

PS-1078

**A GEO-INFORMATION SYSTEM FOR ENVIRONMENT PLANNING:
A STUDY CASE IN TELECOMMUNICATIONS AND ENERGY
SYSTEMS IN RIO GRANDE DO NORTE STATE**

José Alfredo Ferreira Costa (Departamento de Engenharia Elétrica – Centro de Tecnologia,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN) - alfredo@dee.ufrn.br
Gutemberg Soares da Silva (Departamento de Engenharia Elétrica – Centro de Tecnologia,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN)
Hudson Samir do Vale (Departamento de Engenharia Elétrica – Centro de Tecnologia,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN)

Telecommunications and energy are among the most dynamics and strategic areas in the world. Great advances had occurred in the technologies and available systems in the last decade. The possibilities of services in telecommunications had a vertiginous improvement. The growth of mobile telephony was exponential in Brazil, with currently around 120 million of subscribers, almost three times the number of fixed lines. On the other hand, factors such as sustainability and environmental resources management are central for developing new company projects. With the increase of the demand for infrastructure of aerial and underground nets for use of services of telecommunications and energy, there is the need of surveying of the current situation of the enterprises, its correct characterization and better classification among of the technological segments and the actual legislation. This paper describes an information system that contemplates enterprises in the areas of telecommunications and energy in the State of Rio Grande do Norte. The system was developed using a free software platform (PHP, MySQL data base and Linux) makes possible visualization of reports, graphs and spatial maps, for example, the infrastructure concentration of radio base stations. Results are shown such as graphics and information maps that integrated to the registers of the databases allows the public manager a better accompaniment of the licensed enterprises, enabling possible adjustments in the norms and environment management polices.

Keywords: Environmental management; Information systems; Information Maps; Telecommunications infrastructures; Databases; Free software.

SISTEMA GEO-INFORMACIONAL PARA AUXÍLIO NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO PARA ÁREAS DE TELECOMUNICAÇÕES E ENERGIA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

José Alfredo F. Costa, Gutemberg Soares da Silva e Hudson Samir do Vale

Departamento de Engenharia Elétrica – Centro de Tecnologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – CEP 59.072-970 - Natal - RN
E-mail: alfredo@dee.ufrn.br

Resumo: Telecomunicações e energia estão entre as mais dinâmicas e estratégicas áreas no mundo atual. Grandes avanços ocorreram nas tecnologias e sistemas disponíveis na última década. As opções e possibilidades de serviços em telecomunicações têm aumentado de forma vertiginosa. No Brasil, por exemplo, o crescimento de telefonia móvel foi exponencial, tendo hoje cerca de 120 milhões de assinantes, mais de duas vezes e meio o número atual de linhas fixas. Por outro lado, não há como planejar empreendimentos sem levar em conta fatores como sustentabilidade e gestão de recursos ambientais. Com o grande aumento da demanda por infra-estrutura de redes aéreas e subterrâneas para utilização de serviços de telecomunicações e energia, há necessidade de levantamento da situação atual dos empreendimentos, sua correta caracterização e melhor classificação dentro dos segmentos tecnológicos da legislação em vigor. O presente artigo descreve um sistema de informações que contempla empreendimentos nas áreas de telecomunicações e energia no Estado do Rio Grande do Norte. O sistema, desenvolvido em software livre (PHP, banco de dados MySQL) sob a plataforma *Linux*, possibilita visualização de relatórios, gráficos e mapas, como por exemplo, o adensamento de infra-estrutura como estações rádio-base. Apresentam-se resultados, como gráficos e mapas de informações, que integrados aos registros dos bancos de dados permite ao gestor público melhor acompanhamento dos empreendimentos licenciados, possibilitando ajustes e otimizações futuras nas normas e políticas de gestão ambiental.

Palavras-chaves: Gestão ambiental; Sistemas de informações; Mapas de informações; Empreendimentos de telecomunicações; Bancos de dados; Software livre.

1 – Introdução

A área de telecomunicações é uma das mais dinâmicas e estratégicas áreas no mundo atual. Elevados avanços ocorreram nas tecnologias e sistemas disponíveis na última década. A privatização da Telebrás¹ trouxe um novo panorama para o setor no Brasil. O ambiente na área de telecomunicações é cada dia mais competitivo. As opções e possibilidades de serviços têm aumentado de forma vertiginosa, devido a vários fatores como serviços de voz, dados, internet, redes privadas, etc. O crescimento de telefonia móvel foi exponencial,

¹ Sistema Telebrás (Telecomunicações Brasileiras S.A.), privatizado em 1998.

tendo hoje cerca de 120 milhões de assinantes, mais de duas vezes e meio o número atual de linhas fixas, estando o Brasil hoje na quarta posição de mercado da área móvel. A legislação permite a entrada de novas empresas que entram no mercado de forma agressiva, buscando prospectar os clientes mais atrativos economicamente. Em paralelo a este desenvolvimento, desde o início dos anos 90, quando a telefonia celular iniciou crescimento fantástico no mundo e se popularizou definitivamente, deram-se início as discussões sobre os efeitos eletromagnéticos no ser humano. Degradações e/ou impactos ambientais e poluição visual também passaram a ser questionados.

Fóruns mundiais discutem como manter elevados índices de desenvolvimento e crescimento econômico ao mesmo tempo em que se tenta utilizar racionalmente os recursos naturais. Atualmente não há como planejar empreendimentos sem levar em conta fatores como sustentabilidade e gestão de recursos ambientais.

Com o grande aumento da demanda por infra-estrutura de redes aéreas e subterrâneas para utilização de serviços de telecomunicações e energia, há necessidade de levantamento da situação atual dos empreendimentos, sua correta caracterização e melhor classificação dentro dos segmentos tecnológicos da legislação em vigor. O excesso de infra-estrutura no espaço ambiental ou a sua colocação em áreas de preservação, pode levar a intervenções danosas no ambiente, além de inviabilizar, em certas áreas, a instalação de novas empresas.

Por outro lado, a ausência de mecanismos e procedimentos eficientes para a geração e o armazenamento de dados e informações impede frequentemente que Estados e Municípios elaborem projetos e programas ambientais confiáveis e consistentes (Manso et. al., 1996). O licenciamento ambiental pode ser utilizado como instrumento de gestão, visando entre outras coisas, regular o uso do solo e do espaço aéreo das cidades, conjugando a racionalização do seu uso com a preservação do meio ambiente (Araújo, 2006; Sebrae-RJ, 2007).

Os sistemas de energia (Reis, 2003; Short, 2004) e de telecomunicações possuem elevada complexidade e suas interações com o meio ambiente necessitam de atenção especial (Tavares, 2003). Instalações como centrais telefônicas públicas, estações repetidoras, centrais de comutação, subestações, torres metálicas e de concreto, antenas de transmissão e recepção, redes elétricas, grupos moto-geradores, tanques de óleo combustível, sistemas de aterramentos, estações rádio-base (ERB's), entre outros, demandam cuidados específicos e licenças para operação.

O controle das informações desses sistemas e instalações é de grande importância na preservação da qualidade do meio ambiente. Isto se deve em grande parte a uma variável política da administração responsável, no sentido de regular e preservar de modo sustentável o meio ambiente em seu solo, subsolo e espaço aéreo. Evidentemente, a existência do texto legal não assegura sua eficácia (RN, 2004). A prática da lei vai depender do cumprimento desta por parte do poder governamental. Pela especificidade e transformações tecnológicas permanentes das áreas de telecomunicações e energia, a sustentação técnica pertinente é um fator fundamental para o bom desempenho do processo de licenciamento ambiental sistemas dessa natureza.

O presente artigo descreve um sistema de informações que contempla empreendimentos nas áreas de telecomunicações e energia no Estado do Rio Grande do Norte. O sistema,

desenvolvido em software livre (PHP, banco de dados MySQL) sob a plataforma Linux, possibilita visualização de relatórios, gráficos e mapas, como por exemplo, o adensamento de infra-estrutura como estações rádio-base. O sistema, desenvolvido em convênio com a Funpec/UFRN e o IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte) auxilia no diagnóstico e avaliação de conformidade técnica-ambiental de empreendimentos de telecomunicações e energia elétrica. Uma descrição geral do problema, análise de requisitos, desenvolvimento do sistema e trabalho de campo foram apresentadas em Costa *et al.* (2007). Apresentam-se resultados, como gráficos e mapas de informações, obtidos a partir de consultas no sistema de tipos empreendimentos e usando dados geo-referenciados. Objetiva-se assim que o sistema permita de forma relativamente simples a visualização das infra-estruturas de telecomunicações e energia que atendem às várias micro-regiões do Estado do Rio Grande do Norte. Tais gráficos, integrados aos registros dos bancos de dados, permitem ao gestor público melhor acompanhamento dos empreendimentos licenciados, possibilitando ajustes e otimizações futuras nas normas e políticas de gestão ambiental.

2. Sistema de informação

Sistema de Informação é a expressão utilizada para descrever um sistema automatizado (que pode ser denominado como Sistema de Informação Computadorizado), ou mesmo manual, que abrange pessoas, máquinas, e/ou métodos organizados para coletar, processar, transmitir e disseminar dados que representam informação para o usuário (Wiki, 2008). A principal vantagem proporcionada pela tecnologia aos Sistemas de Informação é a capacidade de processar um grande número de dados, possibilitando a disponibilização das informações demandadas de forma on-line. SI possibilitam maior segurança, produtos e serviços de melhor qualidade, maior precisão, melhor eficiência, redução de custos e maior produtividade.

A abrangência da área de sistemas de informação (SI) inclui a administração do fluxo de informações geradas e distribuídas por redes de computadores dentro de uma organização. Dentre as responsabilidades dos profissionais de SI em uma empresa podem ser destacados o planejamento e organização do processamento, armazenamento, recuperação e disponibilização das informações. O trabalho também pode abranger funções relacionadas a suporte aos usuários e infra-estrutura tecnológica (Wiki, 2008).

A importância da informação dentro das organizações aumenta de acordo com o crescimento da complexidade da sociedade e das organizações. A informação é um recurso fundamental em todos os níveis organizacionais. A eficácia no tratamento da informação depende, em grande parte, da forma com que ele é administrado e do bom entendimento de certos conceitos e relações. Informações de boa qualidade são essenciais para uma boa tomada de decisão.

Com a crescente velocidade dos negócios e a evolução tecnológica no ambiente empresarial, os sistemas de informação tornaram-se ferramentas essenciais para criar empresas competitivas, gerenciar corporações globais e fornecer serviços e produtos úteis aos clientes (Laudon e Laudon, 2004).

Os ambientes de TI estão crescendo de forma heterogênea e complexa, onde o papel do especialista é simplificar o acesso e acelerar as operações garantindo a segurança e a

disponibilidade da informação. A infraestrutura fundamental para sistemas de informação incluem *hardware*, *software*, recursos humanos técnicos e gerenciais empresas. Tópicos atuais de tecnologia da informação na gestão da organização moderna incluem redes, internet, comércio eletrônico e o uso inteligente da tecnologia.

Entre as vantagens de um SI podemos destacar o acesso rápido às informações, garantia de integridade e veracidade da informação, e garantia de segurança de acesso à informação.

Podem-se classificar os sistemas de informação baseados em TI de acordo com o tipo de informação processada (Wiki, 2008):

- *Sistemas de Informação Operacional*, que tratam das transações rotineiras da organização e são facilmente encontrados em todas as empresas automatizadas;
- *Sistemas de Informação Gerencial*, que agrupam e sintetizam os dados das operações da organização para facilitar a tomada de decisão pelos gestores da organização;
- *Sistemas de Informação Estratégicos*, que integram e sintetizam dados de fontes internas e externas à organização, utilizando ferramentas de análise e simulações complexas, para auxiliar aos gestores em ações de tomada de decisão.

Dentre as principais fases do processo de desenvolvimento de um SI, podemos destacar: gerenciamento do projeto; diagnóstico de solução tecnológica; análise e projeto técnico; desenvolvimento; testes; implantação e documentação. A forma atual de uso de SI automatizado utiliza bancos de dados (BDs), que possibilita a coleções de dados relacionados e armazenados em algum dispositivo de forma estruturada. Um banco de dados normalmente agrupa informações utilizadas para um mesmo fim.

O tratamento de dados através do uso de sistemas de gerência de banco de dados é essencial ao desenvolvimento de parte significativa dos sistemas hoje existentes ou em desenvolvimento. Um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) é uma coleção de arquivos e programas inter-relacionados que proporciona ao usuário uma visão abstrata dos dados, ocultando do usuário detalhes sobre a forma de armazenamento e de manutenção dos dados. O objetivo de um SGBD é proporcionar um ambiente eficiente para a recuperação e armazenamento das informações do banco de dados.

O modelo de dados mais comumente adotado é o modelo relacional, onde as estruturas têm a forma de tabelas, compostas por linhas e colunas. Em relação às fases de implementação de um banco de dados, podemos destacar: *i*) projeto conceitual da base de dados, definindo os requisitos informacionais da aplicação; *ii*) projeto lógico da base de dados, fornecendo os detalhes necessários e obtendo a modelagem conceitual, a partir de técnicas de modelagem entidade relacionamento (ER); *iii*) implementação e consultas, onde para um conjunto dado de enunciados, deve-se desenvolver uma instanciação adequada e expressar em SQL estes enunciados, levando em conta consistências e amplitude das consultas.

3 – Sistemas de telecomunicações e o meio ambiente

Após a privatização, a área de telecomunicações no Brasil passou por importantes avanços, com a rápida difusão da telefonia celular e a Internet. O desenvolvimento da fibra ótica promoveu um aumento surpreendente na capacidade das linhas de transmissão, possibilitando, por exemplo, a banda larga, que requer, entre outros, a instalação de fibras

ópticas subterrâneas e aéreas. Além da Internet, os serviços de TV a cabo, junto com a ampliação da telefonia fixa tradicional e celular requerem a construção de prédios, dutos, caixas subterrâneas, torres, armários de distribuição, postes, linhas de transmissão, subestações e estações rádio-base para suas respectivas instalações.

O licenciamento ambiental pode ser utilizado como instrumento de gestão, visando entre outras coisas, regular o uso do solo e do espaço aéreo das cidades, conjugando a racionalização do seu uso com a preservação do meio ambiente.

À medida que são realizadas expansões dos sistemas, ou surgem novas empresas para instalar seus serviços, o uso do espaço torna-se mais crítico. É necessário considerar o aspecto ambiental como fator de alta relevância em todos os seus processos de planejamento, implantação, operação e manutenção de seus empreendimentos.

Fatores que devem ser levados em consideração incluem soluções que reduzam o impacto visual à paisagem no entorno de seus empreendimentos e o uso de forma racional quaisquer insumos naturais. Não se pode esquecer também a garantia que os níveis de emissão eletromagnética de suas estações estejam dentro dos limites estabelecidos pela legislação pertinente.

Os sistemas de telecomunicações são de alta complexidade e suas interações com o meio ambiente necessitam de atenção especial. As cidades, principalmente as maiores, possuem verdadeiras malhas de rede de dutos para uso em telecomunicações. As centrais telefônicas públicas, para onde convergem todas as interligações das informações processadas, exigem, para seu desempenho satisfatório, que sejam abrigadas em prédios especiais.

Prédios de estações repetidoras e centrais de comutação usualmente demandam subestações, torres metálicas e/ou de concreto, antenas de transmissão e recepção, extensão de redes elétrica, grupos moto-geradores, tanques de óleo combustível, sistemas de aterramentos, além de suas usuais interligações com sistemas de transmissão via rádio ou fibras ópticas.

Na área de telefonia móvel o grande avanço decorreu de vários fatores, como o avanço tecnológico (como melhoria dos aparelhos celulares e uma gama de novos serviços), a sociedade que utiliza a informação como mercadoria, além da busca por maiores fatias do mercado por meio das operadoras. Como consequência, vimos o aparecimento, na paisagem urbana, de torres que abrigam antenas que, além dos efeitos de degradação visual, caso os sistemas não tenham a devida regulamentação, podem ocasionar impactos importantes, alguns ainda em estudos, na saúde e no meio ambiente.

A interação com o meio ambiente é de certa forma ampliada com a aplicação de emissão de ondas eletromagnéticas. O uso é intenso. O excesso dessas ondas produz um tipo de poluição imperceptível capaz de influenciar o comportamento celular do organismo humano, danificar aparelhos elétricos e até desorientar o vôo de algumas aves. Apesar de invisível, a poluição eletromagnética está espalhada por toda parte, ocupando o espaço e atravessando qualquer tipo de matéria viva ou inorgânica. Nas últimas décadas, a tecnologia moderna desenvolveu vários emissores de radiação que são largamente empregados em redes elétricas e de telecomunicações.

Por todo exposto, o controle desses sistemas é de larga importância na preservação da qualidade do meio ambiente. Isto se deve em grande parte a uma variável política da administração responsável, no sentido de regular e preservar de modo sustentável o meio ambiente em seu solo, subsolo e espaço aéreo. A existência do texto legal não assegura sua eficácia. A prática da lei depende do cumprimento desta por parte do poder governamental. Pela especificidade e transformações tecnológicas permanentes das áreas de telecomunicações e energia, a sustentação técnica pertinente é um fator fundamental para o bom desempenho do processo de licenciamento ambiental sistemas dessa natureza.

4. Metodologia

O sistema de informações desenvolvido envolveu uma série de levantamentos de dados, incluindo legislação, empreendedores, segmentos tecnológicos, instalações e empreendimentos. Além disso, um esquema foi montado para permitir o levantamento em campo das informações para alimentar o banco de dados.

Entre os objetivos específicos, destacam-se a elaboração do diagnóstico situacional dos sistemas de telecomunicações e energia instalados no Rio Grande do Norte, caracterizando-os, georeferenciando-os, classificando-os e enquadrando-os segundo o disposto na Lei Complementar Estadual 272/04 e normas pertinentes. Houve necessidade do desenvolvimento e gerenciamento de um banco de dados do cadastro técnico das atividades dos sistemas de telecomunicações e energia.

Aspectos importantes a serem avaliados incluem a identificação, avaliação e tratamento de informações de violação, omissão, erro ou mudanças de características das condições estabelecidas para concessão das Licenças Ambientais às operadoras. Dados foram obtidos de forma direta por solicitação às operadoras de telecomunicações e energia, das informações relativas ao licenciamento ambiental dos sistemas e atividades correlatas, com Agências Reguladoras, ANATEL (Anatel, 2007), ANEEL (Aneel, 2007) e ARSEP (Arsep, 2007). Também foram obtidos dados através de vistorias, levantamentos fotográficos, documentação técnica e avaliações nas instalações dos sistemas e suas atividades correlatas.

4.1. Legislação, segmentos tecnológicos e empreendedores.

Um amplo levantamento foi realizado na legislação existente no país no tocante ao licenciamento ambiental visando a comparação posterior de critérios e procedimentos adotados relativos às áreas de energia elétrica e telecomunicações. Um resumo da legislação existente no país, no tocante ao licenciamento ambiental pode ser vista em Costa *et. al.* (2007). Também foi realizado um trabalho classificatório dos diversos componentes das estruturas dos empreendimentos de telecomunicações e energia, bem como a abertura de um glossário dos diversos termos usados nas definições dos sistemas e um registro fotográfico correlato. Foram examinadas também as informações cadastrais dos sistemas licenciados no IDEMA.

Após diagnóstico situacional dos segmentos tecnológicos e das atividades alvo no Estado, através de coleta de dados, em um extenso trabalho de pesquisa, foram cadastrados vários tipos de empreendimentos passíveis de licenciamento, tais como: Centrais de Comutação e Controle, Estações repetidoras, Redes de Fibras Óticas, Redes de CATV, Redes de

Transmissão via Rádio, Redes Metálicas, Enlaces de Transmissão ponto a ponto, Torres Metálica e de Concreto, Sistemas de Multimídia e Comunicação (SMC), Grupos Motor-Gerador, Estações Rádio Base, Extensão de Rede elétrica, Canalizações Subterrâneas, Sistemas de Geração de Energia Elétrica, Sistemas Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, Subestações, Linhas de Transmissão Elétricas e Sistemas de Energia Termoeletrônicos e Eólicos.

4.2 Identificação e caracterização dos sistemas existentes

Foi realizado um mapeamento das principais fontes de geração de ondas eletromagnéticas e geração / transmissão de energia elétrica no estado do Rio Grande do Norte, envolvendo: estações transmissoras de radiodifusão AM / FM e TV, enlaces de RF ponto a ponto, estações rádio base dos sistemas de telefonia móvel e fixa, internet, estações geradoras de energia elétrica a partir de fontes diversificadas (térmica, eólica, etc.), centrais telefônicas, subestações e linhas de transmissão de energia elétrica.

Para cada tipo identificado foram levantadas informações das empresas e características técnicas dos sistemas (Costa et al., 2007). Os mais comuns são descritos a seguir:

- *Empreendedores de telefonia fixa* (Telemar/Oi, Embratel, Intelig), que operam em geral sistemas como centrais de comutação telefônica (e controle), estações repetidoras de telecomunicações, estações rádio base e grupos moto-geradores;
- *Empreendedores de telefonia móvel* (Tim, Claro, Oi), que operam em geral sistemas como estações rádio base, centrais de comutação telefônica, estações repetidoras de telecomunicações e grupos moto-geradores;
- *Empreendedores de radiodifusão AM e FM* (havendo no estado 39 emissoras), que operam em geral sistemas como sistema de transmissão de rádio difusão, estação de telecomunicações (link RF entre estúdio e transmissores) e grupos moto-geradores;
- *Empreendedores de televisão aberta* (cerca de 10 emissoras), que operam em geral sistemas como sistema de transmissão de sinais de TV, estação de telecomunicações (link RF entre estúdio e transmissores); e geração de emergência (grupos moto – geradores);
- *Empreendedores de televisão a cabo* (3 empresas), que distribuem sinais de TV a partir de satélite geoestacionário. Utilizam sistemas mistos de fibra óptica-cabo coaxial ou via rádio microondas. Algumas Prestadoras desse serviço também operam com antenas parabólicas instaladas nas residências e diretamente interligadas via satélite;
- *Empreendedores de internet* (mais de 12), que possibilitam acesso aos assinantes via par metálico da telefonia. Utilizam também estação rádio base específica, enlace de rádio em microondas, cabo coaxial ou cabo-coaxial e fibra óptica;
- *Empreendedores de energia elétrica* (entre elas a Cosern, Chesf, Usina Estivas, Termoçu, Enerbrasil, Parnamirim Energia, Termelétrica Potiguar e Usina Vale Verde), que operam sistemas em geral estações repetidoras de telecomunicações, subestações de energia elétrica nos níveis de tensão 138 e/ou 69 kva, linhas de transmissão de energia nos níveis de tensão 138 e/ou 69 kv, e geração de emergência (grupos moto – geradores). Para as usinas termelétricas incluem-se ainda turbinas e geradores elétricos;
- *Empreendedores de água e esgotos* (Caern), que utiliza estruturas de telecomunicações e comunicação (de dados e voz) em pontos estratégicos de

captação de água. Subestações de energia também são utilizadas junto aos prédios com maior potência instalada. Opera também sistemas como estações repetidoras de telecomunicações e grupos moto-geradores.

- *Empreendedores de Petróleo e Gás Natural* (Petrobras e outras), que operam sistemas como estações repetidoras de telecomunicações, estações rádio base, subestações de energia elétrica nos níveis de tensão 69, 138 e 230 kv, linhas de transmissão de energia nos níveis de tensão 69, 138 e 230 kv, usinas de geração de energia e grupos moto – geradores.

4.3 Sistema de informações desenvolvido

Em geral, os Sistemas de Licenciamento Ambiental apresentam quatro objetivos:

1. Controle do fluxo de trabalho dos procedimentos;
2. Controle das exigências que o órgão ambiental impõe aos empreendedores e sociedade em geral;
3. Manutenção perene das licenças em acordo com as respectivas vigências;
4. Produção de conteúdo para decisões estratégicas do ponto de vista ambiental e econômico do Estado, neste caso, fortemente apoiado em uma integração com sistema de geo-referenciamento;

O sistema de informações foi desenvolvido como parte dos requisitos do estudo, diagnóstico e avaliação de conformidade técnica-ambiental dos sistemas de telecomunicações e energia instalados no estado do Rio Grande do Norte, convênio entre a FUNPEC/UFRN e o IDEMA. Ele possibilita o cadastramento de empreendimentos de sistemas de telecomunicações e de energia, incluindo todas as operações comuns de bancos de dados, como inclusão, alteração, exclusão, e consultas de registros. Nele estão cadastradas informações como empreendedor, município, localidade, coordenadas geográficas, endereço, fotos do empreendimento e outras informações que são coletadas em campo pelos técnicos.

Dentre os requerimentos do sistema *Energia-Telecom* estavam o baixo custo (desenvolvimento utilizando software livre), alta estabilidade e compatibilidade entre as bases de dados. A estrutura de tabelas do sistema de licenciamento do IDEMA (CERBERUS) foi analisada e campos foram equalizados para permitir uma fácil integração. A interface gráfica foi desenvolvida em PHP, *Hypertext Preprocessor* (PHP, 2007). Destaca-se a facilidade com que PHP lida com servidores de base de dados, como MySQL e PostgreSQL. O sistema de informação *Energia-Telecom* foi arquitetado desde o início para ser dinâmico e robusto. Usando o Banco de Dados MySQL, conta com vantagens como licença livre, robustez e estabilidade, alto índice de segurança, portabilidade, e capacidade de trabalhar em ambiente multitarefa e multi-usuário.

O servidor *web* utilizado foi o *Apache Server*, e em termos de hardware os requerimentos são relativamente simples: foi utilizado um computador comum para implementação do servidor web para intranet: um computador AMD Durom 1.8Ghz com 512Mb de RAM e HD de 40 Gb. O servidor *web* utilizado foi o apache XAMPP, da *Apache Friends* (2007).

Um formulário que foi utilizado para preenchimento de dados em campo pelos técnicos foi utilizada como base das informações de empreendimentos. A mesma contém várias informações como: Site, Código, Data da visita, N° da Ficha, Município, Localidade,

Empreendedor, Técnico (que realizou a inspeção), Endereço, Altitude (m), Latitude (g,m,s), Longitude (g,m,s); Tipos de estruturas existentes, por exemplo, torre: Altitude (m), Tipo de Estrutura (ex. concreto ou aço), Altura (m), etc. Além disso, foram cadastradas informações adicionais do *site*, como Equipamentos de outra empresa, Subestação de Energia, Grupo Motor Gerador, Alta Tensão, Baixa Tensão, Central Telefônica, e informações da existência próximo ao *site* (até 200 m) de Reserva Ecológica, Posto Combustível, Hospital/Posto de Saúde, Escola/Creche, Cemitério, Manancial Aquífero, etc.

Várias tabelas foram implementadas no banco de dados, entre as quais: Cadastro (informações sobre os empreendimentos e instalações); Empreendedor (informações sobre os empreendedores visitados); Município (informações dos 167 municípios do Rio Grande do Norte); Usuários (tabela de usuários do sistema); Bairros (informações dos principais, 260 bairros, dos municípios do Rio Grande do Norte) e CEP (tabela contendo 7.068 CEPs do Rio Grande do Norte). A interface gráfica possui cerca de 60 arquivos em PHP e aproximadamente 6000 linhas de código. Possibilita ações diversas desde o cadastro de um *site* ou na realização de uma simples consulta. Maiores detalhes e imagens podem ser vistos em Costa et al. (2007).

4.4 Realização das visitas técnicas no campo

As visitas ao campo foram iniciadas no dia 17 de abril de 2006 e sendo finalizadas em 30 de setembro de 2006. Foram cadastrados no sistema 1.825 “sites”, 167 municípios no estado foram visitados e 226 empreendedores identificados, com um deslocamento de total de cerca de 50.000 km percorridos, objetivando o levantamento de informações onde constam, entre outras, do geo-referenciamento e amplo registro fotográfico dos *sites* visitados.

Atualmente estão sendo conferidos os dados levantados em campo com os vários cadastros fornecidos pelos empreendedores, com a ANATEL e com o IDEMA. Já foram identificados vários *sites* ainda não constantes no cadastro do IDEMA, e que deverão passar por inspeções de técnicos do Instituto.

5. Resultados e avaliação geo-informacional

O advento das geotecnologias tem possibilitado o uso de geoinformação na gestão territorial, com uso de sensoriamento remoto, GPS e sistemas de mapeamento. A sociedade da informação demanda cada vez mais informações geo-referenciadas.

Usando as informações coletadas no trabalho, bem como a versatilidade introduzido com o banco de dados desenvolvido, apresentam-se alguns gráficos de resultados de consultas com relação à distribuição geo-informacional dos sites de empreendimentos de telecomunicações e energia no estado do Rio Grande do Norte. O recurso pictórico é um poderoso aliado à análise de dados complexos, permitindo, por exemplo, conclusões sobre aglomerações de infra-estrutura em determinadas áreas. Por motivos de espaço a maioria das figuras apresentadas neste artigo focaliza empreendimentos de telecomunicações.

As informações os municípios foram agrupados em Microrregiões do estado (ver figura 1), descritas a seguir:



Figura 1 - Microrregiões do estado do Rio Grande do Norte

1. Microrregião da Serra de São Miguel: municípios de Água Nova, Coronel João Pessoa, Doutor Severiano, Encanto, Luís Gomes, Major Sales, Riacho de Santana, São Miguel e Venha-Ver.
2. Microrregião de Pau dos Ferros: municípios de Alexandria, Francisco Dantas, Itaú, José da Penha, Marcelino Vieira, Paraná, Pau dos Ferros, Pilões, Portalegre, Rafael Fernandes, Riacho da Cruz, Rodolfo Fernandes, São Francisco do Oeste, Severiano Melo, Taboleiro Grande, Tenente Ananias e Viçosa.
3. Microrregião de Umarizal: municípios de Almino Afonso, Antônio Martins, Frutuoso Gomes, João Dias, Lucrecia, Martins, Olho-d'Água do Borges, Patu, Rafael Godeiro, Serrinha dos Pintos e Umarizal.
4. Microrregião da Chapada do Apodi: municípios de Apodi, Caraúbas, Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado.
5. Microrregião de Mossoró: municípios de Areia Branca, Baraúna, Grossos, Mossoró, Serra do Mel e Tibau.
6. Microrregião do Médio Oeste: municípios de Campo Grande (antigo Augusto Severo), Janduí, Messias Targino, Paraú, Triunfo Potiguar e Upanema.
7. Microrregião do Seridó Ocidental: municípios de Caicó, Ipueira, Jardim de Piranhas, São Fernando, São João do Sabugi, Serra Negra do Norte e Timbaúba dos Batistas.
8. Microrregião do Vale do Açu: municípios de Açu, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Jucurutu, Pendências, Porto do Mangue e São Rafael.
9. Microrregião do Seridó Oriental: municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas, Cruzeta, Currais Novos, Equador, Jardim do Seridó, Ouro Branco, Parelhas, Santana do Seridó e São José do Seridó.
10. Microrregião da Serra de Santana: municípios de Bodó, Cerro Corá, Florânia, Lagoa Nova, Santana do Matos, São Vicente e Tenente Laurentino Cruz.
11. Microrregião de Angicos: municípios de Afonso Bezerra, Angicos, Caiçara do Rio do Vento, Fernando Pedroza, Jardim de Angicos, Lajes, Pedra Preta e Pedro Avelino.
12. Microrregião de Macau: municípios de Caiçara do Norte, Galinhos, Guamaré, Macau e São Bento do Norte.
13. Microrregião da Borborema Potiguar: municípios de Barcelona, Campo Redondo, Coronel Ezequiel, Jaçanã, Japi, Lagoa de Velhos, Lajes Pintadas, Monte das Gameleiras, Ruy Barbosa, Santa Cruz, São Bento do Trairí, São José do Campestre, São Tomé, Serra de São Bento, Sítio Novo e Tangará.
14. Microrregião do Agreste Potiguar: municípios de Bom Jesus, Brejinho, Ielmo Marinho, Januário Cicco, Jundiá, Lagoa d'Anta, Lagoa de Pedras, Lagoa Salgada, Monte Alegre, Nova Cruz, Passa e Fica, Passagem, Presidente Juscelino, Riachuelo, Santa Maria, Santo Antônio, São Paulo do Potengi, São Pedro, Senador Elói de Souza, Serrinha, Várzea e Vera Cruz.

15. Microrregião da Baixa Verde: municípios de Bento Fernandes, Jandaíra, João Câmara, Parazinho e Poço Branco.
16. Microrregião do Litoral Nordeste: municípios de Maxaranguape, Pedra Grande, Pureza, Rio do Fogo, São Miguel do Gostoso, Taipu e Touros.
17. Microrregião do Litoral Sul: municípios de Arês, Baía Formosa, Canguaretama, Espírito Santo, Goianinha, Montanhas, Pedro Velho, Senador Georgino Avelino, Tibau do Sul e Vila Flor.
18. Microrregião de Macaíba: municípios de Ceará-Mirim, Macaíba, Nísia Floresta, São Gonçalo do Amarante e São José de Mipibu.
19. Microrregião de Natal: municípios de Extremoz, Natal e Parnamirim.

A figura 2 ilustra a distribuição (percentual) dos empreendimentos nas micro-regiões do estado. A figura 3 ilustra valores totais, destacando os empreendimentos de energia e telecomunicações. Há de se considerar que grande parte dos empreendimentos da maior cidade (Natal) não foram cadastrados, devido a ter legislação própria de meio ambiente, estando fora da alçada do IDEMA, órgão do governo do estado. Em relação a Natal, apenas empreendimentos de áreas de preservação ambiental (ex. Parque das Dunas) foram considerados para o IDEMA. A figura 4 ilustra o percentual da participação dos tipos de empreendimentos, com destaque às estações rádio-base (ERBs), com quase 60% do total cadastrado. A figura 5 ilustra a participação dos empreendedores nos empreendimentos cadastrados no sistema.

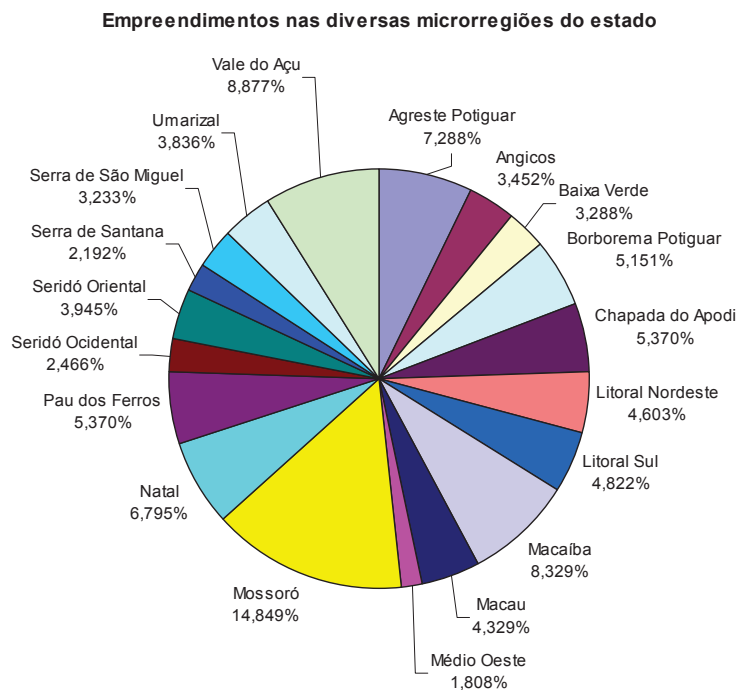


Figura 2: Distribuição dos empreendimentos (percentual) nas micro-regiões do estado.

A figura 6 ilustra o mapa do Estado do Rio Grande do Norte com pontos sinalizando sites de todos os empreendimentos de energia e telecomunicações cadastrados. A figura 7 ilustra de forma semelhante à figura 6, porém restringindo às operadoras de telefonia móvel. A figura 8 ilustra após destaque para a região da cidade do Natal pontos (ver legenda) de sites de empreendimentos das operadoras de telefonia móvel. A figura destaca sites monusuários e multiusuários (por exemplo, quando uma torre é compartilhada por mais de uma empresa).

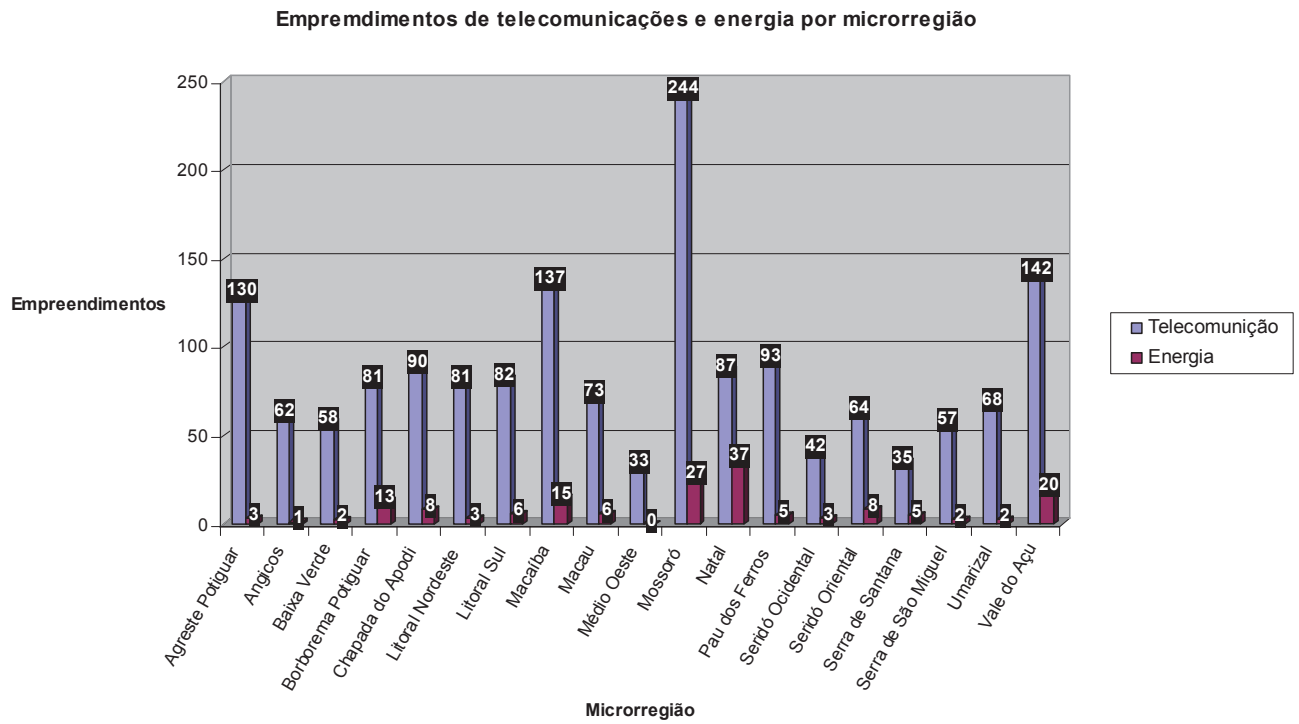


Figura 3: Distribuição dos empreendimentos de energia e telecomunicações nas microrregiões do estado.

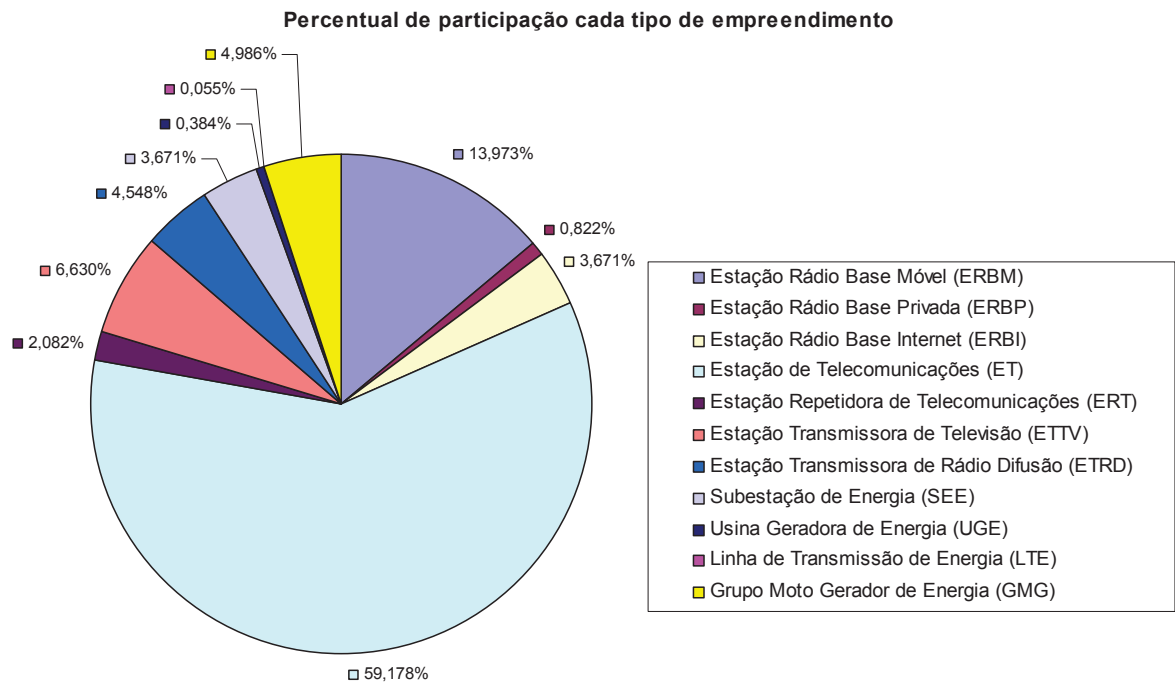


Figura 4: Percentual da participação dos tipos de empreendimentos.

Na figura 8 nota-se a grande concentração de sites no centro do município de Natal, refletindo a maior busca por parte das operadoras em prestar melhor serviço às regiões com

elevada densidade habitacional e de grande atividade em comércio e serviços. Nestas regiões com maior densidade de sites, i.e., antenas, possíveis estudos radiométricos poderiam detectar a presença de áreas com possível dano à saúde ou ao meio ambiente, após comparações com valores máximos nas normas internacionais.

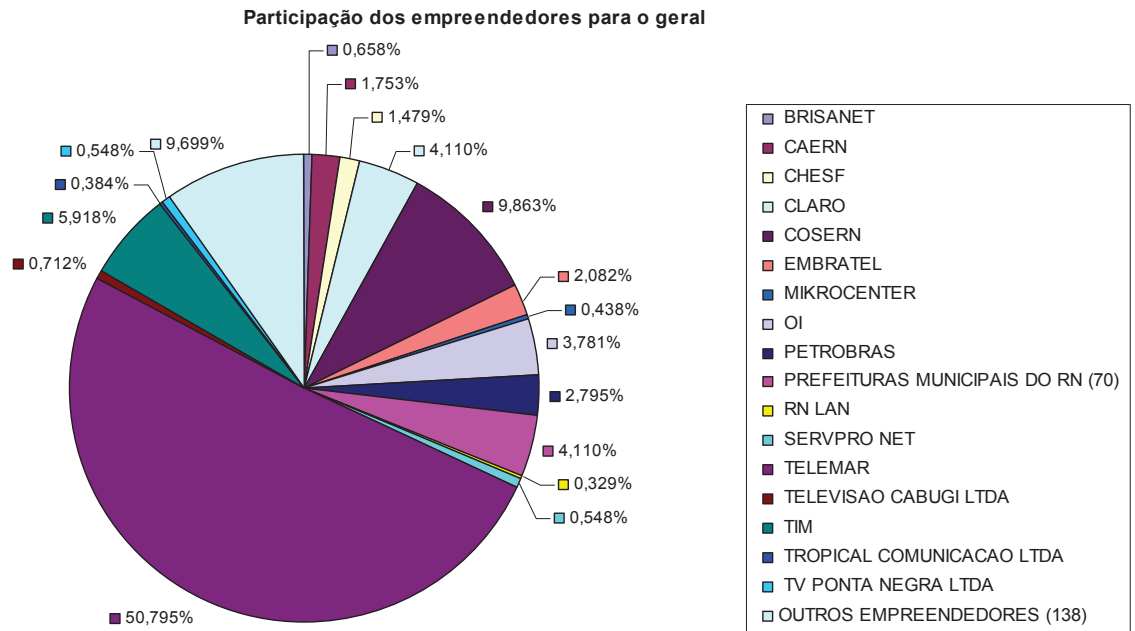


Figura 5: Participação dos empreendedores nos empreendimentos cadastrados no sistema.

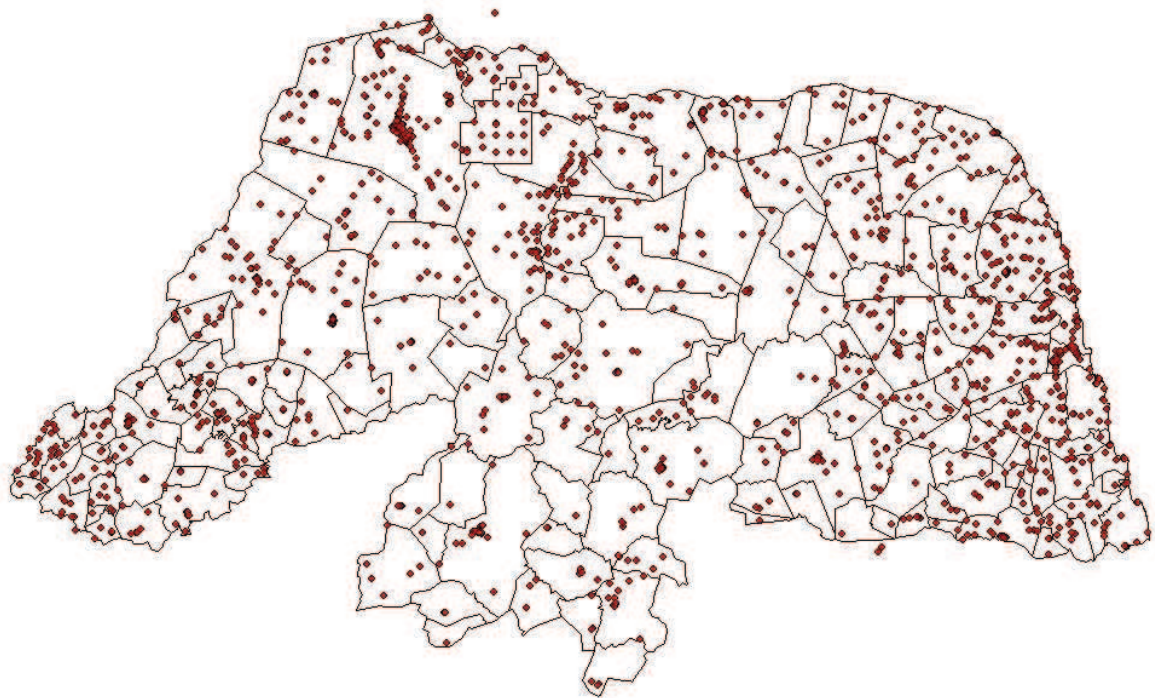


Figura 6: Mapa do Estado do Rio Grande do Norte com pontos sinalizando sites de todos os empreendimentos de energia e telecomunicações.

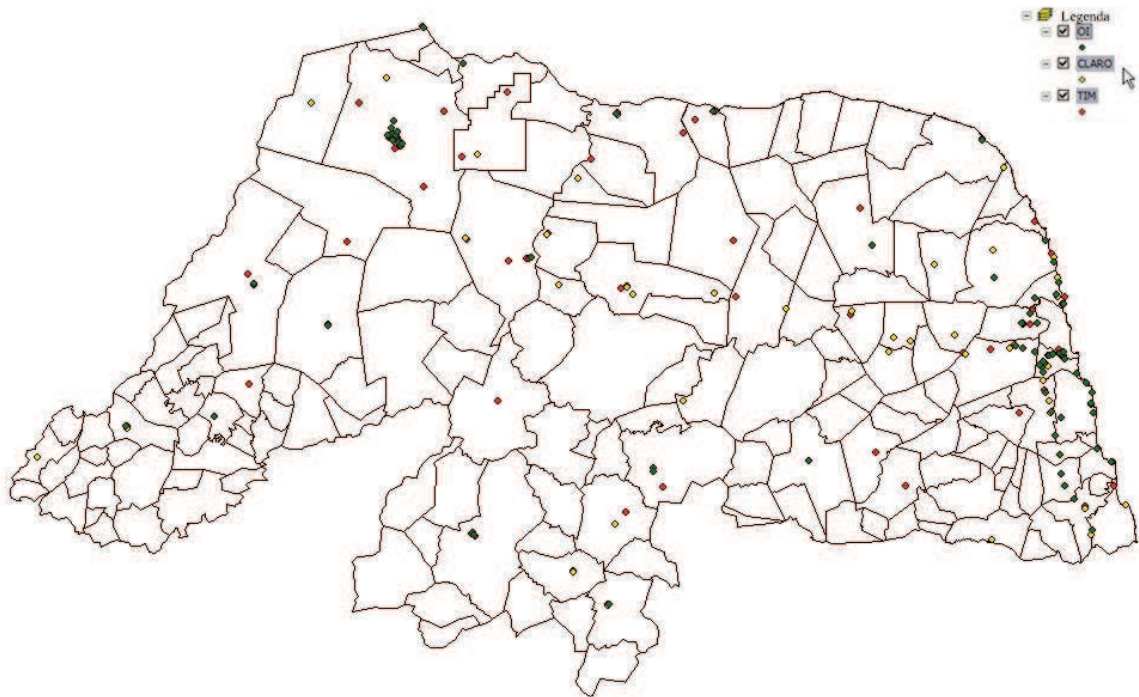


Figura 7: Mapa do Estado do Rio Grande do Norte com pontos (ver legenda) sinalizando sites de empreendimentos das operadoras de telefonia móvel.

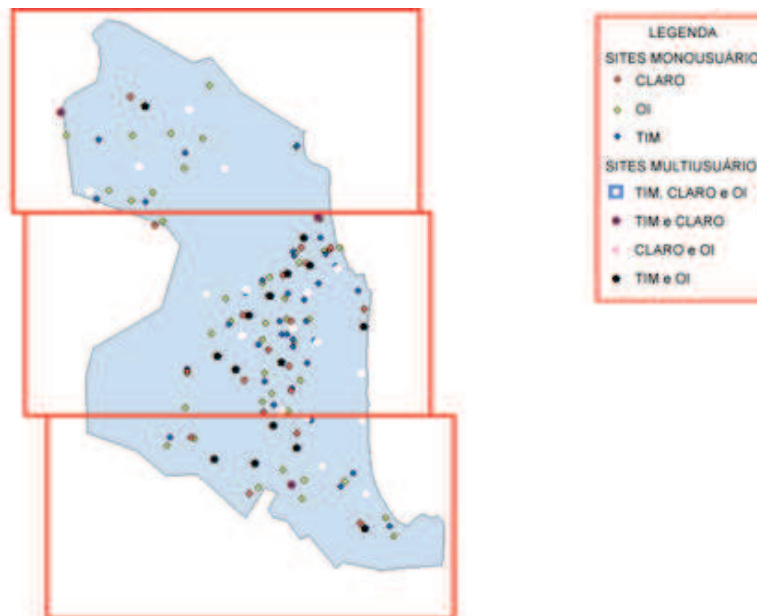


Figura 8: Região da Cidade de Natal, destacando com pontos (ver legenda) sites de empreendimentos das operadoras de telefonia móvel.

6. Conclusões

As áreas de sistemas de telecomunicações e energia apresentam grande influência em nossas vidas cotidianas. A sociedade demanda energia e comunicações. Avanços tecnológicos têm possibilitado um aumento da oferta de serviços, com novas demandas de infra-estrutura, que podem ocasionar impactos ao meio ambiente e à saúde coletiva. Neste

contexto, o cadastro efetivo dos sistemas existentes, alinhados à legislação vigente, possibilita análises e resultados geo-informacionais que auxiliam na gestão pública da área ambiental.

O sistema desenvolvido possibilitou o levantamento da situação atual dos empreendimentos, sua correta caracterização e melhor classificação dentro dos segmentos tecnológicos da legislação em vigor. Vários resultados podem ser obtidos do sistema. O sistema, de baixo custo e desenvolvido em software livre (PHP, banco de dados MySQL) sob a plataforma *Linux*, possibilita visualização de relatórios, gráficos e mapas, como por exemplo, o adensamento de infra-estrutura como estações rádio-base. Neste artigo, mais focado, por razões de espaço na área de telecomunicações, foram apresentados gráficos e mapas decorrentes de consultas ao banco de dados. Isso permite ao gestor público melhor acompanhamento dos empreendimentos licenciados permitindo possíveis ajustes e otimizações futuras nas normas e políticas de gestão ambiental. O trabalho foi desenvolvido a partir de convênio com a Funpec/UFRN e o IDEMA/RN, gerando um sistema de informações com cadastros de instalações e empreendimentos nas áreas de energia e telecomunicações, de forma específica para categorizar na legislação em vigor a conformidade técnica-ambiental de empreendimentos.

Foram cadastrados no sistema 1.825 “sites” de todos os 167 municípios no estado, visitados entre abril e setembro de 2006, tendo sido identificados 226 empreendedores, com um deslocamento de total de cerca de 50.000 km percorridos. Não apenas o cadastro de informações técnicas, mas também informações de acesso, geo-referenciamento e amplo registro fotográfico dos *sites* foram feitos. O cadastro atual conta com mais de 2300 registros (alguns sites possuem mais de um tipo de sistema).

Vários gráficos e mapas de informações foram apresentados, obtidos a partir de consultas no sistema de tipos empreendimentos e usando dados geo-referenciados. Tais gráficos, integrados aos registros dos bancos de dados, permitem ao gestor público melhor acompanhamento dos empreendimentos licenciados, possibilitando ajustes e otimizações futuras nas normas e políticas de gestão ambiental.

O licenciamento ambiental deve ser utilizado como instrumento de gestão, visando entre outras coisas, regular o uso do solo e do espaço aéreo das cidades, conjugando a racionalização do seu uso com a preservação do meio ambiente. Novas classificações e proposições de normas (instrução normativa sobre telecomunicações e rádio de comunicações, que trata dos cuidados sobre o meio ambiente) foram encaminhadas aos setores competentes. Atualmente estão sendo conferidos os dados levantados em campo com os vários cadastros fornecidos pelos empreendedores, com a ANATEL e com o IDEMA/RN. Já foram identificados vários *sites* ainda não constantes no cadastro do IDEMA, outros cuja licença está expirada, e que deverão passar por inspeções de técnicos do Instituto.

Como trabalhos futuros, estão sendo planejados pesquisas e o monitoramento de Estações Transmissoras de Telecomunicações (antenas de operadoras de telefonia móvel) com o propósito de permitir o acompanhamento dos níveis de radiações emitidas pelas antenas, de modo a proporcionar tranquilidade à população. Pode-se levantar a localização das estações, altura das antenas nas torres, modelo das antenas e potência de transmissão de cada ERB. De posse dos dados pode ser realizada a simulação teórica das emissões

eletromagnéticas das estações transmissoras, determinando assim os pontos com campo eletromagnético mais intenso. Tudo com objetivo de obter um levantamento radiométrico (levantamento da distribuição dos campos eletromagnéticos), para atender a preocupação de parte da população, face à carência de estudos sobre os efeitos na saúde humana e no meio ambiente do adensamento de instalações em determinadas faixas de frequência e potência. Também há perspectivas de utilização de técnicas de mineração de dados, como agrupamento e classificação (Costa e Netto, 2001), para extrair novos tipos de conhecimentos armazenados nos dados, e integração com imagens de satélite (Gonçalves et al., 2007), permitindo acompanhamento mais próximo da realidade.

Referências

- ANATEL (2007). Agência Nacional de Telecomunicações. URL: <http://www.anatel.gov.br>. Acesso em 29.01.2007.
- ANEEL (2007). Agência Nacional de Energia Elétrica. URL: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em 29.01.2007.
- Apache friends (2007). Disponível no URL http://www.apachefriends.org/pt_br/index.html. Acesso em 29.01.2007.
- Araújo, U. (2006). *Licenciamento Ambiental*. Disponível no URL <http://www.pmsg.rj.gov.br/meioambiente/dados/licenciamento.pdf>. Acesso em 29.01.2007.
- ARSEP (2007). Agência Reguladora de Serviços Públicos do RN. URL: <http://www.arsep.rn.gov.br/>. Acesso em 29.01.2007.
- Costa, J.A.F. e Netto, M. L. A. (2001). Clustering of complex shaped data sets via Kohonen maps and mathematical morphology. In: Proceedings of the SPIE, Data Mining and Knowledge Discovery. B. Dasarathy (Ed.), Vol. 4384, pp. 16-27.
- Costa, J.A.F., Silva, G.S., Vale, H.S., Abreu, A.S. e Pinheiro, F.R.S. (2007). Sistema de informações para Diagnóstico e Avaliação de Conformidade Técnica-Ambiental de Empreendimentos de Telecomunicações e Energia Elétrica no Estado do Rio Grande do Norte. In: *Proc. of the 4º CONTECSI- International Conference on Information Systems and Technology Management*. FEA-USP, São Paulo, SP, pp. 2744-2801.
- Date, C.J. (2005). *Introdução a sistemas de bancos de dados*. (7ª edição), Editora Campus.
- Gonçalves, J. E. L. (1998). Os impactos das novas tecnologias nas empresas prestadoras de serviço. *Revista Administração de Empresas*, São Paulo, v. 34, n. 1, P.63-81, jan/fev, 1998.
- Goncalves, M., Netto, M., and Costa, J. A. F. (2007). A Three-Stage Approach based on the Self-Organizing Map for Satellite Image Classification. In: *Lecture Notes in Computer Science (Artificial Neural Networks – ICANN 2007)*, vol. 4669, pp. 680-689.
- Grainger, J.J. & Stevenson, W.D. (1994). *Power Systems Analysis*, McGraw-Hill: New York
- Heuser, C.A. (2004). Projeto de Banco de Dados. 5ª edição. Série. Livros Didáticos – Instituto de Informática da UFRGS,. número 4. Editora Sagra-Luzzatto.
- Laudon, K. e J. Laudon (2004). *Sistemas de Informação Gerenciais*, 5ª edição, (tradução em português disponível da 5ª edição americana). Prentice-Hall: São Paulo.
- Manso, A.P. et al. (1996). SISGAM - O sistema de Informações Geográficas na Gestão Ambiental do Município de Ubatuba – SP. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 711-712.
- Miano, G. & Maffucci, A. (2001) *Transmission Lines and Lumped. Circuits*, Academic Press, Boston, MA.

- PHP (2007). PHP: Hypertext Preprocessor. Disponível no URL <http://www.php.net/>. Acesso em 29.01.2007.
- Reis, L. B. (2003). Geração de Energia Elétrica: Tecnologia, Inserção Ambiental, Planejamento, Operação e Análise de Viabilidade. Manole, São Paulo.
- RN (2004). Lei complementar nº 272, de 3 de março de 2004, Estado do Rio Grande do Norte. Disponível no URL <http://www.gabinetecivil.rn.gov.br/aces/pdf/leicom272.pdf>.
- Sebrae-RJ. Manual de licenciamento ambiental - guia de procedimentos passo a passo. Disponível no URL <http://www.firjan.org.br/notas/media/licenciamento.pdf>. Acesso em 29.01.2007.
- Short, T.A. (2004). Electric power distribution handbook (Electric power engineering series), CRC Press.
- Stair, Ralph M. (2001). Princípios de Sistemas de Informação: Uma abordagem gerencial. – 8ª Ed., LTC: Rio de Janeiro.
- Tavares, W.M.L. (2003) Radiação das antenas do serviço móvel celular e seu tratamento na legislação brasileira e de outros países. Disponível no URL [http://www.radiacao.com.br/Arquivos/100971\[1\].pdf.pdf](http://www.radiacao.com.br/Arquivos/100971[1].pdf.pdf). Acesso em 29.01.2007.
- Viegas, M.F., Martin, I.M., Ferreira, D.V., e Otani, C. (2004). Medidas da radiação não-ionizante na cidade de São José dos Campos, SP. Disponível no URL <http://www.bibl.ita.br/xiencita/Artigos/Fund12.pdf>. Acesso em 29.01.2007.
- Wiki (2008). Sistemas de Informação. URL: http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informação. Acesso em 20 de janeiro de 2008.