus IV

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

Prof. Dr. Wagner Emanuel Costa
Universidade Federal da Paraíba – Campus IV

RIO TINTO - PB
2015

A Deus toda a glória, honra, louvor e adoração
hoje e eternamente.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, família, ânimo, consolação, provisão, renovação, inspiração, motivação e graça ao longo desses anos, ou seja, por tudo aquilo que contribuiu direta ou indiretamente neste trabalho e na minha vida.

A minha mãe Maria José de Medeiros, pelo amor, incentivo e apoio.

A minha irmã Monica Regina da Silva Passos, pelo incentivo, apoio e orientação.

A Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de fazer o curso.

A professora Renata Viegas de Figueiredo, pela orientação, apoio e confiança.

Ao professor Leonardo Figueiredo de Meneses, pela co-orientação e apoio.

A todos os professores, que contribuíram diretamente para minha formação.

A todos os servidores da UFPB Campus IV, pelo apoio.

A todos os funcionários e funcionárias do restaurante universitário, pelo apoio e presteza.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação web com banco de dados geográfico para fornecer suporte ao cadastramento e gerenciamento de informações relativas a afloramentos rochosos que apresentam relevância do ponto de vista estética e científica. No estado da Paraíba são encontrados alguns desses monumentos, a exemplo das formações graníticas localizadas no Parque Estadual da Pedra da Boca em Araruna e o Mar de Bolas do Lajedo de Pai Mateus em Cabaceiras. Esta aplicação se constitui numa ferramenta para o gerenciamento de informações sobre geofomas, ou seja, as formas da superfície terrestre com tamanhos variáveis. No desenvolvimento deste trabalho foram estudados os conceitos relacionados a geofomas e as tecnologias necessárias para a construção do protótipo. Para desenvolver a aplicação foram aplicadas técnicas inerentes a processo de desenvolvimento de *software*, que abordam o levantamento de alguns requisitos necessários para a aplicação, modelagem, criação do banco de dados e implementação de código fonte. O resultado foi um Sistema de Informações Geográficas capaz de promover a manutenção de informações de forma interativa, utilizando o Google Maps API v3 para a visualização.

Palavras chave: Banco de Dados Geográfico. Geofomas. Geoprocessamento. MapServer. PostGIS. SQL Spatial.

ABSTRACT

This paper presents the development of a web application based on a geographic database to support the registration and management of information on rocky outcrops which are relevant to aesthetic and scientific points of view. In the state of Paraíba, some of these monuments are found; they are examples of granite formations and are located in Pedra da Boca State Park in the city of Araruna, and also in Mar de Bolas do Rochedo de pai Mateus, in the city of Cabaceiras. This application is intended to provide a tool for managing information concerning the landforms, ie, forms the Earth's surface with variable sizes. In the development of the concepts were studied related to geoforms and the technologies needed to build the prototype. To develop application techniques were applied techniques inherent in software development process that address the lifting of some requirements necessary for the application, modeling, database design and implementation source code. This work was fulfilled with the development of a geographic information system with the ability to provide maintenance information interactively using the Google Maps API v3 for viewing.

Keywords: Geographic Database. Geoforms. GIS. MapServer. PostGIS. SQL Spatial.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Arquitetura do Sistema de Informação Geográfica.....	6
Figura 2.2 – Representação dos tipos de dados (a) Ponto, (b) Linha e (c) Polígono	9
Figura 2.3 – Representação da Estrutura (a) Vetorial e (b) Matricial	10
Figura 2.4 – Arquitetura de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados de três camadas ...	13
Figura 2.5 – Pedra da Boca (A); Muralha do meio do mundo (B); Matações no lajeiro de pai Mateus (C).....	16
Figura 2.6 – Escoda pahoehoe do tipo “lavas em tripa”, ilha do Fogo (A); Lava encordoada (ropy lava), ilha do Fogo. Foto: José Brilha (B); Depósito de piroclastos submarinos estratificado na ilha do Fogo (C)	17
Figura 2.7 – Estalactites.	18
Figura 2.8 – Inselberg (Quixadá – Ceará)	18
Figura 2.9 – Arribas do Douro	19
Figura 2.10 – A baía em forma de concha de S. Martinho do Porto	19
Figura 2.11 – Crista	20
Figura 2.12 – Vale glaciário	20
Figura 2.13 – Formação glaciária e periglaciária.....	21
Figura 2.14 – Paisagem cultural do Alto Douro Vinhateiro.....	21
Figura 3.1 – Tela Inicial GEO MONUMENTOS LISBOA	23
Figura 3.2 – Percurso temático 1 – Ambientes de deposição.....	24
Figura 3.3 - Geomonumentos da Rua da Aliança Operária.....	25
Figura 3.4 - Tela inicial do geoportal LNEG.....	26
Figura 3.5 – Pesquisa e seleção de geo-sítios.....	26
Figura 3.6 - Corte geológico do Ordovício de Monfortinho e a falha do Ponsul.....	27
Figura 4.1 – Modelo Cliente Servidor da aplicação	29
Figura 4.2 – Diagrama de Casos de Uso do SIG	30
Figura 4.3 - Diagrama de sequência cadastrar geoforma	31
Figura 4.4 - Diagrama de classe cadastrar geoforma.....	32
Figura 5.1 – Tela inicial da aplicação.....	37
Figura 5.2 –Tela de cadastrar geoforma	38
Figura 5.3 – Formulário de cadastro de geoformas	39
Figura 5.4 – Tela para exibir todas as geoformas.....	40
Figura 5.5 – Tela Buscar.....	41
Figura 5.6 – Tela Buscar por Valor	42
Figura 5.7 – Janela de informação associada a um marcador representando a geoforma.....	43
Figura 5.8 – Resultado da busca por geoformas próximas.....	43
Figura 5.9 – Exibir municípios que contém geoformas	44
Figura 5.10 – Exibir geoformas e municípios	45
Figura 5.11 – Exibir municípios	45
Figura 5.12 – Mais Informações/ Atualizar /Excluir	46
Figura 5.13 – Opções e funcionalidades.....	47
Figura 5.14 – Mais Informações.....	47
Figura 5.15 – Atualizar/ Excluir	48
Figura 5.16 – Atualizar Imagem.....	48

LISTA DE SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
AJAX	Asynchronous JavaScript + XML
API	Application Programming Interface
BD	Banco de Dados
CSS	Cascade style sheet
DE-9IM	Dimensionally Extended 9-Intersection Model
GIS	Geographic Information System
GPL	Graphical Presentation Language
GPS	Global Position Systems
HTML	Hyper Text Markup Language
JSON	JavaScript Object Notation
MS4W	Map Server For Windows
MVC	Model View Controller
PHP	Hypertext Preprocessor
SGBDO	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto
SGBDOR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto-Relacional
SGBDR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SI	Sistemas de Informação
SIG	Sistemas de Informações Geográficos
SPG	Sistemas de Posicionamento Global
SQL	Structured/standard Query Language
SQL DDL	Linguagem de definição de dados

SQL DML	Linguagem de manipulação de dados
SRID	Spatial Reference System Identifier
TIN	Triangular Irregular Network
UC	Use Case
UML	Unified Modeling Language
WKT	Well-Known Text

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE SIGLAS.....	X
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1 GEOPROCESSAMENTO VERSUS SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	5
2.2 BANCO DE DADOS.....	6
2.2.1 <i>Bancos de Dados Não Convencionais</i>	7
2.3 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	8
2.3.1 <i>Tipos de Dados (Ponto, Linha, Polígono)</i>	8
2.3.2 <i>Modelos de dados (Geo - Campo, Geo - Objeto)</i>	9
2.3.3 <i>SQL Spatial</i>	11
2.3.4 <i>Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados que Suportam Dados Geográficos</i>	12
2.4 POSTGIS	14
2.4.1 <i>Modelo Espacial (Sistema de Coordenadas)</i>	14
2.4.2 <i>Criação de Tabelas</i>	15
2.4.3 <i>Funções Espaciais</i>	15
2.5 GEOFORMAS.....	15
2.5.1 <i>Definição</i>	16
2.5.2 <i>Tipos de geformas</i>	16
3 TRABALHOS RELACIONADOS	23
3.1 GEO MONUMENTOS LISBOA.....	23
3.2 GEOPORTAL DO LINEG	25
4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....	28
4.1 ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS	28
4.1.1 <i>Requisitos Funcionais</i>	28
4.1.2 <i>Requisitos Não Funcionais</i>	28

4.2	MODELO DO SISTEMA	29
4.2.1	<i>Diagrama de Casos de Uso</i>	30
4.2.2	<i>Diagrama de Sequência</i>	30
4.2.3	<i>Diagrama de Classe</i>	31
4.2.4	<i>Banco de Dados</i>	32
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DO CÓDIGO FONTE	34
5	SISTEMA EM FUNCIONAMENTO	36
5.1	DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO.....	36
5.2	O QUE O SISTEMA FAZ?	36
5.3	DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DA APLICAÇÃO COM DETALHES.....	36
5.3.1	<i>Tela Inicial do Sistema</i>	37
5.3.2	<i>Cadastrar Geoforma</i>	37
5.3.3	<i>Exibir Todas as Geoformas</i>	40
5.3.4	<i>Buscar Geoformas</i>	41
5.3.5	<i>Buscar por Valor</i>	41
5.3.6	<i>Buscar por Geoformas Próximas</i>	42
5.3.7	<i>Exibir Municípios que Contém Geoformas</i>	44
5.3.8	<i>Exibir Geoformas e Municípios</i>	44
5.3.9	<i>Exibir Municípios</i>	45
5.3.10	<i>Exibir Mais Informações / Atualizar / Excluir</i>	46
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	APÊNDICE A – DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA EXIBIR GEOFORMAS PRÓXIMAS	56
	APÊNDICE B – DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA EXIBIR MUNICÍPIOS E GEOFORMAS.....	57
	APÊNDICE C – DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA BUSCAR.....	58
	APÊNDICE D – EXIBIR TODOS OS MUNICÍPIOS	59

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a gestão de recursos ambientais constitui uma tarefa de extrema importância para as organizações. Todos esses recursos geológicos, geomorfológicos e ambientais são importantes, tanto para um planejamento de utilização, quanto para a preservação desses recursos. A identificação desses recursos vem adquirindo um lugar de destaque pelo valor percebido que apresentam. A preservação é um fator necessário e para isso, é importante ter informação e esta informação poderá ser conseguida através de pesquisa em levantamento de campo, com o objetivo de compor o conjunto de informações da geodiversidade de determinada área.

Atualmente a geodiversidade no estado da Paraíba tem sido alvo de pesquisas e levantamento de informações tanto de sítio arqueológico no município de Sousa quanto geomorfológico no Parque estadual da Pedra da Boca (PEPB). Este estado apresenta monumentos geomorfológicos como maciços graníticos como o Rochedo de Pai Mateus, inselbergs, formações carcicas, etc.

A identificação de monumentos geomorfológicos na Paraíba serve para cooperar com o conhecimento da geodiversidade local e promover uma base de conhecimento para o gerenciamento de recursos ecológicos.

No contexto da identificação de informações geográficas, apresenta um importante papel no gerenciamento e gestão de recursos ambientais para organizações. Desde a década de 50 ocorre a tentativa de automatização do processamento da informação geográfica (CÂMARA, 2005). O aumento da utilização da informação geográfica em aplicações computacionais e móveis, baseadas em mapas para localização e com a utilização de GPS (Global Position Systems) para localização de recursos e mercados consumidores: tem tornado a informação geográfica um recurso importante para estas organizações.

O gerenciamento de recursos do ambiente ecológico é de fundamental importância na atualidade. A identificação e a preservação desses recursos tem se tornado parte do cotidiano de algumas organizações. Promover um eficiente gerenciamento de recursos ambientais pode significar a sobrevivência de algumas instituições.

1.1 MOTIVAÇÃO

Tendo em vista a carência da disponibilização de informações sobre os geo-sítios, aliado ao grande número de sítios no estado da Paraíba, o presente trabalho oferece como

objetivo o desenvolvimento de uma aplicação de banco de dados (BD) geográficos para suportar um SIG para armazenamento e manipulação de informações ecológicas. Esta aplicação visa dar suporte na coleta exibição de dados processados de forma a apoiar a tomada de decisões ecológicas para a utilização dos recursos ambientais investigados.

Esta aplicação servirá para a realização do cadastro de informações de geoformas localizadas no estado da Paraíba e exibirá com o auxílio da Google Maps API v3 as geolocalizações dessas geoformas utilizando marcadores para representá-las.

O desenvolvimento de SIG com BD geográfico envolve a utilização de tecnologias para promover a manipulação de informações sobre recursos geográficos e que carecem dessas tecnologias e conhecimento. Pois para seu desenvolvimento requer pessoal especializado e normalmente envolve uma equipe multidisciplinar.

1.2 JUSTIFICATIVA

O gerenciamento de recursos ambientais é um fator de grande importância na atualidade, supracitado. A principal motivação em desenvolver esse trabalho é agregar conhecimento e mais uma ferramenta para a tomada de decisão sobre estes recursos ambientais, principalmente para o gerenciamento de informações relacionadas a identificação de monumentos geomorfológicos chamados de geoformas. Com o intuito de promover um gerenciamento desses recursos geológicos a aplicação proposta permitirá manter dados inerentes a estas geoformas e principalmente poder permitir um gerenciamento e apoio a tomada de decisões sobre possíveis impactos ambientais nos ecossistemas, de determinada região que apresente tais afloramentos rochosos, segundo Horton (1945) apud Zani et. al. (2009), a identificação e caracterização do processo originador dessas geoformas é um fator inicial que, na concepção de Hamilton et al., (2007) apud Zani et. al. (2009) é importante para a adoção de medidas de preservação. Esta interatividade compreende a disponibilização, através de um sistema que apresenta um mapa dinâmico. E com a visualização através do Google Maps, a geolocalização dos pontos cadastrados na aplicação, incluindo as demais informações cadastradas devem apresentar atributos significativos a essas geoformas localizadas no espaço geográfico deve ser criteriosa, viável, perceptível e com foco específico, descreve Silva e Costa (2002).

Na atualidade, devido a uma carência de pesquisas que fazem investigações de espacialização geográficas ecológicas relacionadas a geoformas, este trabalho objetiva fornecer um complemento para esta área. O desenvolvimento dessa aplicação é para fornecer

subsídios ao estudo de dados relacionado a estes recursos naturais armazenando-os em bancos de dados geográficos, utilizando para este fim a utilização de tecnologias de código aberto para baratear os custos de desenvolvimento e com o objetivo de promover análise a esses dados. Para se diferenciar de aplicações privativas disponíveis no mercado. Este sistema também pode promover e fornecer o armazenamento de dados de geoformas provenientes de atividade de identificação.

Esta aplicação tem como intuito, também, a análise de BD geográfico bem como a sua utilização em atividades ambientais. Ela também pretende fornecer uma fonte teórica para pesquisa de espacialização principalmente ecológica. Neste contexto pode ser observado a importância do desenvolvimento de um SIG para essa área.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um SIG que armazene e exiba com o auxílio do Google Maps a geolocalização de geoformas.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para contribuir com este objetivo foi desenvolvida uma aplicação para a manipulação de dados persistidos num banco de dados com extensão espacial de forma que foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Investigar a utilização de extensões espaciais;
2. Implementar um BD geográfico com extensão espacial;
3. Armazenar dados de geolocalização de geoformas no BD geográfico;
4. Desenvolver uma aplicação SIG para manipular os dados de um BD geográfico;
5. Realizar consultas espaciais e exibi-las através do SIG desenvolvido.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho apresenta a seguinte estrutura:

- No capítulo II é apresentada a fundamentação teórica com enfoque nos principais conceitos e definições relacionados ao geoprocessamento e sistemas de informações geográficos. No capítulo II também são apresentados os principais

conceitos relacionados aos tipos de Bancos de Dados, principalmente aqueles que manipulam dados espaciais e geográficos através de suas extensões espaciais;

- No capítulo III é apresentado o desenvolvimento do sistema com o principal modelo de desenvolvimento adotado e onde são descritas as principais tecnologias envolvidas;
- No capítulo IV é apresentado o sistema em funcionamento;
- Finalmente, no capítulo V são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos que nortearão o desenvolvimento deste trabalho e introduzindo esta seção será apresentada uma diferenciação entre geoprocessamento e sistema de informações geográficos para esclarecimento de seus conceitos. Na sequência, serão apresentados os demais fundamentos conceituais do trabalho.

2.1 GEOPROCESSAMENTO VERSUS SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Para Stair e Reynolds (2011), a informação é o conjunto de dados organizados de tal maneira que fornecem um valor, e esta organização ocorre por meio de um processo. Para Longley e et. al. (2013a), a informação implica numa manipulação dos dados para fins específicos, de forma a alcançar um objetivo proposto. Na concepção de Câmara *et al.* (2005), o espaço geográfico pode ser representado de forma computacional, denotando a informação geográfica.

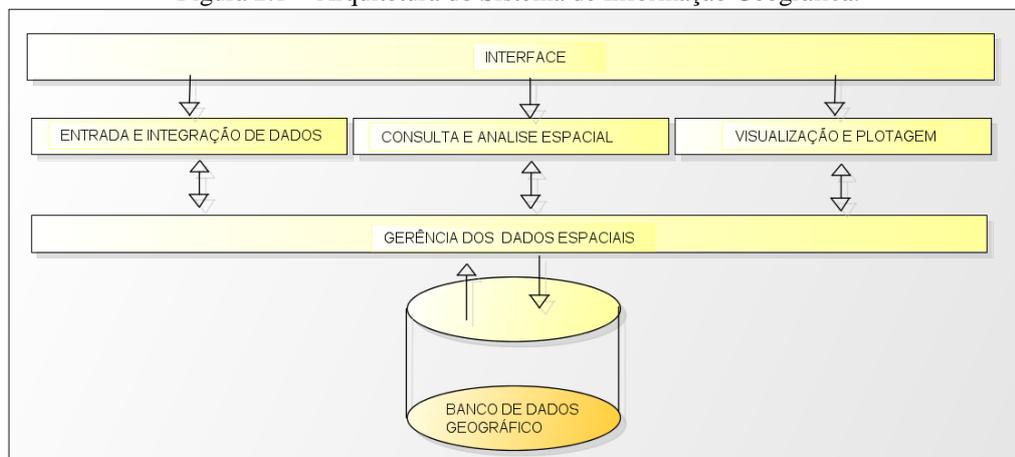
Esta informação geográfica pode ser manipulada e organizada, e de acordo com a concepção de Flitz (2008), geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias que permite a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a exibição dos dados georreferenciados. Reafirmando o foi dito por Flitz (2008) e apresentando mais detalhes, Câmara e Davis (2005) descrevem que o geoprocessamento pode ser entendido como a parte do conhecimento que trata a informação geográfica através de técnicas matemáticas e computacionais. E que os Sistemas de Informações Geográficos – SIG (do inglês Geographic Information System - GIS) são ferramentas desenvolvidas para serem utilizadas no processamento de dados geográficos para o geoprocessamento. Para Elmansri e Navathe (2005), os SIG estão intimamente ligados a informações que descrevem propriedades físicas do mundo geográfico e que eles podem ser utilizados para coletar, modelar, armazenar e analisar estas informações. Mas Longley e et. al. (2013a), apresentam vários significados para o SIG e estes significados estão relacionados a manipulação e utilização da informação geográfica para alcançar um objetivo, atender as necessidades de determinado público.

Segundo Elmansri e Navathe (2005), o SIG compreende dois tipos de dados: (1) dados espaciais e físicos oriundos do mundo geográfico como mapas, fronteiras políticas, estradas, dentre outros e (2) dados que não são espaciais como informações em geral.

Portanto, a informação geográfica é o principal subsídio de dados necessário para os SIGs manipularem e organizarem para serem utilizados pelo geoprocessamento. O geoprocessamento é uma ciência necessária no contexto geográfico atual para organização e planejamento de recursos do espaço geográfico. Logo geoprocessamento e SIG não tem o mesmo significado, mas eles tem algo em comum, pois o geoprocessamento utiliza o SIG. O geoprocessamento é utilizado no processamento de dados e informações geográficas

Um SIG apresenta uma arquitetura composta por uma estrutura de dados geográficos e é gerenciado por ferramentas conforme representado na figura 2.1.

Figura 2.1 - Arquitetura do Sistema de Informação Geográfica.



Fonte: Adaptado de (CÂMARA, 2005)

Na figura 2.1 a interface do sistema corresponde ao conjunto de componentes gráficos para a interação do usuário com o sistema para que esse usuário possa utilizar para a entrada, manipulação, consulta, análise e visualização dos dados. A arquitetura do SIG está distribuída em camadas e cada camada possui suas respectivas atribuições.

Essa distinção entre geoprocessamento e SIG serve para trazer um melhor entendimento sobre eles.

2.2 BANCO DE DADOS

Segundo Elmansri e Navathe (2005), um banco de dados pode ser entendido como uma coleção de dados que possuem significado e podem ser gravados. Para Graves (2003), essa coleção de dados pode ser persistida e manipulada. Entretanto Longley e et. al. (2013b), um banco de dados pode ser compreendido como um conjunto de dados sobre determinado assunto.

Bancos de dados são sistemas utilizados para armazenamento e consulta de dados de maneira organizada sob determinada forma. Apresentamos a seguir alguns conceitos relacionados a bancos de dados geográficos (componente na parte inferior da figura 2.1).

2.2.1 Bancos de Dados Não Convencionais

Um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) pode ser compreendido como um programa que permite o usuário gerenciar bancos de dados aplicando diferentes funções para promover a persistência de diferentes tipos de dados e eles podem ser de diferentes tipos.

Uma aplicação de banco de dados podem ser classificada como não convencional quando suporta tipos de dados, além dos tradicionais, como tipos de dados espaciais ou geográficos, temporais e espaço-temporais (FERREIRA et. al. 2005).

Os SGBDs podem ser tipificados conforme o modo como organizam, armazenam e manipulam dados. Os principais tipos de SGBDs que tem sido utilizados no suporte a SIG são: relacional (SGBDR), objeto (SGBDO) e objeto-relacional (SGBDOR).

Um banco de dados relacional é formado por um conjunto de tabelas, onde cada uma corresponde a uma lista bidimensional de registros contendo propriedades com seus dados. E grande parte dos SGBD atuais são construídos sobre uma base de conceitos relacionais fundamentais.

Visando suprir as fraquezas dos SGBDR foi produzido o SGBDO que possui a capacidade de armazenar objetos completos no banco de dados. Objetos do tipo geográfico, áudio e vídeo são complexos e os SGBDR não foram projetados para lidar adequadamente com eles. Os SGBDOs podem fornecer ferramentas de consulta orientadas a objetos.

Os SGBDORs apresentam tanto os recursos de um SGBDR quanto recursos adicionais para lidar com as propriedades e comportamentos, métodos ou funções dos objetos.

Recentemente, vários SGBDORs foram ampliados para suportar objetos geográficos, com a adição de sete capacidades fundamentais:

1. Mecanismos de consulta e análise sintética foram estendidos para lidar com objetos geográficos;
2. Aperfeiçoamento de programas otimizadores de consulta para tornar as consultas mais eficientes;
3. Aperfeiçoamento da linguagem de consulta;
4. Serviço de indexação padrão de dados em SGBD unidimensionais foram estendidos para dados geográficos multidimensionais.

5. Gestão de armazenamento, através do desenvolvimento de estruturas especializadas para objetos geográficos de diversos tamanhos.
6. Serviços de transações, muitas operações geográficas necessitam realizar transações de longa duração por isso foram estendidas;
7. Replicação, foram aperfeiçoados para suportar serviços distribuídos (LONGLEY e et. al. 2013b).

2.3 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

2.3.1 Tipos de Dados (Ponto, Linha, Polígono)

Os dados espaciais e geográficos são dados complexos e podem ser armazenados em um banco de dados não convencional que necessitam de estruturas especiais para armazená-los como estruturas de dados vetoriais.

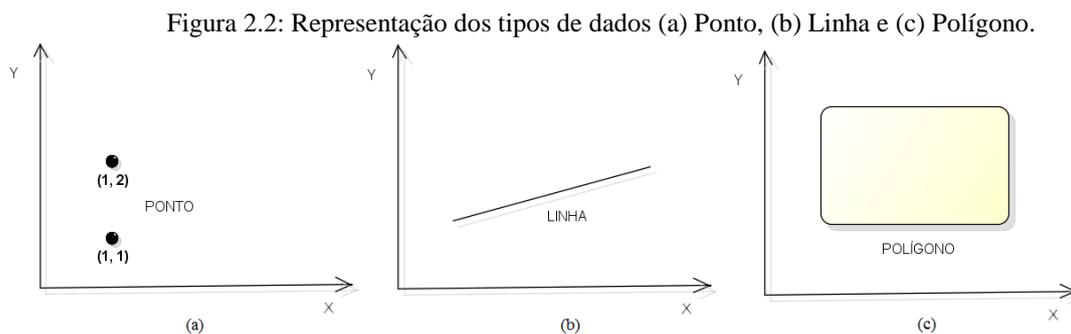
As estruturas de dados vetoriais são utilizadas para representar as coordenadas dos limites de cada entidade geográfica, através das seguintes formas: ponto, linha e polígono.

O ponto é um par ordenado (x, y) de coordenadas vetoriais. A figura 2.2 (a) apresenta a representação de ponto com coordenadas vetoriais.

A linha é um conjunto de ponto ligados. A figura 2.2 (b) apresenta a representação de linha.

E o polígono é um conjunto de linhas conectadas de tal forma que o último ponto de uma linha seja igual ao primeiro da próxima. Ele é composto por duas regiões: o interior e o exterior (CÂMARA e et. al., 2005). A figura 2.2 (c) apresenta a ilustração de um polígono representando um conjunto de coordenadas vetoriais conectadas.

Conforme a utilização os polígonos podem ser classificados em três formas: isolados, aninhados e adjacentes. Quando classificados como isolados significa que os objetos não se tocam. Quando classificados como aninhados significa que temos um objeto polígono dentro de outro e seus limites não se tocam. E os polígonos classificados em adjacentes são os que podem compartilhar fronteiras com outros polígonos.



Fonte: Adaptado de (CÂMARA, 2005)

2.3.2 Modelos de dados (Geo - Campo, Geo - Objeto)

Existem dois modelos formais para dados geográficos no espaço absoluto, este espaço absoluto compreende a representação de coordenadas que devem corresponder às estabelecidas na legislação, ou seja coordenadas originadas de pontos físicos reais. São eles: o modelo de geo-campo e o modelo de geo-objeto.

O modelo de geo-campo representa uma propriedade que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma área geográfica. Para cada ponto de uma área geográfica o geo-campo terá um valor distinto. Ele pode ser ainda de dois tipos: geo-campo temático, quando está associado a medidas nominais ou ordinais; e geo-campo numérico, quando está associado a medidas por intervalo ou por razão. E o modelo de geo-campo server para representar superfícies contínuas.

O modelo de geo-objetos representa uma área geográfica como uma coleção de entidades únicas, onde cada entidade é definida por uma fronteira fechada. Um geo-objeto pode ser composto por diferentes geometrias.

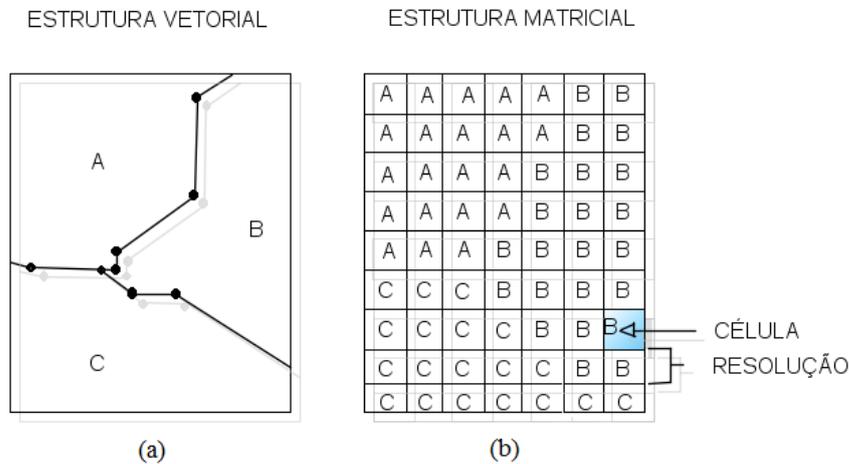
Geo-campos e geo-objetos se distinguem através de suas fronteiras. Um geo-campo ao ser dividido continua com as propriedades. Ao passo que se um geo-objeto for dividido ele perde as características que o define, pois dentro da fronteira todas as propriedades são constantes.

Pelo motivo dos geo-objetos poderem ser tratados de forma semelhantes e atômicas, isso faz com que sua utilização seja comum em bancos de dados geográficos.

Estes modelos de dados podem ser representados em estruturas vetoriais e matriciais. As estruturas vetoriais são as representadas através de coordenadas como os tipos de dados supracitados e representados nas figuras 2.2-a, 2.2-b e 2.2-c. E as matriciais são as representadas através de estruturas que usam uma grade regular sobre a qual se representa o

elemento, célula a célula. Uma representação dessas estruturas vetorial e matricial pode ser observada na figura 2.3.

Figura 2.3 - Representação da Estrutura (a) Vetorial e (b) Matricial



Fonte: Adaptado de (Câmara, 2005)

Na figura 2.3 (a) temos a representação da estrutura vetorial onde os dados estão representados por linhas dispostas em coordenadas num plano, e na figura 2.3 (b) temos a representação de uma estrutura matricial onde os dados estão representados em células dispostas sobre uma grade com determinada resolução, neste caso é apresentada uma em destaque na cor azul e com um valor de classificação “B”.

Segundo a concepção de Longley e et. al. (2013a), essas células da estrutura matricial são utilizadas para representar objetos do mundo real, conforme pode ser observado figura 2.3 (b). E no modelo vetorial cada objeto do mundo real é representado num formato geométrico, conforme pode ser observado figura 2.3 (a).

Geo-campos temáticos podem ser representados tanto em uma estrutura vetorial quanto matricial conforme figura 2.3 e isso implicará na precisão e volume de armazenamento necessário, pois, estruturas matriciais requerem mais espaço para armazenamento para garantir uma precisão semelhante à vetorial.

E Geo-campos numéricos podem ser representados por grades regulares e malhas triangulares (Triangular Irregular Network - TIN) é uma estrutura do tipo vetorial topológica e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas (CÂMARA, 2005).

2.3.3 SQL Spatial

A Linguagem de consulta Estruturada Padrão (do inglês - Structured/standard Query Language – SQL) é descrito por Ferreira et al. (2005), como uma linguagem que é formada basicamente por duas sub-linguagens:

1. Linguagem de definição de dados (SQL DDL): fornece comandos relacionados a operações com tabelas; e
2. Linguagem de manipulação de dados (SQL DML): fornece comandos relacionados aos dados no banco de dados.

Conforme descrito por Silberchatz *et al.* (1999), existem alguns tipos de consultas SQL que podem ser aplicados a dados espaciais como:

1. Consultas de proximidade – que requerem que objetos estejam próximos de um local específico.
2. Consultas de região – trabalham com regiões espaciais, buscando objetos contidos em parte ou na totalidade de algumas regiões.
3. As consultas podem também requerer a intersecção ou a união de regiões. As consultas que calculam interseção de regiões pode ser compreendida como o cálculo de junção espacial de duas relações espaciais tendo a localização como atributo de junção. Geralmente, dadas duas relações, cada qual contendo objetos espaciais, a junção espacial das duas relações gera pares de objetos que se interceptam ou regiões de interseção de tais pares.

Estas consultas podem conter tanto requisitos espaciais quanto não espaciais. Dados espaciais são gráficos e podem ser consultados através de uma linguagem de consulta gráfica. Isto é possível graças as extensões espaciais que podem incluir tipos abstratos de dados espaciais permitindo condições especiais como contem ou sobrepõe.

As consultas espaciais se baseiam em relacionamentos espaciais de vários tipos: métricos, direcionais e topológicos. As operações sobre geo-campos e geo-objetos são diferentes. As operações de consultas espaciais descritas em (RIGAUX *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2005) estão relacionadas a: Operadores unários: fornecem, por exemplo, dados de limite, interior, comprimento, área e volume de objetos. Operadores binários: fornecem, por exemplo, distância e direção. Funções de agregação: operam sobre conjuntos de objetos, como as funções de mínimo e média.

O SQL Spatial é a principal linguagem para manipulação e consulta utilizada para obter o resultado de dados geográficos e a consulta podem conter tanto requisitos espaciais quanto

não espaciais. Como descrito por Ferreira *et al.* (2005), a SQL Spatial desenvolvida por (EGENHOFER, 1994) pode ser utilizada tanto para consultas comuns, preservando os conceitos de SQL, quanto para apresentação de objetos espaciais, alta definição dos objetos. Esta apresentação de objetos espaciais é conhecida por linguagem gráfica de apresentação (do inglês – Graphical Presentation Language – GPL) que especifica como o resultado de uma consulta pode ser visualizado e manipulado em um ambiente gráfico.

2.3.4 Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados que Suportam Dados Geográficos

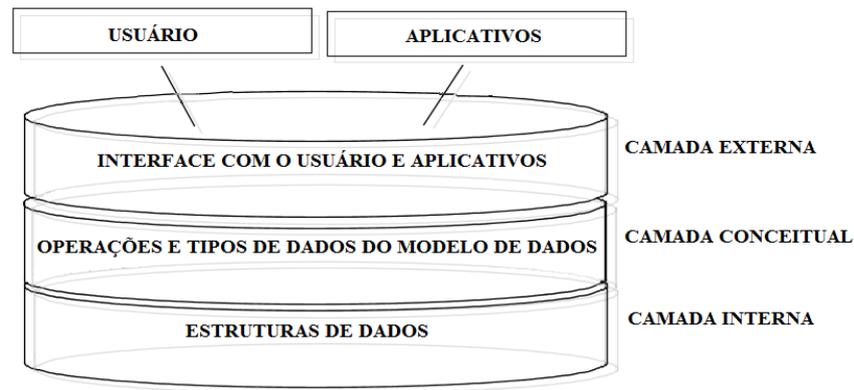
De acordo com Câmara e Queiros (2005), um SGBD é um software ou uma coleção de softwares que contribuem no gerenciamento do Banco de Dados. O SGBD serve para facilitar o processo de definição, construção e manipulação do Banco. Mas para Elmasri e Navathe (2005), um SGBD é uma coleção de *softwares* que permite uma interação com o usuário para manipular bancos de dados. Para Longley e et. al. (2013b), um SGBD é um programa desenvolvido para organizar o armazenamento e manipulação de dados de forma eficiente e eficaz de forma que sua linguagem de consulta é uma característica particular desse SGBD. O SGBD apresenta uma linguagem padrão de consulta ou manipulação, chamada SQL.

Na concepção de Graves (2003), um SGBD possui uma arquitetura e esta pode ser descrita a partir de suas interfaces. Um SGBD apresenta camadas externas, conceituais e internas, elas estão ilustradas pela figura 2.4. Estas camadas são construídas para fornecer funcionalidades para o gerenciamento dos dados. A camada externa entrega visões aos usuários finais e aplicativos, a camada conceitual fornece operações de gerenciamento no modelo de dados.

Na figura 2.4 a camada externa pode ser acessada pelo usuário através de consultas SQL, a camada conceitual disponibiliza as operações básicas de manipulação de dados e a camada interna disponibiliza as estruturas de dados que armazenam no *hardware*.

Segundo Longley e et. al. (2013b), atualmente os SGBDs podem suportar objetos e funções geográficas.

Figura 2.4 - Arquitetura de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados de três camadas.



Fonte: Adaptado de Graves (2003)

Conforme descrito por Rigaux et al.(2002), para satisfazer um SGBD geográfico é necessário alcançar os objetivos: (1) integrar a representação e manipulação da informação geográfica com dados comuns no nível lógico, e (2) prover um suporte eficiente para o nível físico e processo desta informação. Para que uma extensão de um SGBD preencha estes objetivos são apresentados alguns requerimentos:

- 1) A representação dos dados lógicos pode ser estendida para dados geométricos, enquanto satisfaz a os princípios de independência dos dados e manter, tanto quanto possível, a sua simplicidade e sua proximidade com a visão da realidade do usuário;
- 2) A linguagem de consulta pode integrar novas funções para capturar, na ordem, o rico conjunto de possibilidades de operações a objetos geográficos;
- 3) Deve existir uma eficiente representação física dos dados espaciais;
- 4) Acesso eficiente a dados é essencial a bancos de dados geográficos bem como para com os clássicos. Algumas estruturas de dados, são apropriados para acesso a dados espaciais principalmente aquelas que permitem indexação de bancos de dados geográficos;

Na concepção de Ferreira (2006), os diversos SGBDRs suportam dados geográficos a partir de drivers específicos que dão suporte a eles.

2.3.4.1 Extensões de SGBDs geográficos

Muitos dos SGBDRs suportam dados geográficos a partir da utilização de drivers específicos. O driver tem a função de realizar conversão, inserção, recuperação e extração de dados geográficos junto ao SGBD.

Muitos dos SGBDORS foram aperfeiçoados com a adição de extensões espaciais. A IBM oferece duas soluções como o DB2 Spatial Extender e o Infomix Spatial Datablade; A Microsoft aprimorou o núcleo do SQLServer para dados geográficos; a Oracle fornece funções espaciais no seu SGBD; o PostgreSQL apresenta soluções geográficas com o PostGIS; o MySQL com o MySQLExtension (LONGLLEY et. al. 2013b; FERREIRA, 2006).

Estas extensões são a principal forma de comunicação que os SIGs utilizam para recuperar os dados geográficos gerenciados pelos SGBDs (correspondendo ao componente gerência dos dados espaciais figura 2.1 e representado de forma genérica na figura 2.4).

2.4 POSTGIS

O PostGIS é um programa que promove a comunicação entre o PostgreSQL e um SIG (FERREIRA, 2006). Ele é a extensão de dados espaciais para o SGBD PostgreSQL que tornam possíveis diversas operações como armazenar, manipular e analisar dados espaciais.

Ele implementa a capacidade de criação de atributos do tipo geometria. Este campo pode armazenar dados espaciais do tipo Ponto, Multiponto, Linha, Multilinha, Polígono, MultiPolígono, Coleção de geometria, Curva, Arco, e todas estas estruturas em até quatro dimensões (nativas dentro do campo geometria: x, y, z e m) PostGIS¹.

Além disso, a análise de dados dentro do sistema PostGIS é bastante simplificada, pois complementa a especificação da linguagem SQL, sendo possível aninhar diversas funções espaciais numa mesma consulta.

2.4.1 Modelo Espacial (Sistema de Coordenadas)

Na concepção de Longley et. al. (2013a), um sistema de coordenadas é um sistema usado para a projeção de mapas através de coordenadas que levam em consideração um centro, neste caso o centro do planeta.

No PostGIS o sistema de coordenadas também conhecido como sistema de referência é o sistema em que se encontram as geometrias da tabela. Sistemas de coordenadas que é utilizado pelo PostGIS pode variar devido ele possuir uma tabela com 3000 códigos de referências espacial chamada SPATIAL_REF_SYS. Esses códigos de referência servem para definir os sistema de coordenadas espaciais do objeto na tabela Um SRID (Spatial Reference

¹Disponível em: http://postgis.refrations.net/documentation/manual1.4/ch04.html#spatial_ref_sys

System Identifier - Identificador do Sistema de Referência Espacial) é um identificador único usado na conversão de sistemas de coordenadas (POSTGIS).

2.4.2 Criação de Tabelas

No PostGIS as tabelas podem ser criadas em etapas de forma que as colunas com os atributos básicos são criados primeiro e em seguida é adicionada uma coluna para os dados espaciais através da função `AddGeometryColumn`².

2.4.3 Funções Espaciais³

Algumas das principais funções de análises espaciais no PostGIS são:

- `ST_Disjoint(objeto1, objeto2)`: Analisa se dois objetos possuem pontos em comum e retorna verdadeiro em caso positivo;
- `ST_Intersects(objeto1, objeto2)`: Analisa se dois objetos possuem alguma intersecção e retorna verdadeiro caso haja;
- `ST_Within(objeto1, objeto2)`: Analisa se um objeto está completamente dentro do segundo objeto;
- `ST_Crosses(objeto1, objeto2)`: Analisa se dois objetos se cruzam e retorna verdadeiro caso ocorra; e
- `ST_AsText(Geometria)`: Retorna a representação WKT (Well-Known Text) da geometria.

Estas funções são comumente usadas para analisar o relacionamento entre os objetos passados como parâmetros. Esta análise pode ser realizada entre objetos da mesma tabela e entre objetos de tabelas diferentes no banco com extensão espaciais PostGIS.

2.5 GEOFORMAS

A geodiversidade descrita por Gray(2004) *apud* Meneses e Nascimento (2014b) é composta por um conjunto de vários elementos que podem ser geológicos e ou geomorfológicos, sejam os minerais, as rochas, os processos que levaram a formação e até as paisagens. Estes elementos fazem parte da diversidade geológica de diversos lugares e compõem as formações rochosas com

² Disponível em: <http://postgis.refrations.net/docs/AddGeometryColumn.html>. Acessado em:28/10/2015

³ Disponível em:http://postgis.net/docs/reference.html#Management_Functions. Acessado em:28/10/2015

diferentes formatos e composições formadas por ações provenientes da dinâmica de evolução do relevo terrestre, geológicas, climáticas, tectônicas, etc. ao longo do tempo e podem emergir para a superfície terrestre por meio de diferentes agentes intempéricos como no caso dos chamados de afloramentos rochosos.

2.5.1 Definição

No trabalho de Borba e Meneses (2013a), o termo “geoformas” foi atribuído a algumas dessas aflorações rochosas e rochas com formatos análogos a formas conhecidas pelo ser humano, principalmente por meio da percepção visual ao interpretar a estética das formações.

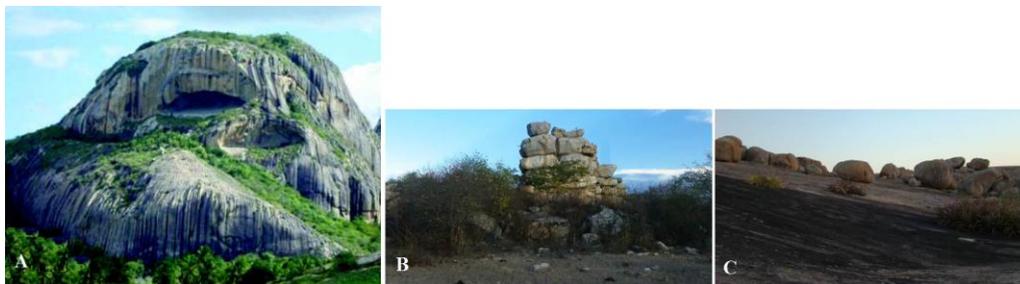
Um trabalho relevante em Portugal realizado por (PEREIRA, 2006c), declara que as geoformas são as formas da superfície terrestre, com tamanhos e comprimentos variáveis podendo ser representadas (por exemplo, afloramentos rochosos, serras, estalactites cársticas, etc.). Para a identificação dessas geoformas, na diversidade geológica, foram definidas nove categorias geomorfológicas onde se observou a relevância, singularidade das geoformas e o valor percebido como científico/didático, estético, histórico-cultural e/ou sócio-económico.

2.5.2 Tipos de geoformas

As nove categorias geomorfológicas supracitadas são:

1. Geoformas graníticas: apresentam como principal elemento o granito, rochas em sua essência originadas do resfriamento do magma no interior do globo terrestre. Na figura 2.5 são apresentados algumas dessas formações;

Figura 2.5: Pedra da Boca (A); Muralha do meio do mundo (B); Matacões no lajeiro de pai Mateus (C)



Fonte: A (BORBA; MENESES, 2013a); B e C (MENESES; NASCIMENTO, 2014b)

Das figura 2.5 (A, B e C) podem ser observados formações rochosas graníticas. Na figura 2.5 (A) é apresentado um maciço granítico com cavidades. Na figura

2.5 (B) é apresentado uma formação de empilhamento de rochas graníticas. Na figura 2.5 (C) são apresentadas formações graníticas com formato boleado.

2. Geoformas vulcânicas: são rochas originadas do resfriamento do magma que podem ser de diferentes tipos e apresentam características muito singulares, que estão relacionadas com o tipo de erupção vulcânica, sua dinâmica e a atuação dos agentes externos (NUNES, 2003 apud PEREIRA, 2009). Na figura 2.6 são apresentadas alguns formatos desse tipo de geoforma;

Figura 2.6 – Escoada pahoehoe do tipo “lavas em tripa”, ilha do Fogo (A); Lava encordoada (ropy lava), ilha do Fogo. Foto: José Brilha. (B); Depósito de piroclastos submarinos estratificado na ilha do Fogo. (C).



Fonte: Adaptado de (PEREIRA, 2010)

Da figura 2.6 pode ser observado formações produzidas por vulcões em diferentes formatos de rochas a partir do resfriamento do magma.

3. Geoformas cársticas: se desenvolvem pela dissolução de rochas e seus processos relacionados, tanto em superfície quanto abaixo da superfície e possuem um maior desenvolvimento sobre calcários e margas com altos teores de carbonato de cálcio, por exemplo as estalactites (SILVA et. al, 2015). Na figura 2.7 é apresentado uma exemplar desse tipo de geoforma;

Figura 2.7 - Estalactites

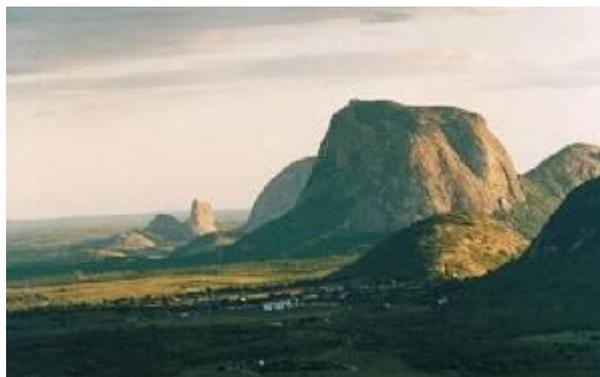


Fonte: Adaptado de (PEREIRA, 2006c)

Da figura 2.7 pode ser observado formações rochosas de estalactites provenientes da dissolução calcárea.

4. Geoformas residuais: são ilhas de rochas ou afloramentos rochosos que resistem às ações intempéricas e erosivas, graças a seu substrato rochoso normalmente gnaisse e granito, cujo processo erosivo ocorre normalmente em clima seco e árido, por exemplo inselbergs, matacões ou maciços e serras, conforme descrito por (GUERRA, 2001 apud, SOUSA et. al, 2010), um exemplar de geoforma granítica pode ser observado na figura 2.8.

Figura 2.8 - Inselberg (Quixadá – Ceará)



Fonte: (HULK, 2015)

Da figura2.8 pode ser observado formações rochosas isoladas situadas em regiões de clima seco e árido.

5. Geoformas fluviais: As formas resultam da interação entre o fluxo de água e a movimentação sedimentar além da tectonia e composição do relevo que

coordenam a formação dos leitos fluviais (TRICART,1996 apud LEITE). Um exemplar desse tipo de geofoma (arribas) pode ser observado na figura 2.9;

Figura 2.9: Arribas do Douro



Fonte: (ALVES et al., 2004 apud PEREIRA, 2006c)

6. Geofomas litorais: são formadas por ações provenientes dos agentes intempéricos que atuam no litoral ao longo do tempo, como por exemplo deltas, dunas, baías, etc. (SILVA e COSTA, 2009). Um exemplar desse tipo de geofoma pode ser observado na figura 2.10.

Figura 2.10 - A baía em forma de concha de S. Martinho do Porto.



Fonte: (PEREIRA, 2006c)

Da figura 2.10 pode ser observado uma formação de uma baía compondo uma geofoma litoral.

7. Geofomas tectônicas: são formações oriundas do movimento e choque das placas tectônicas que podem ser abaixo da superfície ou na superfície terrestre provocando enrugamento ou dobramentos de camadas de rochas sedimentares

ou maciças promovendo o surgimento de dobras, falhamentos e fraturas (ROSS, 2009). Um exemplar desse tipo de geoforma de composição xística pode ser observado na figura 2.11;

Figura 2.11 - Crista



Fonte: (PEREIRA, 2006c)

Da figura 2.11 pode ser observado formações rochosas emergindo do interior da superfície terrestre. Esse tipo de formação é chamada de crista.

8. Geoformas glaciárias e periglaciárias: são geoformas encontradas em área glaciais e de deglaciação (derretimento de gelo) formadas por sedimentos glaciônicos mediante processos fluviais e de fluxos de detritos (BALLANTYNE, 2002 apud VIEIRA, 2007).

Figura 2.12 - Vale glaciário



Fonte: (PEREIRA, 2006c)

Da figura 2.12 pode ser observado uma formação rochosa proveniente da erosão glacial.

Figura 2.13 - Formação glaciária e periglaciária



Fonte: Adaptado de (FERREIRA, 2001)

Da figura 2.13 pode ser observado uma formação rochosa proveniente da erosão glacial.

9. Paisagens culturais: o conceito de paisagem cultural foi desenvolvido por Pereira et. al (2005b) onde propõe esta categoria para representar locais de grandes dimensões que apresentam componentes geomorfológicos como o principal elemento formador, mas esclarece a paisagem não deve ser equiparado a uma geoforma. Um exemplo dessa formação pode ser observada na figura 2.14.

Figura 2.14 - Paisagem cultural do Alto Douro Vinhateiro



Fonte: (PEREIRA; PEREIRA; ALVES, 2004a)

Da figura 2.14 podem ser observadas as componentes geomorfológicas como o principal elemento formador da paisagem e o processo erosivo.

Do conjunto de elementos supracitado, não foram descritos na totalidade as principais características da composição das geoformas e nem dos principais tipos de rochas (litotipos) existentes, pelo motivo desse trabalho não ter como objetivo uma prospecção detalhada desse conteúdo.

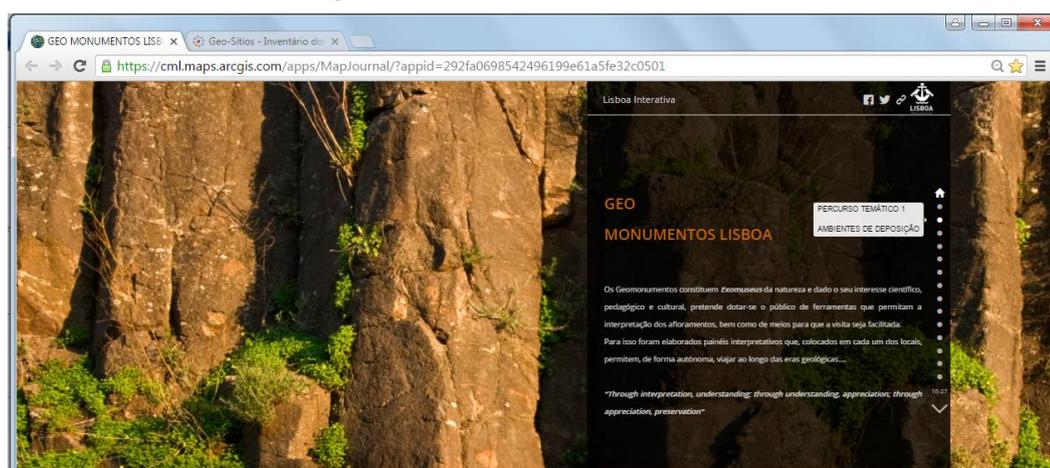
3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo discorre sobre algumas soluções desenvolvidas para o cadastro de geoformas e da exibição das informações de geoformas cadastradas com sua respectiva geolocalização.

3.1 GEO MONUMENTOS LISBOA

A aplicação web chamado de GEO MONUMENTOS LISBOA⁴ está disponível on-line e permite a visualização de geomonumentos de forma interativa utilizando o mapa Google Maps e sua tela inicial está representada na figura 3.1. O trabalho foi desenvolvido com a utilização da tecnologia de fusão de tabela (table fusion) que é uma ferramenta disponibilizada pela Google para o desenvolvimento de aplicações com mapas. Essa tecnologia permite a importação de arquivos shapefile para a construção da camada de mapa que será exibido no Google Maps de forma customizada. Na aplicação são ressaltados alguns interesses como científico e cultural. Ao selecionar uma opção no menu lateral é exibido a geolocalização no mapa e algumas informações conforme representado na figura 3.2 e figura 3.3. A aplicação permite, após um clique sobre os marcadores, a exibição de informações relativas ao geomonumento. Esta aplicação é o resultado de um projeto chamado “Geomonumentos de Lisboa - Conservação do património geológico em contexto urbano”.

Figura 3.1 – Tela Inicial GEO MONUMENTOS LISBOA



Fonte: (GEO MONUMENTOS LISBOA, 2015)

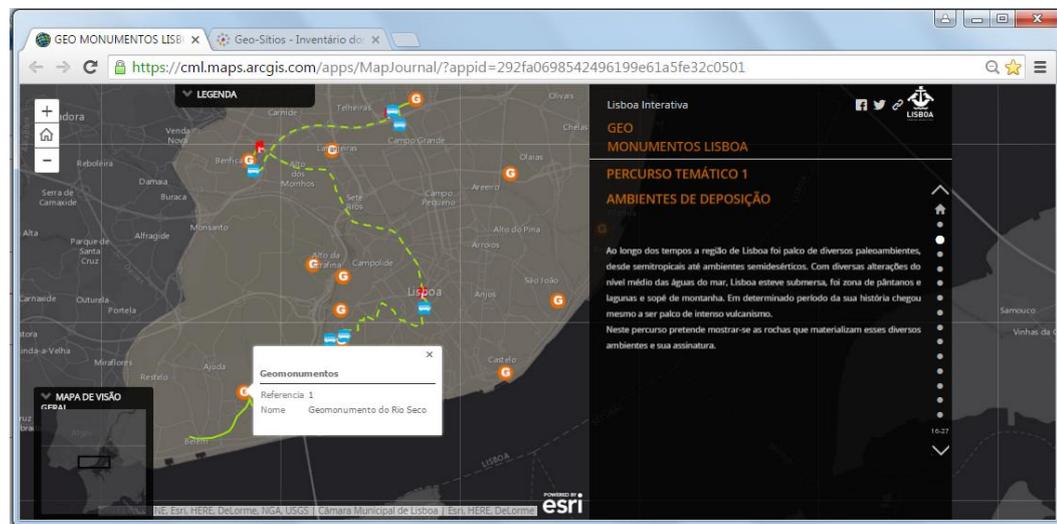
⁴ Disponível em:

< <https://cml.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/?appid=292fa0698542496199e61a5fe32c0501> >
Acessado em:30/11/2015.

Na figura 3.1 pode ser observado o menu lateral da aplicação com opções de seleção para a exibição de determinado conjunto de geomonumentos e uma breve descrição.

Após a seleção de um item do menu lateral o sistema exibe no Google Maps as geolocalizações das goformas representadas por marcadores e permite a interação com o usuário que ao aplicar um clique sobre o marcador exibe uma janela de informação com algumas das informações da tabela de atributos do geomonumento. Um exemplo dessa interação pode ser observado na figura 3.2.

Figura 3.2 – Percurso temático 1 – Ambientes de deposição



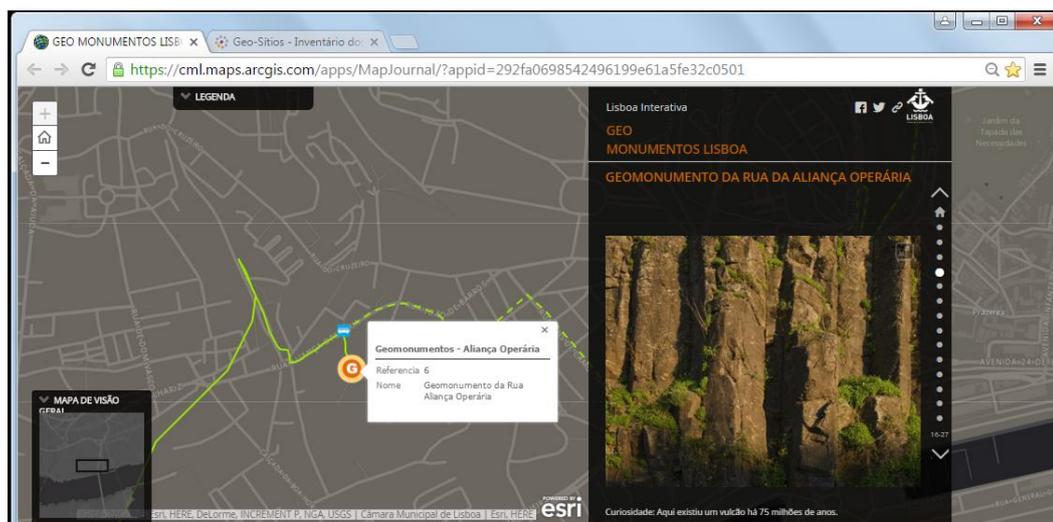
Fonte: (GEO MONUMENTOS LISBOA, 2015)

Na figura 3.2 podem ser observados alguns marcadores representando algumas geoformas e pode-se destacar uma geoforma fluvial com sua janela de informação contendo algumas das informações de sua tabela de atributos.

Um outro exemplo dessa interação pode ser observado na figura 3.3 que apresenta uma imagem de geoforma rochosa ao lado do menu lateral.

Da figura 3.3 pode ser observado que o sistema exibe uma linha verde representando um itinerário que poderá ser seguido pelo usuário de modo a facilitar a localização do geomonumento.

Figura 3.3 – Geomonumentos da Rua da Aliança Operária



Fonte: (GEO MONUMENTOS LISBOA, 2015)

Esta aplicação não permite que o usuário adicione novas geoformas e nem modifique as informações da tabela de atributos das geoformas exibidas.

O SIG descrito neste trabalho permite que o usuário cadastre novas geoformas e modifique as informações.

3.2 GEOPORTAL DO LINEG

O GeoPortal do LNEG⁵ disponibiliza o acesso a informações sobre geo-sítios e geomonumentos por meio de uma aplicação web que contém informações de um inventariado sobre estes locais. Sua aplicação permite a visualização no Google Maps dos geo-sítios e disponibiliza informações sobre as geoformas. A tela inicial da aplicação pode ser observada na figura 3.4.

⁵ Disponível em: <http://geoportal.lneg.pt/index.php?option=com_content&id=57>
Acessado em: 30/11/2015.

Figura 3.4 – Tela inicial do geoportal LNEG

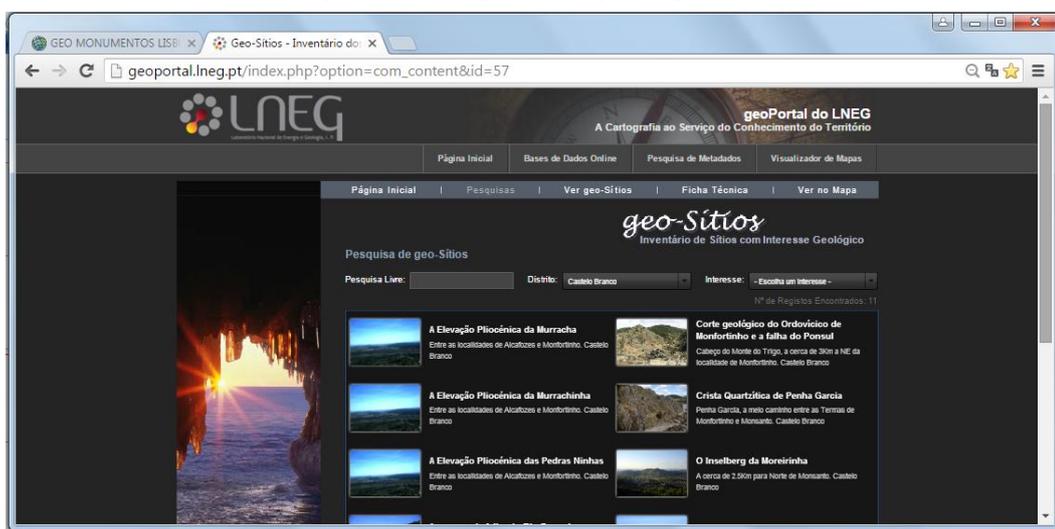


Fonte: (LNEG, 2015)

Na figura 3.4 representa a tela inicial da aplicação e nesta tela é possível acessar o “Visualizador de Mapas” que apresenta alguns recursos interativos. Se o usuário clicar na opção “entrar” poderá ter acesso às informações das geoformas.

A partir do clique na opção “entrar” o sistema exibirá a tela representada na figura 3.5 onde o usuário poderá pesquisar sobre um determinado geo-sítio ou selecionar diretamente um através de um clique sobre uma imagem.

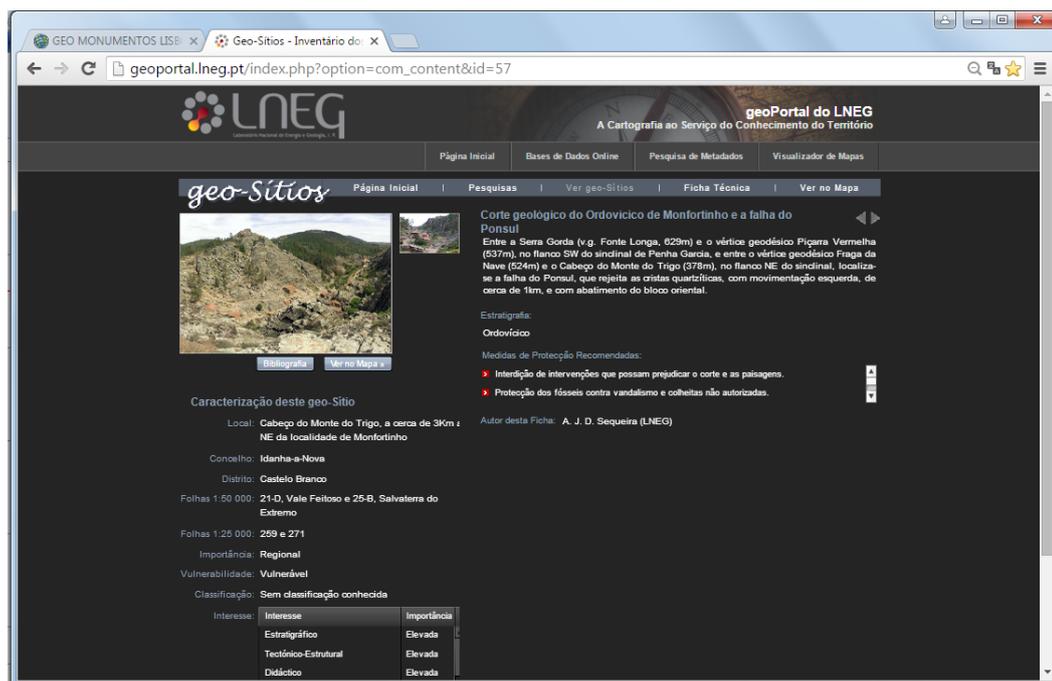
Figura 3.5 – Pesquisa e seleção de geo-sítios



Fonte: (LNEG, 2015)

A figura 3.5 apresenta um conjunto de imagens associada a textos de determinadas geoformas. Caso o usuário selecione um elemento desse conjunto será exibida a imagem e as principais informações desse geo-sítio conforme poder ser observado na figura 3.6.

Figura 3.6 – Corte geológico do Ordovício de Monfortinho e a falha do Ponsul



Fonte: (LNEG, 2015)

Na figura 3.6 é possível observar as principais informações características desse geo-sítio.

A principal diferença desta aplicação da LNEG para a aplicação tema deste trabalho está na distribuição de marcadores representando a geolocalização no mapa Google Maps. A partir de um clique sobre o marcador o usuário tem acesso às informações da geoforma.

É importante destacar que geo-sítios são locais com uma determinada quantidade de geomonumentos.

4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Este capítulo discorre sobre as diversas etapas do desenvolvimento de uma aplicação (*software*) web, que serve para cadastro de geoformas. Inicialmente foram definidos alguns dos requisitos de *software*, definição de um modelo a ser seguido e na sequência a implementação do código fonte para ser executado no servidor. Este desenvolvimento transcorreu no período de desenvolvimento desse trabalho.

4.1 ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS

A seguir são apresentados alguns dos Requisitos Funcionais e Requisitos Não Funcionais que são atendidos pelo SIG.

4.1.1 Requisitos Funcionais

- A aplicação permitirá que o usuário seja capaz de cadastrar pontos de geoformas com geolocalização;
- A aplicação deverá permitir a pesquisa por uma determinada geoforma com base em um parâmetro específico informado em um campo de busca;
- A aplicação deverá exibir num mapa os pontos cadastrados;
- A aplicação deverá permitir a atualização dos pontos cadastrados;
- A aplicação deverá permitir a exclusão dos pontos cadastrados;
- A aplicação deverá permitir a visualização de pontos cadastrados com um determinado valor, este valor deverá ser informado através de um campo durante o cadastro;
- A aplicação deverá permitir a exibição de pontos próximos a um determinado ponto cadastrado com sua geolocalização.

4.1.2 Requisitos Não Funcionais

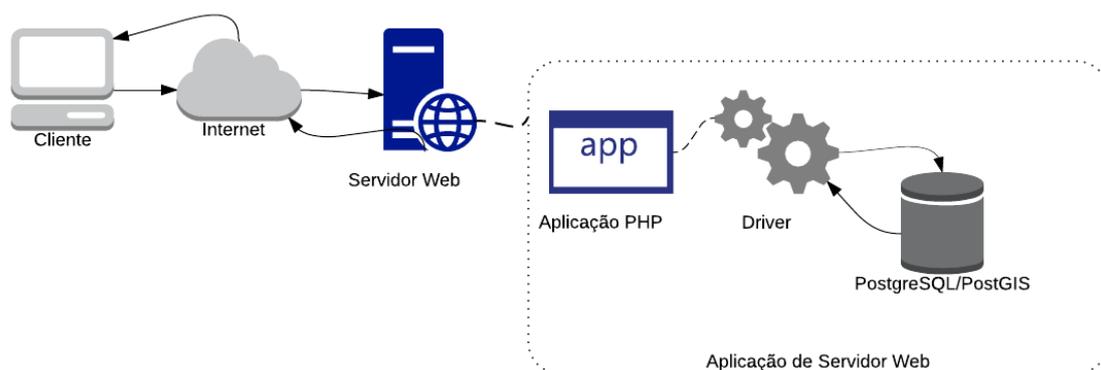
- A aplicação deverá funcionar em servidor de aplicação PHP;
- A aplicação deverá ter acesso a internet;
- A aplicação deverá utilizar a *API Google Maps API v3*;
- A aplicação deverá obter a localização de determinado ponto no Google Maps API v3;

- A aplicação deverá armazenar os dados em um BD PostgreSQL com extensão PostGIS;
- A aplicação deverá disponibilizar em serviço web objetos do tipo JSON.

4.2 MODELO DO SISTEMA

A partir dos requisitos funcionais e não funcionais propostos pode-se definir um modelo para a aplicação. O modelo definido foi para uma aplicação web executar numa máquina que possui um servidor de aplicação do tipo contêiner (Container). Neste caso foi adotado o Apache MS4W Web Server popularmente conhecida por MapServer que é um servidor de aplicação de mapas. Este servidor executa aplicações em PHP (Hypertext Preprocessor). Esse modelo pode ser observado conforme na figura 4.1.

Figura 4.1 - Modelo Cliente Servidor da aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

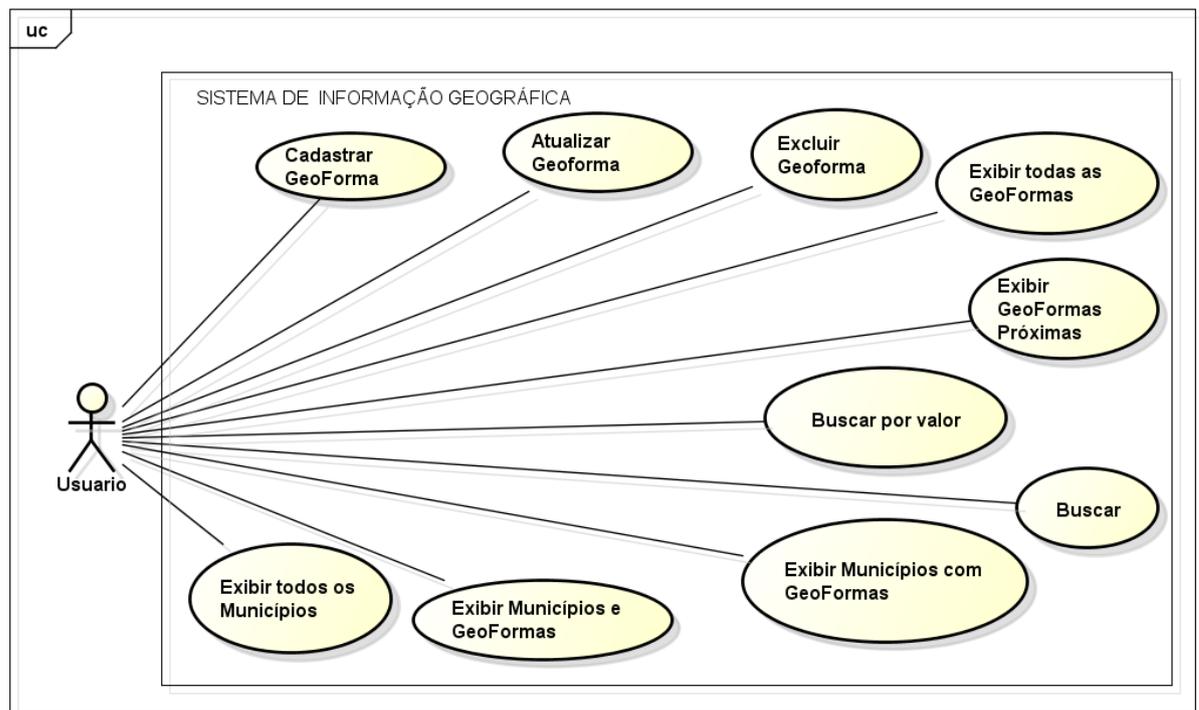
Pode ser observado na figura 4.1: este modelo apresenta a comunicação de um determinado cliente através da internet com um servidor de aplicação web que executa a Aplicação PHP. A aplicação utiliza um Driver para se comunicar com o PostgreSQL, com extensão espacial PostGIS, para realizar suas requisições, e esta aplicação está inserida no contêiner MapServer (versão 5.6).

Para um melhor entendimento da aplicação foi implementada a modelagem. Para a modelagem foi utilizado o padrão UML (Linguagem de Modelagem Unificada) por ser adequado ao padrão de orientação a objetos, também utilizado no projeto.

4.2.1 Diagrama de Casos de Uso

Os seguintes casos de uso apresentam as principais interações com a aplicação modelada. A figura 4.2 apresenta o caso de uso, onde o usuário pode interagir diretamente

Figura 4.2 - Diagrama de Casos de Uso do SIG



powered by Astah

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

com a aplicação acessando um menu lateral, neste menu lateral ele tem acesso a algumas funcionalidades relacionadas a geoformas e a municípios paraibanos.

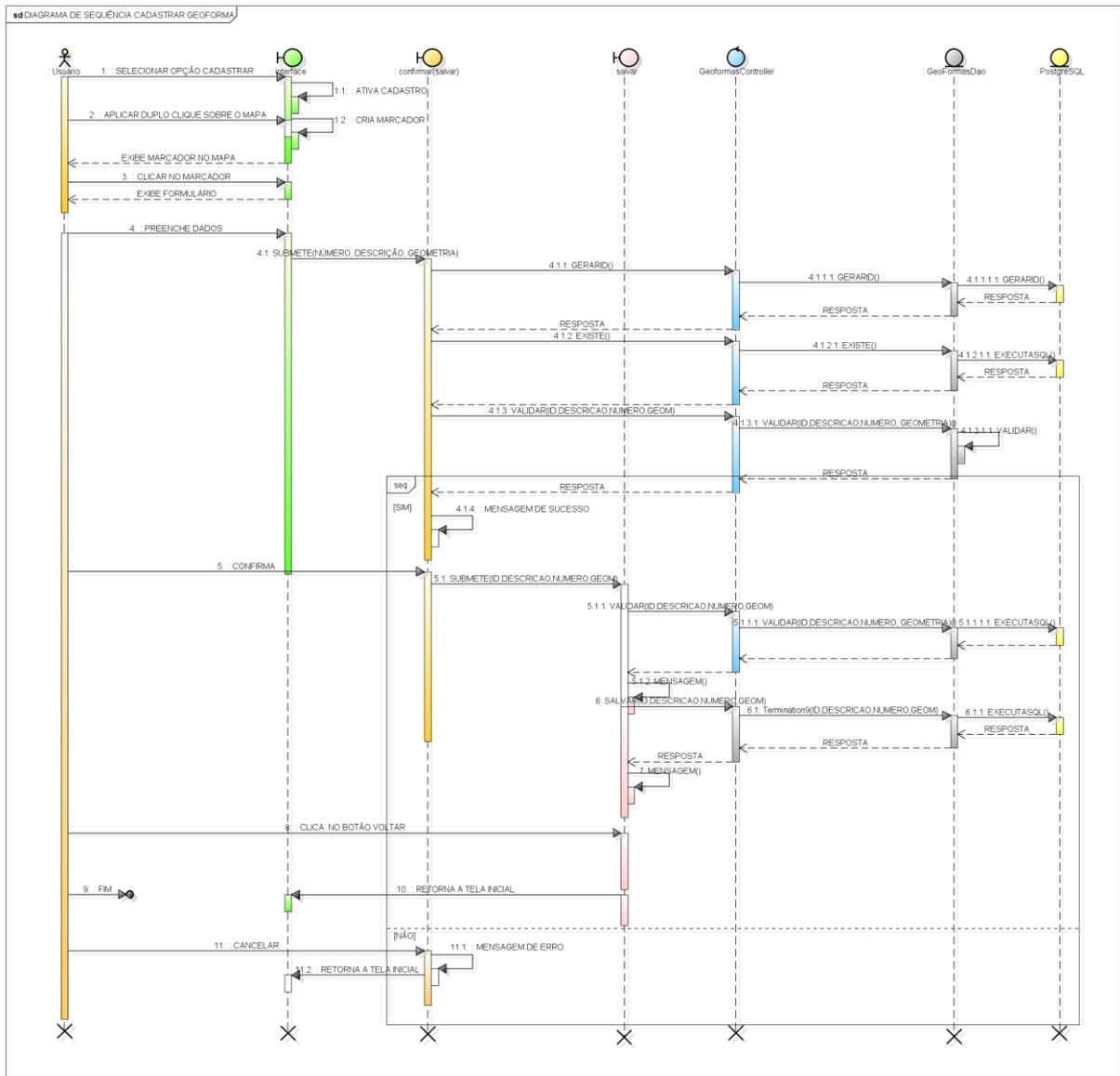
Na figura 4.2 representa a interação do usuário com o sistema para realizar as operações relativas ao cadastro, exibição e manutenção de informações de geoformas.

4.2.2 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência do uso da aplicação representa a interação do ator com a aplicação e é apresentado a seguir, acompanhado de uma descrição textual do processo de requisição de serviço e o retorno em uma linha de tempo conforme pode ser observado na figura 4.3.

Da figura 4.3 podem ser observadas as principais seqüências realizadas e suas respectivas respostas referentes a interação para realizar o cadastro de uma geoforma.

Figura 4.3 - Diagrama de seqüência cadastrar geoforma



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

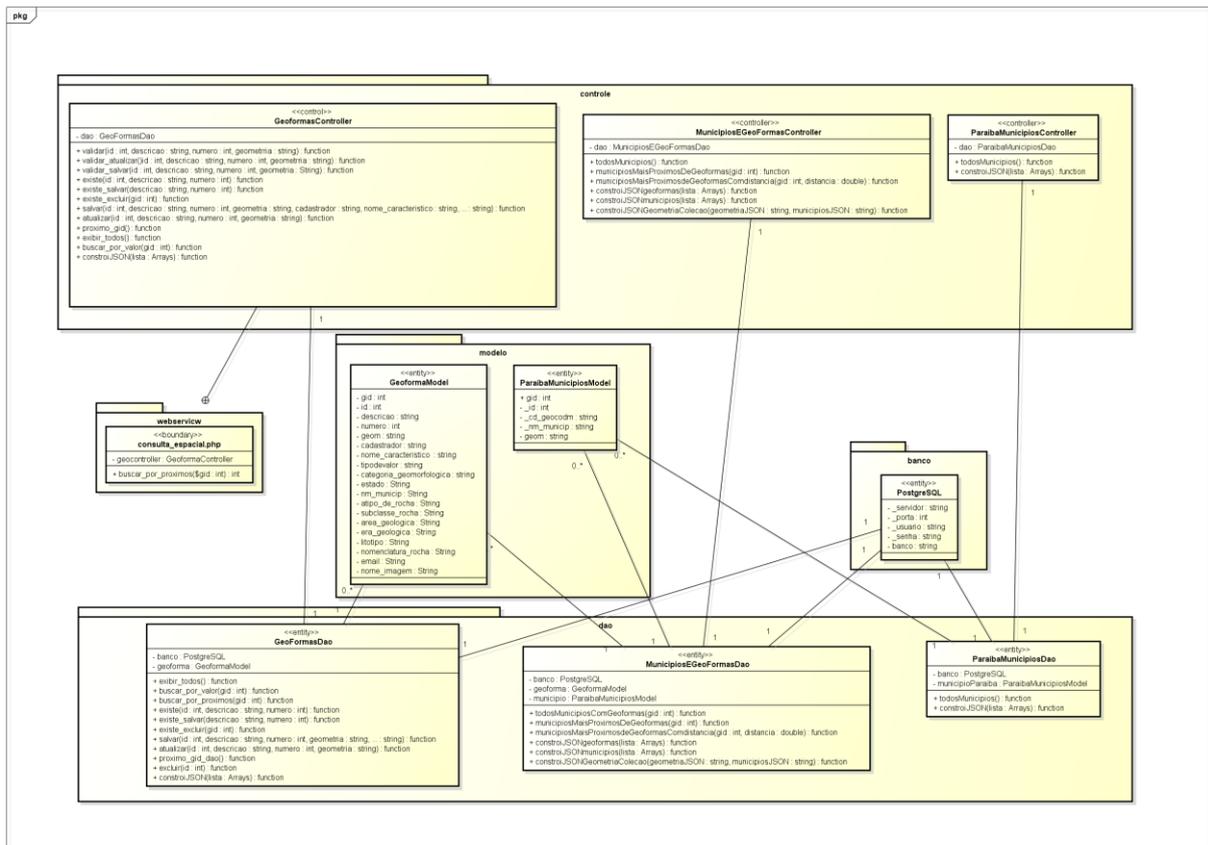
Outros diagramas de seqüência estão no Apêndice A, B, C e D deste documento.

4.2.3 Diagrama de Classe

O Diagrama de Classes do SIG contendo a descrição das responsabilidades das classes da aplicação está representada na figura 4.4 de forma a representar parte da arquitetura do sistema.

Da figura 4.4 podem ser observadas as principais classes que compõem a arquitetura da aplicação. Nela está sendo utilizado o padrão de projeto modelo visão e controle (MVC) e a aplicação de orientação a objetos, pois as principais classes modelo representam os objetos espaciais.

Figura 4.4 - Diagrama de classe cadastrar georma



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

4.2.4 Banco de Dados

Para o armazenamento dos dados dos não espaciais e dos espaciais de geolocalização das geofomas foi desenvolvido um BD geográfico.

O banco de dados foi construído através dos SGBD PostgreSQL coma extensão espacial PostGIS utilizando para isso a interface pgAdmin III (uma interface para o SGBD PostgreSQL). Para torna-lo espacial foram adicionadas es extensões espaciais durante a sua criação com a utilização do através do pgAdmin III.

Conforme supracitado, a linguagem utilizada para interagir com o BD é a SQL. Através da execução de comandos SQL foi criada a tabela para o armazenamento das geofomas.

Para a criação da principal tabela foi executado o seguinte comando SQL:

```
CREATE TABLE geoformas (  
    gid serial NOT NULL PRIMARY KEY,  
    id varchar(255),  
    numero integer  
    descricao character varying(255),  
    cadastrador character varying(255),  
    nome_caracteristico character varying(255),  
    tipodevalor character varying(255),  
    categoria_geomorfolologica character varying(255),  
    estado character varying(255),  
    nm_municip character varying(255),  
    tipo_de_rocha character varying(255),  
    subclasse_rocha character varying(255),  
    area_geologica character varying(255),  
    era_geologica character varying(255),  
    litotipo character varying(255),  
    nomenclatura_rocha character varying(255),  
    email character varying(255),  
    nome_imagem character varying(255)  
);
```

O código acima permite a criação de uma tabela com o nome `geoformas` com suas propriedades, sendo a propriedade de nome `gid` a responsável por armazenar a chave primária.

```
SELECT AddGeometryColumn('geoformas','geom',-1,'POINT',2);
```

O código acima permite que na tabela `geoformas` ocorra a adição de uma nova coluna chamada `geom`, com parâmetro -1 para o SRID (Spatial Reference System Identifier ou Identificador do Sistema de Referência Espacial) e do tipo ponto e na segunda dimensão.

```
CREATE INDEX geoformas_geom_idx  
    ON public.geoformas  
    USING gist  
    (geom);
```

O código acima permite que na tabela `geoformas` ocorra a criação de um índice espacial.

VACUUM ANALYZE `geoformas`;

O código acima permite a otimização da consulta na tabela `geoformas`.

Para a criação da tabela responsável por armazenar os dados dos municípios paraibanos o procedimento adotado foi a importação do arquivo de camada (*shapefile*) através da interface do PostGIS 2.0. Este arquivo foi obtido no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs)⁶.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO CÓDIGO FONTE

A implementação do código fonte foi realizada na linguagem PHP que possui como principais vantagens relacionadas a facilidade de aprendizado, multiplataforma, conexão com os principais bancos de dados (inclusive PostgreSQL) e além de ser de código aberto possui suporte nos principais servidores, e para atender aos requisitos do modelo proposto, conforme pode ser observado na figura 4.1, pois o servidor Map Server executa aplicações nesta linguagem.

O modelo adotado foi o Modelo Visão e Controle (MVC - Model View Controller) para promover um empacotamento dos arquivos de forma a manter a organização da aplicação e também garantir a implementação do padrão de orientação a objetos. Com a adoção desses padrões foi possível ter um nível de qualidade no sistema.

Através da implantação do padrão de projeto MVC foram criadas, com PHP, classes para controlar as atividades do sistema, classe de modelo de objetos com as respectivas propriedades análogas às da tabela `geoformas` supracitada e arquivos com HTML (Hyper Text Markup Language ou Linguagem de marcação de hiper texto) foi adotada para a construção das páginas web.

Foi utilizada a tecnologia AJAX (Asynchronous JavaScript + XML) em algumas páginas para realizar algumas requisições na aplicação com o propósito de facilitar a atualização de páginas com o incremento de conteúdo. O objetivo dessas requisições é o de receber objetos no formato JSON (JavaScript Object Notation), que é uma estrutura ou notação de objeto JavaScript, para fornecer a possibilidade de manipulação de objetos num formato textual por apresentar um modelo chave-valor, onde é composto por um conjunto de chaves que estão

associadas um valor no formato textual. Esta tecnologia permitiu que os dados fossem transformados em texto para serem rapidamente acessados através da chave, nome da coluna correspondente no BD e a propriedade na classe de modelo.

A utilização de bibliotecas prontas facilitou o desenvolvimento do sistema; nesse sentido foram utilizadas:

A Google Maps API v3 foi adotada por apresentar uma interface dinâmica para a construção de mapas e por apresentar os recursos tecnológicos para a construção dos objetos, além de ser gratuito até determinada quantidade de consultas. É necessário criar uma chave de acesso aos servidores do Google Maps. A obtenção da chave é mediante registro do projeto no site da Google API Console.

O JQuery foi adotado para acessar diretamente os elementos como botões, e modificar a folha de estilo em cascata (CSS - Cascade style sheet) de formulários e por utilizar o AJAX.

AngularJS foi adotada para manipular informações dos objetos geográficos.

Javascript foi adotada por ser a principal linguagem de script de comunicação com a Google Maps API v3.

⁶Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>. Acessado em: 11/11/2014.

5 SISTEMA EM FUNCIONAMENTO

Neste capítulo serão apresentados os principais detalhes do funcionamento do sistema começando pela descrição da aplicação e na sequência são apresentadas a descrição das funcionalidades do sistema com suas respectivas telas.

5.1 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

Este sistema permite o cadastro e manutenção de informações sobre a geolocalização de geoformas bem como sua exibição no mapa Google Maps e através da seleção de funcionalidades poderá observar o resultado de consultas espaciais relativas às geoformas.

A aplicação permite o cadastro de informações como geolocalização, descrição da geoforma, nome, valor observável, tipo de geoforma, tipo de rocha (litotipo), nomenclatura da rocha (composição), etc. através do preenchimento de um formulário.

No menu ajuda o usuário poderá encontrar orientação para a realização das funcionalidades da aplicação.

5.2 O QUE O SISTEMA FAZ?

O sistema permite a visualização de camadas sobre o mapa Google Maps contendo a geolocalização representada por marcadores das geoformas e dos municípios do estado da Paraíba.

Ao clicar sobre um determinado marcador é disponibilizado uma janela de informação contendo o nome da geoforma e sua geolocalização e um botão “Mais Informações/Atualizar/Excluir” que ao ser clicado permite ao usuário realizar operações de atualização e exclusão ou ter acesso a mais informações.

5.3 DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DA APLICAÇÃO COM DETALHES

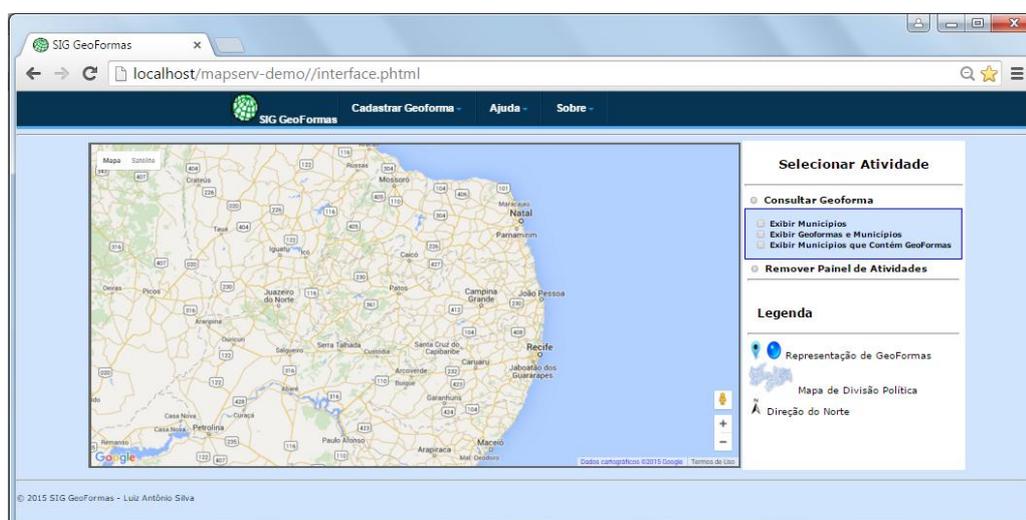
As funcionalidades estão baseadas no diagrama de casos de uso apresentadas na figura 4.2 da seção anterior. Além de guiar o desenvolvimento o diagrama de casos de uso serve para representar a interação do usuário com o sistema, supracitado.

5.3.1 Tela Inicial do Sistema

O sistema apresenta uma tela inicial com um menu superior e um lateral. O menu superior apresenta a opção para cadastro e de ajuda. O menu lateral permite a realização de operações de consulta, exibição e busca conforme pode ser observado na figura 5.1.

Da figura 5.1 podem ser observado alguns elementos necessários ao entendimento e manipulação de mapas que é uma legenda contendo a identificação de figuras representativas para a geoforma, a representação da divisão política dos municípios e a indicação do norte.

Figura 5.1 – Tela inicial da aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

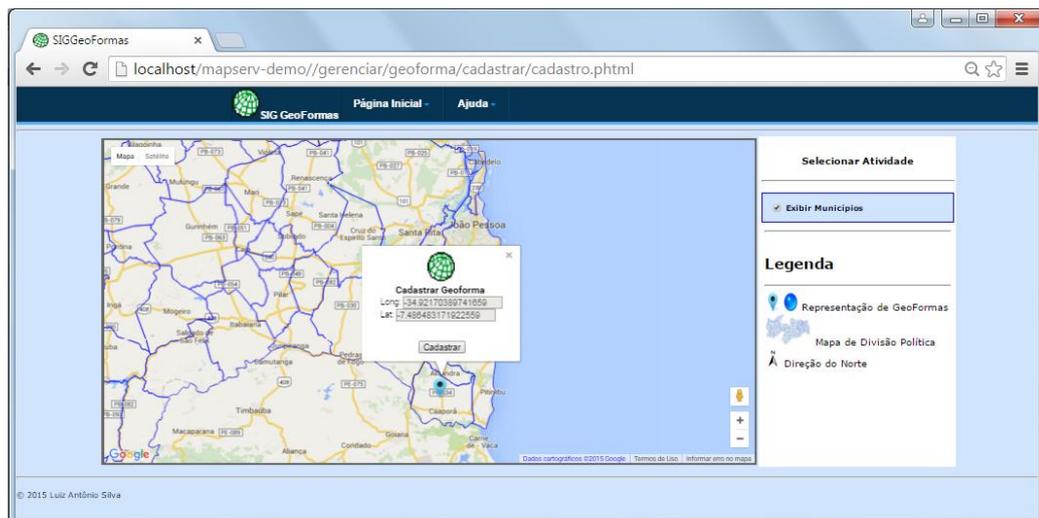
5.3.2 Cadastrar Geoforma

Para realizar o cadastro de geoforma é necessário que o usuário acesse no menu superior a opção “Cadastrar Geoforma”. Após a seleção da opção “Cadastrar Geoforma” o sistema apresentará uma tela específica para a realização do cadastro conforme pode ser observado na figura 5.2.

O usuário poderá exibir a divisão político administrativa do estado da Paraíba marcando a opção “Exibir Municípios” no menu lateral conforme pode ser observado na figura 5.2. Para o usuário ver um resultado análogo ao do cadastramento de uma geoforma exibido na figura 5.2 ele deverá seguir alguns passos. O cadastro é realizado através de etapas onde:

1. O usuário clica no mapa Google Maps sobre o local alvo;
2. O sistema insere um marcador sobre o mapa;

Figura 5.2 –Tela de cadastrar geoforma



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

3. O usuário clica no marcador;
4. O usuário clica no botão cadastrar;
5. O sistema exibe um formulário que poderá ser preenchido com os dados da geoforma;
6. O usuário clica em salvar;
7. O sistema fornece uma tela de conformação;
8. O usuário clica no botão de confirmação;
9. O usuário retorna a tela cadastro;
10. O usuário retorna a tela inicial.

Na tela de cadastro ao selecionar o botão “Cadastrar” o sistema exibe um pop up com um formulário contendo alguns campos para o preenchimento. Este formulário pode ser observado conforme a representação na figura 5.3.

Figura 5.3 – Formulário de cadastro de geoformas

The image shows a web-based registration form for landforms. The form is set against a light blue background and contains the following fields and controls:

- Nome Característico:** A text input field with the placeholder "Digite o nome da Geoforma...".
- Descrição:** A text input field with the placeholder "Descrição da Geoforma...".
- Tipo de Valor:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Valor observável:** A dropdown menu currently showing "0".
- Categoria Temática Geomorfológica:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Estado:** A dropdown menu currently showing "Paraíba".
- Localização Município:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Classificação do Tipo de Rocha:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- SubClasse de Rocha:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Área geológica:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Era geológica:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Litotipo (Composição):** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Nomenclatura de Rocha:** A dropdown menu currently showing "--Selecione--".
- Nome Cadastrador:** A text input field with the placeholder "Nome Cadastrador...".
- e-mail:** A text input field with the placeholder "e-mail...".
- Long:** A text input field containing the value "-36.505860798060894".
- Lat:** A text input field containing the value "-7.466342657468432".

At the bottom of the form, there are two buttons: "Cancelar" and "Salvar". A "Fechar" button is located in the top right corner of the form area.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na figura 5.3 podem ser observados alguns campos onde o usuário poderá informar:

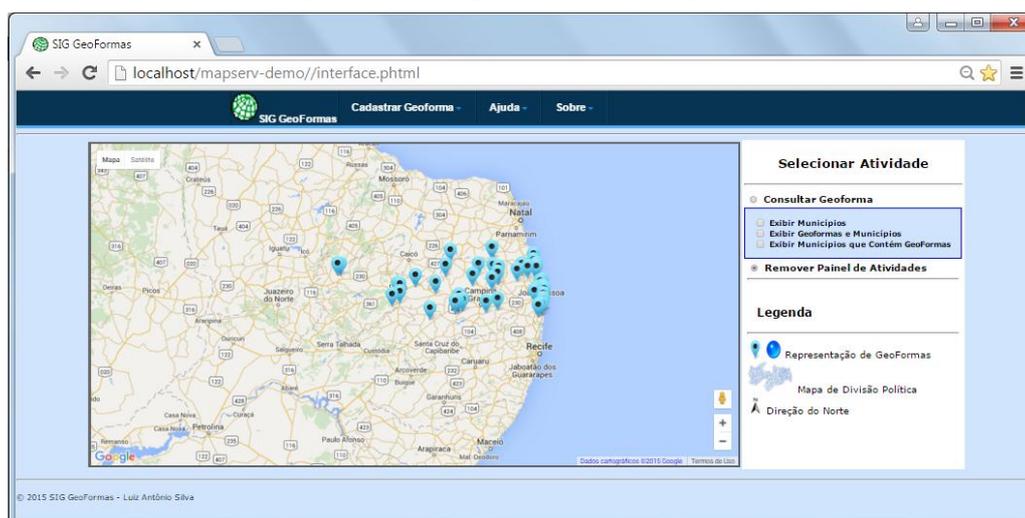
1. Campo “Nome Característico” poderá informar um nome para a geoforma;
2. Campo “Descrição” poderá informar a descrição da geoforma e algumas características;
3. Campo “Tipo de Valor” poderá selecionar um valor do tipo econômico, científico, etc.;
4. Campo “Valor Observável” poderá selecionar um valor entre 0(zero) a 10(dez) para atribuir à aquela geoforma. Este valor servirá para a funcionalidade “Buscar por Valor” e serve para atribuir uma valoração ao monumento;
5. Campo “Categoria Temática Geomorfológica” poderá selecionar uma categoria do tipo “Geoformas graníticas”, “Geoformas vulcânicas”, etc.;
6. Campo “Estado” por padrão já está selecionado o valor da Paraíba;
7. Campo “Localização Município” poderá selecionar um município para a localização;
8. Campo “Classificação do Tipo de Rocha” poderá selecionar do tipo “Rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas”, “Rochas sedimentares”, etc.;
9. Campo “SubClasse de Rocha” poderá selecionar do tipo “Sedimentos Inconsolidados”, “Plutônica”, etc.;
10. Campo “Área geológica” poderá selecionar a área do tipo “Depressão sertaneja com formas agudas”, “Planalto da Borborema com maciços setentrionais”, etc.;

11. Campo “Era geológica” poderá selecionar uma era do tipo “Pré-Cambriano inferior”, “Cenozóico”, etc.;
12. Campo “Classificação do Tipo de Rocha” poderá selecionar um tipo como “Rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas”, “Rochas sedimentares”, etc.;
13. Campo “Litotipo (Composição)” poderá selecionar um lototipo para a geoforma que pode ser: “Anfibólicos”, “Argilito”, “Calcita”, etc.;
14. Campo “Nomenclatura de Rocha)” poderá selecionar uma nomenclatura para a geoforma que pode ser: “Aplito”, “Basaltos (Básicas)”, etc.;
15. Campo “Nome Cadastrador” poderá informar o nome do cadastrador;
16. Campo “e-mail” poderá informar o e-mail do cadastrador.

5.3.3 Exibir Todas as Geoformas

Para realizar a exibição de todas as geoformas é necessário que o usuário esteja na tela inicial e acesse no menu lateral a opção “Consultar Geoformas” onde será exibida a opção para exibir todas as geoformas. Ao selecionar a opção “Exibir Todas as Geoformas” o sistema exibirá um botão que ao ser clicado exibirá os marcadores no mapa representando as geolocalizações das geoformas cadastradas. O resultado será semelhante ao que pode ser observado na figura 5.4.

Figura 5.4 – Tela para exibir todas as geoformas



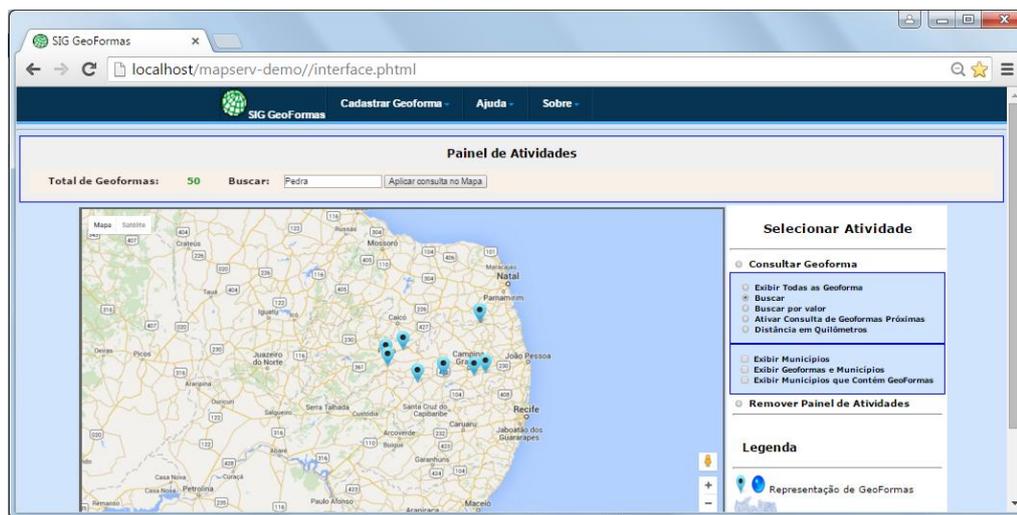
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na figura 5.4 podem ser observados alguns marcadores sobre o mapa representando a geolocalização cadastrada para a geoforma.

5.3.4 Buscar Geoformas

Para utilizar a funcionalidade de buscar por determinada geoforma é necessário que o usuário esteja na tela inicial ou na tela de busca por valor e acesse no menu lateral a opção “Consultar Geoformas” onde será exibida a opção para buscar. Ao selecionar a opção “Buscar” o sistema exibirá um campo de formulário com um botão ao lado que ao ser clicado exibirá os marcadores no mapa representando as geolocalizações das geoformas cadastradas conforme o critério de busca. Caso o usuário não informe nenhum critério de busca e clicar no botão o sistema exibirá todas as geoformas cadastradas. O resultado será semelhante ao que pode ser observado na figura 5.5. O formulário com o campo para busca continuará sendo exibido até que o usuário selecione no menu lateral outra funcionalidade ou selecione a opção “Remover Painel de Atividades”.

Figura 5.5 – Tela Buscar



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na figura 5.5 pode ser observado como parâmetro de busca a palavra “Pedra” e o resultado da busca foi a exibição de alguns marcadores que apresentam em seus atributos a palavra pedra.

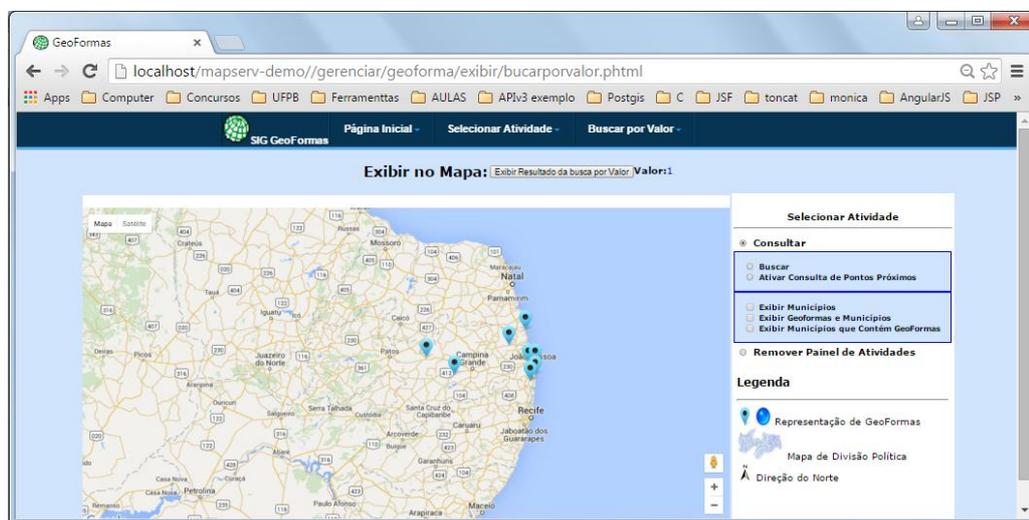
5.3.5 Buscar por Valor

Durante o cadastro da geoforma o usuário informa no campo “Valor Observável” um valor entre 0(zero) a 10(dez) para atribuir a uma determinada geoforma. Este valor serve para atribuir uma valoração ao monumento.

Este valor é utilizado como parâmetro no filtro na funcionalidade “Buscar por Valor”.

Para utilizar a funcionalidade de buscar por valor de determinada geoforma é necessário que o usuário esteja na tela inicial e acesse no menu lateral a opção “Consultar Geoformas” onde será exibida a opção para buscar por valor. Ao selecionar a opção “Buscar por Valor” o sistema exibirá um campo de formulário com um botão ao lado. Ao ser selecionado um valor específico nesse campo será habilitado o botão “Buscar por Valor” que ao ser clicado o sistema exibirá a tela de busca por valor. Na tela de busca por valor é apresentado um botão “Exibir Resultado da Busca por Valor” que sempre que seja clicado exibirá no mapa os marcadores que representam a geolocalização das geoformas com o atributo do valor selecionado na tela anterior. O resultado da busca por valor será semelhante ao que pode ser observado na figura 5.6.

Figura 5.6 – Tela Buscar por Valor



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

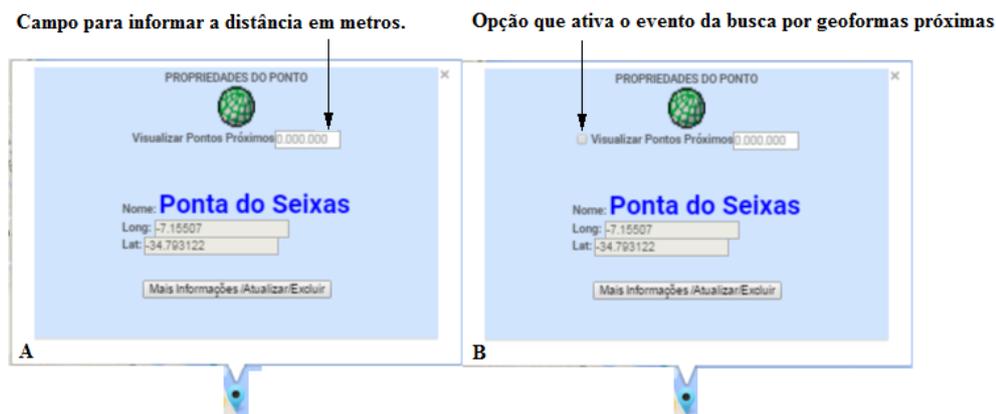
Na figura 5.6 pode ser observado ao lado do botão “Exibir Resultado da Busca por Valor” que o parâmetro da busca por valor foi o valor 1 (um). No menu lateral é possível selecionar a funcionalidade buscar onde o usuário poderá realizar uma busca por determinada geoforma com uma palavra específica em algum de seus atributos.

5.3.6 Buscar por Geoformas Próximas

Para utilizar a funcionalidade de buscar por geoformas próximas a outra de determinada geoforma com determinada distância é necessário que o usuário esteja na tela inicial ou na tela buscar por valor, aplique um clique sobre um determinado marcador e acesse no menu lateral a opção “Consultar Geoformas” onde será exibida a opção para “Ativar Consulta de Geoformas Próximas”. Ao selecionar a opção “Ativar Consulta de Geoformas

Próximas” o sistema exibirá uma opção para ser marcada dentro da janela de informação de determinado marcador representada na figura 5.7. Um campo de formulário estará disponível para o preenchimento da distância desejada. Ao marcar a opção dentro da janela de informação ocorrerá uma consulta espacial que trará como resultado as geoformas próximas dentro de um raio da distância informada, como parâmetro, conforme pode ser observado na figura 5.8.

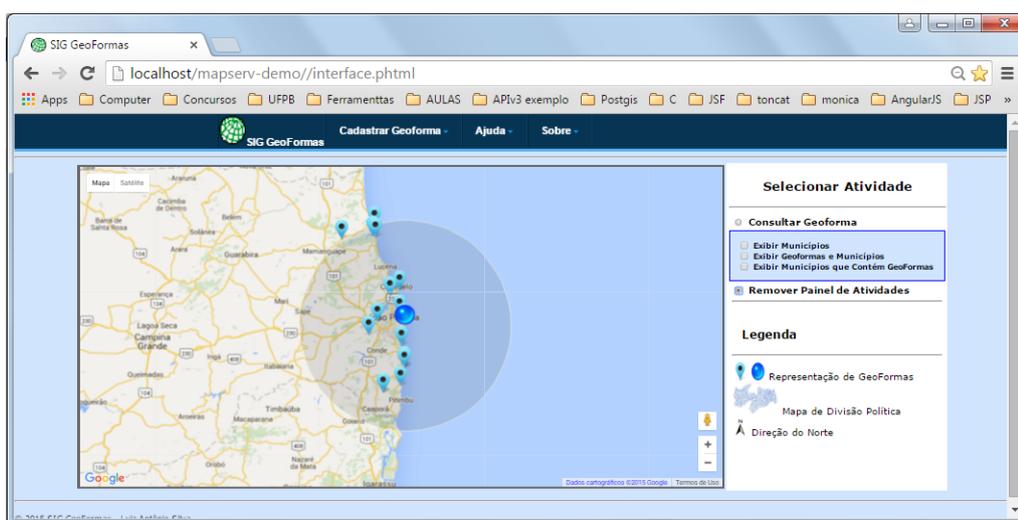
Figura 5.7 – Janela de informação associada a um marcador representando a geoforma



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na figura 5.7 (A) pode ser observado o ponto de geolocalização de uma geoforma com o nome “Ponta do Seixas” e o campo do formulário, indicado por uma seta, que deverá ser preenchido com a distância. Na figura 5.7 (B) pode ser observada a opção que ativa o evento para a busca por geoformas próximas.

Figura 5.8 – Resultado da busca por geoformas próximas



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

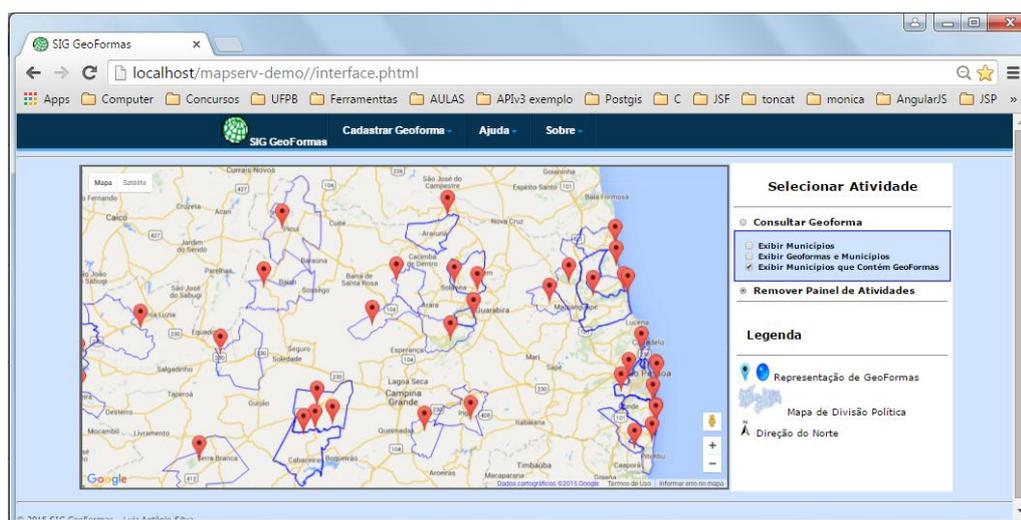
Na figura 5.8 pode ser observado o resultado para uma busca por geoformas próximas a uma distância de 50.000 (cinquenta mil metros) ou 50 quilômetros a partir da geoforma com geolocalização representada na figura 5.7.

Esta funcionalidade permite a visualização das geoformas próximas dentro do raio informado.

5.3.7 Exibir Municípios que Contém Geoformas

Para utilizar a funcionalidade de exibir geoformas com municípios o usuário deverá marcar a opção de “Exibir Municípios que Contém Geoformas” no menu lateral. O sistema exibirá apenas a área dos municípios onde a geoforma se encontra localizada e as respectivas geoformas cadastradas dentro da área de divisão político administrativa sobre o mapa Google Maps conforme pode ser observado na figura 5.9.

Figura 5.9 – Exibir municípios que contém geoformas



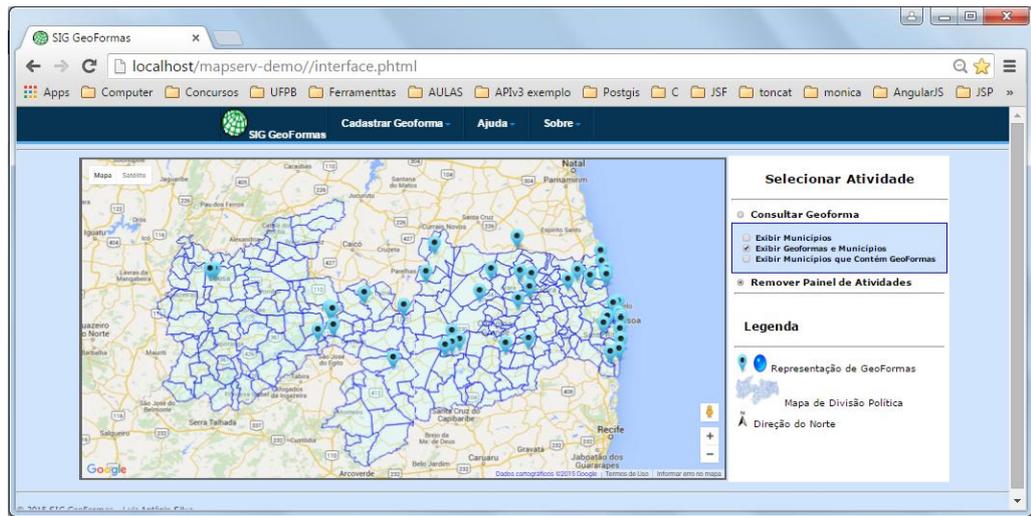
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na figura 5.9 pode ser observada a distribuição dos marcadores em vermelho representando a geolocalização das geoformas, A representação da área da divisão político administrativa está representada por polígonos na cor azul.

5.3.8 Exibir Geoformas e Municípios

Para utilizar a funcionalidade de exibir geoformas e municípios o usuário deverá marcar a opção de “Exibir Geoformas e Municípios” no menu lateral. O sistema exibirá a área de divisão político administrativa de todos os municípios com todas as geoformas cadastradas sobre o mapa Google Maps conforme pode ser observado na figura 5.10.

Figura 5.10 – Exibir geoformas e municípios



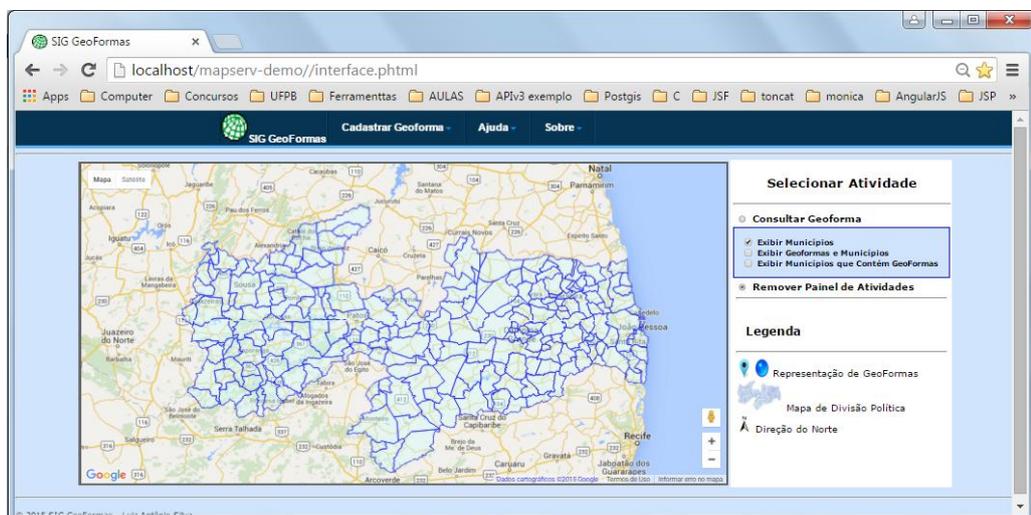
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na figura 5.10 pode ser observada a distribuição dos marcadores em azul representando a geolocalização das geoformas sobre a área do mapa de divisão político administrativa da Paraíba, A representação da área da divisão político administrativa está representada por polígonos na cor azul.

5.3.9 Exibir Municípios

Para utilizar a funcionalidade de exibir municípios o usuário deverá marcar a opção de “Exibir Municípios” no menu lateral. O sistema exibirá a área de divisão político administrativa de todos os municípios sobre o mapa Google Maps conforme pode ser observado na figura 5.11.

Figura 5.11 – Exibir municípios



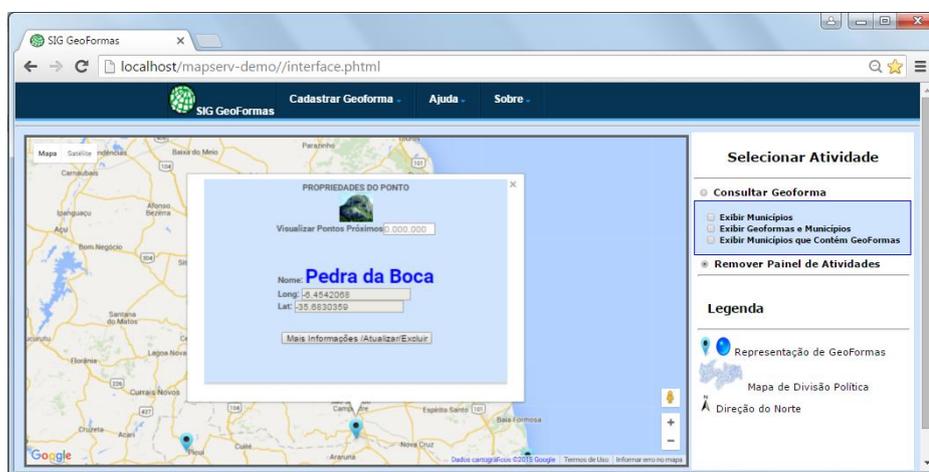
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na figura 5.11 pode ser observada a distribuição da divisão político administrativa dos municípios paraibanos sobre a camada no Google Maps.

5.3.10 Exibir Mais Informações / Atualizar / Excluir

O usuário poderá exibir mais informações cadastradas sobre uma determinada goforma, atualizar as informações e excluir a goforma. Para ter acesso a estas operações ele deve clicar no botão “Mais Informações/Atualizar/Excluir” localizado dentro de uma janela de informação conforme pode ser observado na figura 5.12 que neste caso representa a goforma denominada Pedra da Boca.

Figura 5.12 – Mais Informações/ Atualizar /Excluir



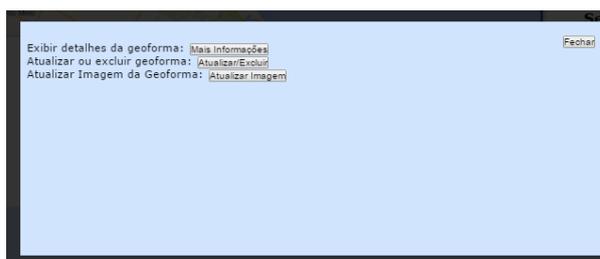
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Caso o usuário clique no botão “Mais Informações/Atualizar/Excluir” o sistema fornece acesso as opções que podem ser:

1. Exibir detalhes da goforma;
2. Atualizar ou excluir goforma;
3. Atualizar imagem da goforma.

Estas opções podem ser observadas na figura 5.13.

Figura 5.13 – Opções e funcionalidades



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

As opções disponibilizadas na figura 5.13 podem ser acessadas através de clique no respectivo botão. As operação pode ser:

1. Ao clicar no botão “Mais Informações” o sistema exibe os dados cadastrados da geoforma representada na figura 5.14.

Figura 5.14 – Mais Informações



Fonte: Adaptado de (BORBA; MENESES, 2013a; GEODIVERSIDADEPB⁷)

Na figura 5.14 o sistema exibe os dados da geoforma e sua respectiva imagem, caso tenha sido cadastrada.

2. Ao clicar no botão “Atualizar/Excluir” o sistema exibe um formulário preenchido com as informações da geoforma. O usuário poderá atualizar ou excluir os dados da geoforma. Esta operação está representada na figura 5.15.

Figura 5.15 – Atualizar/ Excluir

Exibir detalhes da geoforma: [Mais Informações](#) Fechar
 Atualizar ou excluir geoforma: [Atualizar/Excluir](#)

Nome Característico:

Descrição:
 A Pedra da Boca é formada por um conjunto geológico co...

Tipo de Valor: Valor observável:

Categoria Temática Geomorfológica:

Estado: Localização Município:

Classificação do Tipo de Rocha:

SubCasse de Rocha:

Área geológica:

Era geológica:

Litotipo (Composição):

Nomenclatura de Rocha:

Nome Cadastrador:

e-mail:

Long: Lat:

Atualizar Imagem da Geoforma: [Atualizar Imagem](#)

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Ao selecionar a opção “Salvar”, representada na figura 5.15, os dados serão persistidos no banco de dados.

3. Ao clicar no botão “Atualizar Imagem” o sistema exibe um formulário para selecionar o arquivo de imagem e ao clicar no botão “Enviar” os dados serão armazenados conforme representado na figura 5.16.

Figura 5.16 – Atualizar Imagem

Exibir detalhes da geoforma: [Mais Informações](#) Fechar
 Atualizar ou excluir geoforma: [Atualizar/Excluir](#)
 Atualizar Imagem da Geoforma: [Atualizar Imagem](#)

Carregar Arquivo

Fotografia da Geoforma: Nenhum arquivo selecionado

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

⁷ Disponível em: < <http://www.geodiversidadepb.blogspot.com.br/> >. Acessado em: 30/11/2015.

Ao clicar no botão “Enviar”, figura 5.16, o sistema irá atualizar o nome da imagem e redirecionar para uma outra tela que, exibirá uma mensagem de sucesso e o usuário terá a opção de retornar a tela inicial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do recorte espacial, aqui representado pelo limite territorial paraibano, foi desenvolvido uma aplicação web para o cadastro de geformas, onde os dados espaciais foram armazenados em um banco de dados geográfico livre.

O banco de dados construído no PostgreSQL com a extensão espacial PostGIS proporcionou um armazenamento adequado do objetos espaciais.

Assim, a realização de consultas espaciais no banco com extensão PostGIS são de fácil realização graças ao seu suporte a dados espaciais por meio de suas extensões espaciais. As consultas espaciais formam favorecidas pelo sistema de referências espaciais fornecido pelo PostGIS.

Partindo da ideia de que a gestão de recursos ambientais constituem uma tarefa importante para preservação e conservação ambiental, e considerando os avanços das geotecnologias na disponibilização de dados geográficos na internet, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo para viabilizar a utilização de informações no gerenciamento de recursos ambientais.

Partindo da ideia de que é possível implementar um inventário de dados relacionados ao patrimônio ambiental, as geotecnologias utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa são apresentadas como proposta de cadastro e controle das informações ambientais, exibindo as características dos geomonumentos por meio de uma interface amigável ao usuário.

Considerando a importância da preservação desses geomonumentos, buscou-se desenvolver uma aplicação que permite um cadastro e promove a possibilidade de gerenciamento através dessa ferramenta e possibilita a atribuição de uma valoração da geoforma para facilitar um possível gerenciamento. Nesse sentido, esta aplicação é um instrumento de pesquisa no estudo das geformas, bem como preenche a lacuna de trabalhos que fazem uso dessas informações, bem como por todos os interessados nas questões ambientais.

O trabalho considera que a catalogação de geformas requer conhecimento variado sobre geologia e geomorfologia, pois para a identificação dos monumentos é necessária a identificação de certas características como o tipo de rocha, a nomenclatura da rocha, etc. este conhecimento vai influenciar num melhor reconhecimento da geoforma.

Sendo assim, considerando a necessidade por informação descritivas e com o objetivo de facilitar a realização do cadastro são fornecidas algumas informações no formulário, de forma a orientar o cadastro para atender um mínimo de assertividade.

Pelo motivo da geolocalização das geoformas cadastradas serem no estado da Paraíba não teve um grau de complexidade, pois quanto mais próximos dos polos mais se estreitam os meridianos, e não exigiu aplicação de complexidade no algoritmo utilizado. Caso fossem cadastradas próximas dos polos esse detalhe deveria ser levado em consideração.

Destaca-se também que o limite territorial da Paraíba apresenta uma variedade de geoformas como litorais, fluviais, graníticas, etc. Um exemplo são as formações rochosas graníticas encontradas no Parque Estadual da Pedra da Boca que a partir de sua preservação passam a receber uma valorização do ponto de vista turístico.

Por fim, como perspectiva para trabalhos futuros observa-se a necessidade de evoluir essa aplicação para uma abrangência nacional com o objetivo de promover uma maior completude de geolocalizações desses geomonumentos, tendo em vista a ampla geodiversidade presente na geomorfologia e geologia no Brasil. Considerando a possibilidade de inserir uma maior diversidade de arquivos de camadas no banco de dados para promover um melhor entendimento sobre alguns agentes intempéricos que agem sobre essas geoformas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJAX. Disponível em: <<http://api.jquery.com/jquery.ajax/>>. Acessado em: 25/10/2015.
- AngularJS. Disponível em: <<https://angularjs.org/>>. Acessado em :25/10/2015.
- Ballantyne, C.K. **Paraglacial geomorphology**. Quaternary Science Reviews, n. 21, p. 1935-2017, 2002.
- BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007.
- BORBA, Carla Soares; MENESES, Leonardo Figueiredo de; CAVALCANTE, Márcio Balbino. **Pedra da Boca: O Parque dos Gigantes**. Geoconservação, Geoturismo, Patrimônio geomorfológico e impactos ambientais. XVI Simpósio de Geografia Física e Aplicada. “Territórios Brasileiros: Dinâmicas, potencialidades e vulnerabilidades”. Teresina - Piauí, 2015.
- CÂMARA, Gilberto. **Representação computacional de dados geográficos**. INPE, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap1.pdf>. Acesso em: 06/04/2015.
- Carvalho A. G. (1999) - **Geomonumentos - uma reflexão sobre a sua caracterização e enquadramento num projecto nacional de defesa e valorização do Património Natural**. Liga de Amigos de Conímbriga, Lisboa, 30 p.
- CASANOVA, Marcos; CLODOVEU, Davis; 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: 06/04/2015.
- CÓRDULA, Flavio Ribeiro. **Análise de Eficiência entre Extensões Espaciais de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados**. Monografia (Curso de Ciências da Computação) – Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ. João Pessoa – PB, 2008.
- EGENHOFER, Max J.; MARK, David M.; HERRIN, John. **As 9-Interseções: Formalismo e seu Uso do Natural – Predicados de Linguagem Espacial**. “The 9-Intersection: Formalism and its Use for Natural – Language Spatial Predicates”. National Center for Geographic Information and Analysis, Report January 1994.
- ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de Banco de Dados**. 4. ed. – São Paulo: Person Addison Wesley, 2005.
- FERREIRA, Antônio de Brum; ALCOFORADO, João Maria; VIEIRA, Gonçalo Teles; MORA, Carla; JANSEN, Jan. **Metodologias de Análise e de Classificação das Paisagens. O exemplo do projeto estrela**. 2001.
- FERREIRA, Nilson. **Apostila de sistemas de informação geográficas**, 2006. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1718/1/MD_COADS_2012_2_06.pdf>. Acessado em 06/04/2015.
- FERREIRA, Reis Karine; CASANOVA, Marco Antônio; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de; OLIVEIRA, Olga Fradico de. **Bancos de dados geográficos – Capítulo 5: Arquitetura e Linguagens**. INPE - São José dos Campos, 2005.

- FLITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. – São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- GOOGLE. **Google Maps JavaScript Api v3**. Disponível em < <https://developers.google.com/maps/> >. Acessado em 25/10/2015.
- GORDON, Steven R. and GORDON, Judith R. **Sistemas de Informação Uma Abordagem Gerencial**, 3ª edição. LTC, 2006. VitalBook file.
- GRAVES, Mark. **Projeto de Banco de Dados com XML**. – São Paulo: Person Education do Brasil, 2003.
- GRAY, Murray. **Geodiversidade valorizando e conservando a natureza abiótica. ‘Geodiversity valuing and conserving abiotic nature’**. Jhon Wiley & Sons, Ltd. London, 2004.
- GUERRA, Antônio Teixeira. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrnad Brasil, 2001.
- HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Bulletin of the Geological Society of America, v.56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- LEITE, Robison. **Aspectos Geomorfológicos da Planície Fluvial do baixo Rio Cotia, SP**. 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-09122013-094906/publico/2013_RobsonLeite_VCorr.pdf>. Acessado em: 25/11/2015.
- LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**, – 3. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013a.
- LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**, 3. ed. AMGH, VitalBook file. 2013b.
- MENESES, Leonardo Figueiredo de; NASCIMENTO, Marcos Antônio Leite do. **Proposta de frameworks para inventariação de Geossítios do Cariri Paraibano**. 2014.
- BORBA, Carla Soares; MENESES, Leonardo Figueiredo DE; CAVALCANTE, Márcio Balbino. **Pedra da boca: O Parque dos Gigantes**. 2015.
- NUNES, J. C. **Paisagens Vulcânicas dos Açores**. Ponta Delgada: Amigos dos Açores – Associação Ecológica, 55p, 2003.
- PEREIRA P., PEREIRA D. I. & ALVES M. I. C. “**Paisagens culturais portuguesas como património geomorfológico**”, 2005b.
- PEREIRA, José Manuel; BRILHA, José; GOMES, Alberto da Mota. **Proposta para a promoção do património geológico e da geoconservação na Conservação da Natureza de Cabo Verde**. 2009.
- PEREIRA, Paulo Jorge da Silva. **Património geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho**. Tese de Doutoramento em Ciências Área de conhecimento em Geologia.Portugal, 2006c.

PEREIRA, Paulo; PEREIRA, Diamantino; ALVES, M. Isabel Caetano. **Patrimônio Geomorfológico: da Atualidade Internacional do Tema ao Caso Português**. 2004a. Disponível em: http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_V_Congresso_APG/web/_pdf/B3_14Out_Paulo%20Pereira.pdf. Acessado em: 14/11/2015.

POSTGIS. **Chapter 4. Using PostGIS: Data Management and Queries**. Disponível em: <http://postgis.refractory.net/documentation/manual-1.4/ch04.html> Acessado em: 28/10/2015.

RIGAUX, Philippe; SCHOLL, Michel; VOISARD, Agnès. **Spatial Databases with Application to GIS**. Morgan Kaufmann Publishers, an Imprint of Elsevier, 2002.

ROSOLÉM, Nathália Prado. ARCHELA, Rosely Sampaio. **Geossistema, Território e Paisagem como Método de Análise Geográfica**. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física; II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Coimbra, 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema1/nathalia>. Acessado em: 15/11/2015.

ROSS, Jurandy L. Sanches. **Geografia do Brasil**. – 6 ed. – São Paulo. Editora da Universidade do Estado de São Paulo, 2009.

SANTOS, Danillo Moura. **Projeto de sistemas embarcados: Um estudo de caso baseado em Microcontrolador e seguindo AOSD**. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SCHMITT, Peterson Ricardo Maier. **Aplicação Web Utilizando API Google Maps**. Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Medianeira, 2013.

SILBERCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S. **Sistemas de Banco de Dados**. – 3. ed. – São Paulo: Pearson Makron Books, 1999.

SILVA, António Alves-da, COSTA, Fernando L. **Classificação de Geoformas Litorais Activas Proposta. Proposta Metodológica para Análise em SIG**. 1º Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde. 15º Congresso da APDR. 2º Congresso Lusofono de Ciência Regional. 3º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza. Disponível em: <http://www.apdr.pt/congresso/2009/pdf/Sess%C3%A3o%201/173A.pdf>. Acessado em: 27/10/2015.

SILVA, Orildo Lima e; BEZERRA, Francisco Hilário; MELO, Alanny Christiny Costa de; BERTOTTI, Giovanni; Bisdorn, Kevin. **Geomorfologia Cárstica da Formação Jandaíra, Bacia Potiguar, utilizando LiDAR e VANT – dados preliminares**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE, 2015.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 8ª ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007.

SOUZA, Gleize Cerqueira de; OLIVEIRA, Karine de Cerqueira S.; CERQUEIRA, Milvia Oliveira. **Inselbergs e sua Gênese no Semi-Árido Baiano**. 2010. Disponível em: <http://www.uesb.br/eventos/ebg/anais/4j.pdf> Acessado em: 25/11/2015.

STAIR, Ralph M. REYNOLDS, George W. **Princípios de sistemas de informação**. – 9. ed. – São Paulo: Cengage Learning: 2011.

TOCCI, Ronaldo J. WIDMER, Neal S. MOSS, Gregory L. **Sistemas Digitais: princípios e aplicações.** Tradução: Claudia Martins; revisão técnica: João Antônio Martino. - 10.ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall.

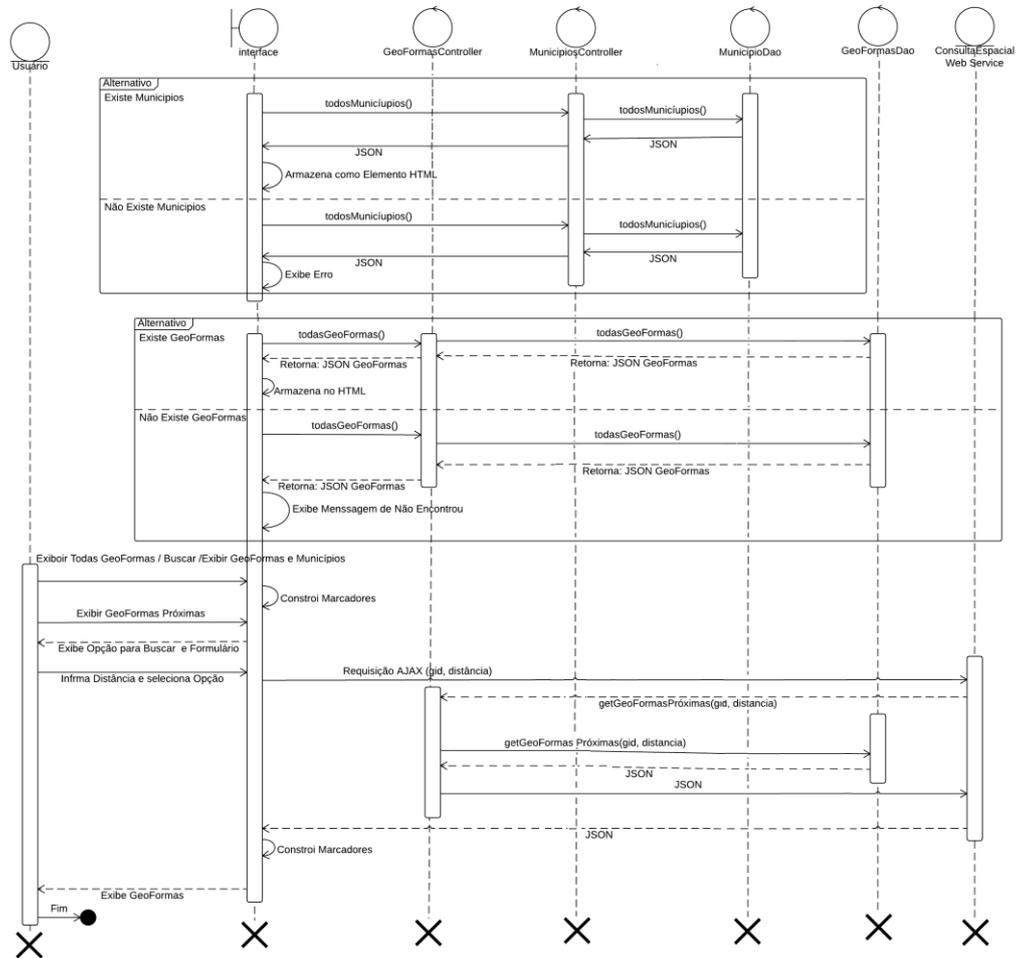
VIEIRA, Rosemary. **Identificação de geformas glaciais com o uso de imagens LANDSAT-7 ETM+ – Costa de fiordes da Patagônia Central, Chile.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE,2007.

ZANI, Hiran; ASINE, Mario Luiz; SILVA, Aguinaldo; CORRADINI, Fabrício Aníbal, Sidney; GRADELLA, Frederico dos Santos. **Geformas deposicionais e feições erosivas no Pantanal Mato-Grossense identificadas por Sensoriamento Remoto.** GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 34, Número Especial, p. 643-654, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/publicacoes/2geo/Cap-2.pdf>>. Acessado em: 27/10/2015.

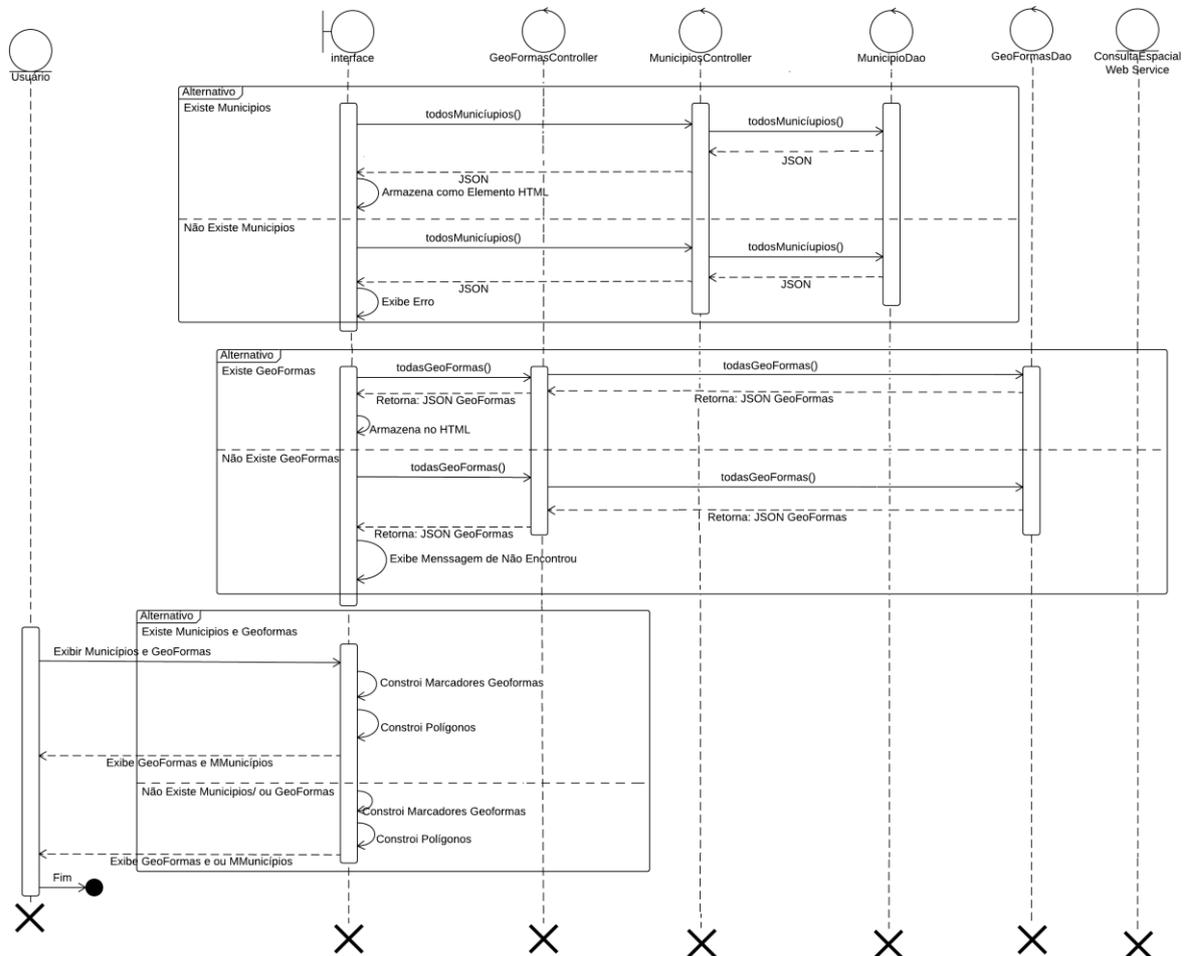
IMAGENS

HAULK, Pedro. Disponível em: <<http://altamontanha.com/Colunas/1512/as-montanhas-do-sertao>>. Acessado em: 26/11/2015.

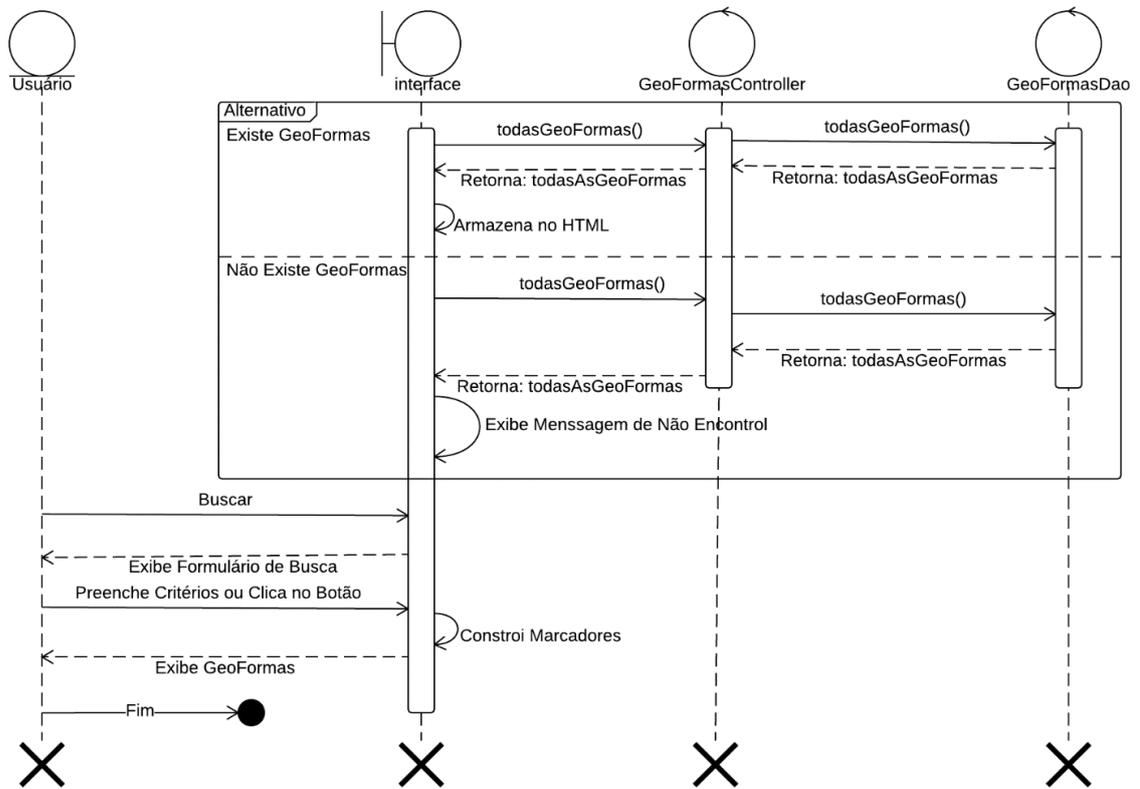
APÊNDICE A – Diagrama de seqüência exibir geoformas próximas



APÊNDICE B – Diagrama de seqüência exibir municípios e geoformas



APÊNDICE C – Diagrama de sequência Buscar



APÊNDICE D – Exibir todos os municípios

