

DENGOSA: Um Sistema de Informação Geográfica para Apoio à Decisão no Controle de Epidemias

Arthur Bezerra, João José Bento Filho, Reinaldo Braga, Carina Oliveira, Mauro Oliveira
Laboratório de Redes de Computadores e Sistemas (LAR)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

ABSTRACT

Nowadays, epidemiological surveillance is the main challenge in the Brazilian public health system due to the problem to maintain information in real time about diseases. In this context, dengue, zica and chikungunya are increasing disease and the number of cases in different regions is not updated in real time neither presented in an easy way. Consequently, the Brazilian government has the constant challenge to efficiently distribute public health resources in the locations for the high number of dengue cases. Therefore, this paper presents DENGOSA, a low cost web system that analyzes the number of dengue cases by region as well as presents epidemic regions in maps. Finally, DENGOSA provides interoperability services for the systems communication and optimizes the decision-making process for the managers of public health system. Besides that, it is flexible to provide services to notify the population about epidemic regions.

KEYWORDS

Decision-making support, Epidemiological Surveillance, Geolocation

1 INTRODUÇÃO

As novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) possibilitam o desenvolvimento de aplicações e ferramentas para serem utilizadas em diversas áreas do conhecimento existentes na sociedade. Na área da saúde, por exemplo, algumas aplicações e ferramentas são capazes de oferecer serviços de apoio à decisão no controle e combate às doenças que afligem a humanidade. Neste contexto, a dengue, a zica e a chikungunya constituem-se entre os principais problemas de saúde pública e, por isso, precisam ser periodicamente monitoradas para evitar seus surtos epidêmicos. Essas epidemias virais preocupam as autoridades sanitárias do Brasil, principalmente pela facilidade da circulação do mosquito vetor, o *Aedes aegypti*. Dada essa facilidade, em 2016 ocorreram 196 óbitos por febre de *chikungunya*, sendo 62 anos a mediana de idade dos óbitos, variando de 0 a 98 anos [2]

Desta forma, a vigilância epidemiológica¹ é aplicada para lidar com os surtos de doenças transmitidas por este mosquito. Ela é definida como a observação sistemática dos casos confirmados ou

¹Epidemiologia se refere a um ramo da medicina que estuda os diferentes fatores que intervêm na difusão e propagação de doenças, sua frequência, seu modo de distribuição, sua evolução e o uso dos meios necessários para a sua prevenção.

suspeitos de doenças infecciosas. Portanto, trata-se da vigilância de pessoas, utilizando medidas de isolamento ou quarentena, aplicadas individualmente em cada paciente. Assim, o modelo operacional das campanhas é baseado em atuações de combate e manutenção do monitoramento [9]. Nesse contexto, a Fundação Serviços de Saúde Pública (FSESP) organizou, em 1969, um sistema de notificação semanal do catálogo das doenças do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (SNVE) para disseminar informações epidemiológicas pertinentes à população em um boletim epidemiológico quinzenal. Tal processo fundamentou a consolidação, nos níveis nacional e estadual, de bases técnicas e operacionais no controle de doenças evitáveis por imunização. [4].

Os serviços de vigilância epidemiológica são um importante instrumento para o planejamento, organização e operacionalização dos demais serviços de saúde, como também para a normatização das atividades técnicas relacionadas a eles [6]. Neste cenário, é importante destacar que uma das melhores maneiras de conhecer detalhadamente as condições de saúde da população é por intermédio de técnicas de geoprocessamento, pois estas permitem observar a distribuição espacial das situações de risco da população em mapas e, conseqüentemente, apoiar a gestão dos recursos gastos no tratamento das epidemias. Porém, a complexidade no tratamento das notificações de saúde para a construção do conhecimento epidemiológico do agravo na população gera um volume expressivo de campos nas fichas de investigação, fazendo com que muitos desses campos não sejam preenchidos. Além disso, a ausência de um controle satisfatório no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) para aferir a qualidade dos dados no nível municipal resulta na ausência de confiabilidade dos dados cadastrados no mesmo. Assim, observa-se que a burocracia no processo de coleta de dados feita em fichas de papel à nível municipal não é suficiente para resolver esse problema.

Outro problema crescente está relacionado ao grande volume de informações do SINAN. Esse problema se agrava com o uso de informação espaço-temporal para obter um retrato atual da região no planejamento do controle epidemiológico. Assim, é de suma importância a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para esse tipo de informação, à medida que essas categorias de sistemas permitem análises complexas, com uma rápida formação e alternância das visões e dos cenários espaço temporais. Essas funções facilitam a tomada de decisão e contribuem para uma melhor compreensão dos problemas atuais da saúde brasileira.

Levando tudo isto em consideração, este artigo apresenta o DENGOSA, um sistema de Informação Geográfica *Web* de baixo custo na área da epidemiologia capaz de fornecer serviços de soluções de controle de epidemias.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, serão especificados os materiais e métodos utilizados para a construção do sistema. O sistema foi desenvolvido com base no *RUP (Rational Unified Process)*, uma metodologia para organizar e gerenciar o desenvolvimento de um software.

2.1 Levantamento de Requisitos

A definição das normas técnicas é importante para a uniformização de procedimentos e a normatização sobre a vigilância epidemiológica. Assim, o processo de análise e projeto do sistema DENGOSA foi feito por meio de levantamento de requisitos com os funcionários da secretaria de saúde do município de Aracati-CE e por meio da reutilização das regras de negócio e padrões aplicados no SNVE e no SINAN. Essas normas, assim como seus manuais, se encontram na bibliografia do Ministério da Saúde com as definições das doenças, padrões e os critérios de diagnósticos. O Ministério da Saúde instituiu o SNVE por meio de legislação (Lei n. 6.259/75 e Decreto n. 78.231/76) [3] e tornou obrigatória a notificação de doenças contagiosas, contidas na lei. Simultaneamente ao modelo do Sistema Único de saúde (SUS), a operacionalização da vigilância epidemiológica tornou-se um ciclo de funções específicas e inter-complementares: A coleta de Dados; A Análise de Dados; A Promoção de Ações e a Avaliação das Medidas. Essas funções desenvolvidas de modo contínuo permitem conhecer o comportamento da doença para que as medidas de intervenção pertinentes possam ser desencadeadas no momento oportuno com eficácia [9].

O sistema DENGOSA foi projetado para complementar o desenvolvimento harmônico das funções do ciclo epidemiológico na instância municipal e auxiliá-las para atuar de forma eficiente a fim de executar oportunamente as medidas de controle municipal, estadual e federal. Um de seus requisitos é a informatização do processo de notificação compulsória das doenças (a dengue, por exemplo) e a validação do cadastro dessas informações na função de coleta de dados no município. Desta forma, o sistema complementa o ciclo epidemiológico fornecendo uma alimentação de qualidade à base do sistema federal por meio da integração das funcionalidades de coleta informatizadas do DENGOSA para suprir a burocracia no processo de coleta de dados em fichas de papel à nível municipal pelo SINAN. Além disso, as ações executivas, inerentes ao nível municipal exigem o conhecimento analítico da situação de saúde local e possuem carência de ferramentas de apoio a decisão. Essa necessidade foi levada em consideração e é suprida via mapas, relatórios e gráficos analíticos da epidemia após a coleta das informações no sistema.

A fim de oferecer uma apresentação amigável dos dados coletados para as análises epidemiológicas no DENGOSA, foi projetado o uso de mapas *Web* com a geovisualização do incidência da epidemia, ilustrado na Figura 6. Para complementar o geoprocessamento são usadas fontes de dados geográficos externos, o que enriquece a busca e a sincronização dos endereços no processo de cadastro dos formulários de notificação. As informações são buscadas em bases de dados e *web services* usando um padrão de comunicação para dados espaço-temporais. Esses padrões são usados para representar uma região no espaço fornecendo a informação agregada aquela região.

Por meio desse fluxo as informações epidemiológicas, adicionadas à marcadores, rotas, regiões, entre outros recursos personalizados, são plotadas no mapa do sistema. Além disso, algoritmos de geoprocessamento são utilizados para oferecer variadas formas de geovisualização, como mapas de densidade e mapas de calor (*heat maps*). Tais formas de visualização ajudam o gestor a identificar o ponto crítico com mais clareza, contribuindo no processo decisório e agilizando as ações.

O sistema também possui um módulo de criação e edição de regiões utilizadas no escopo da gestão de saúde do município. Logo, é possível inserir rapidamente qualquer região no contexto utilizado pelas organizações de saúde, já que o próprio sistema oferece a possibilidade de controlar as demarcações desses contextos. Com essa particularidade, o sistema se torna escalável e adaptável às várias realidades e visões da gestão de saúde do Brasil. A integração dos dados do Levantamento de Índices Rápidos dos focos (LIRAA)[1] é outro requisito do sistema. Desta forma, com essas ferramentas o sistema pode atingir os seguintes objetivos.

- (1) Detectar precocemente os casos para promover o tratamento adequado e oportuno e evitar o óbito do paciente.
- (2) Detectar precocemente o aumento de ocorrência da doença para adoção de medidas de controle.
- (3) Realizar a investigação da epidemia para identificar a área de transmissão e orientar ações de controle epidêmico.
- (4) Acompanhar a curva epidêmica, identificando a área de maior ocorrência de casos.
- (5) Realizar a investigação de óbitos suspeitos, visando identificar as possíveis causas.

Para complementar a realidade do município de Aracati-CE, o DENGOSA atua como um registro eletrônico da categoria NGS1 [7], ou seja, os formulários em papel ainda são necessários por questões jurídicas e gerenciais. Porém, as interfaces de cadastro da notificação do DENGOSA ajudam a disponibilizar as informações o mais rápido possível para a tomada de decisão e oferecem a opção de imprimir os formulários digitais para complementar os aspectos jurídicos do sistema de vigilância. Outro aspecto importante é que o DENGOSA foi projetado de forma modular e adaptável para atender as necessidades de ampliar ou reduzir a granularidade das informações no sistema. Mudanças como alterações na epidemiologia da doença e nas metas de um programa especial de controle (por exemplo, o programa contra a zica) podem ser facilmente adaptadas no sistema.

2.2 Arquitetura

A arquitetura do sistema é apresentada na Figura 1.

O SGBD usado para aplicação foi o PostgreSQL [10]. Ele possui a extensão *PostGIS* de modelos de dados geométricos e modelos de dados *raster* para serem processados no DENGOSA. Na camada servidor para a manipulação e elaboração das consultas no banco de dados é utilizado o framework ORM (Mapeamento Objeto Relacional), Hibernate [5]. Esse framework usa a extensão *Hibernate Spatial*, para dar suporte à consultas de dados espaço-temporais e pode ser reutilizado em aplicações Java EE.

O sistema DENGOSA consome fontes de dados georreferenciados, *Open Street Map (OSM)* [8] e bases manipuladas pela ferramenta *QGIS* para enriquecer o cadastro dos endereços da notificação. Essas

DENGOSA: Um Sistema de Informação Geográfica para Apoio à Decisão no Controle de Epidemias

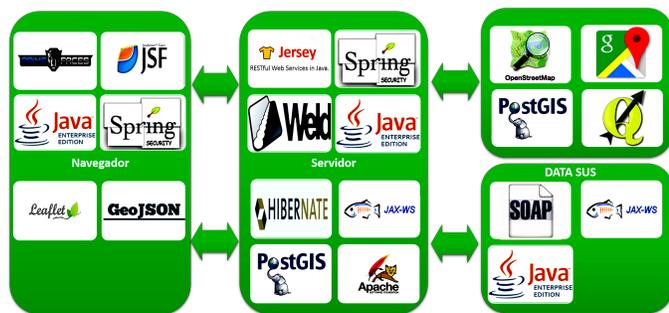


Figure 1: Arquitetura do DENGOSA.

fontes fornecem serviços de imagens cartográficas baseada em dados *raster* e serviços no padrão *GeoJSON*. Por um lado o DENGOSA consome os serviços do barramento do *DATASUS* implementados no padrão *SOAP* para sincronizar o cadastro dos estabelecimentos de saúde. Por outro lado o DENGOSA usa o framework *Jersey* para disponibilizar uma API de serviços implementada no padrão *RESTful* sobre o protocolo *HTTP*. Essa camada foi desenvolvida seguindo princípios arquitetônicos específicos do *REST* para ser consumida por outras aplicações e equipamentos móveis.

Na camada cliente é usada a biblioteca de componentes *PrimeFaces* para o processo de coleta usando filtros e validadores. Complementando essa camada é usado o framework *Leaflet* para oferecer uma apresentação espaço-temporal dos dados coletados em mapas na plataforma *Web e mobile*. Os serviços espaço-temporais fornecidos pela *API* do DENGOSA são consumidos pelo *Leaflet*.

2.3 Desenvolvimento

Após o levantamento dos requisitos e a definição da arquitetura a ser utilizada, iniciou-se a etapa de desenvolvimento. Nesta fase, as tarefas foram divididas em três grupos: modelagem das regras de negócio, desenvolvimento do código fonte em *Java* com as interfaces de usuário e a integração com outros serviços relacionados ao contexto da epidemiologia. O projeto foi construído com foco na segurança e usabilidade do usuário, com interface fluida e intuitiva. Além disso, Foram utilizadas regras da segurança da informação para garantir a privacidade, integridade e confiabilidade dos dados.

2.3.1 Verificação, Validação e Testes. Nesta etapa o sistema passou por uma validação para que fosse assegurada a consistência, completude e corretude das funcionalidades desenvolvidas. Por fim, nesta etapa, também foram realizados testes de software com dados de teste (no IFCE) e dados reais (na Secretaria de Saúde de Aracati-CE) para que fosse avaliado o comportamento das funcionalidades por meio de sua execução.

2.3.2 Implantação do Sistema. Após o sistema alcançar uma versão estável, o DENGOSA foi implantado e disponibilizado para uso da Secretaria de Saúde de Aracati-CE, e para acesso público.

2.3.3 Tipo de Licença. O software é gratuito (freeware) para toda instituição pública do Brasil. As prefeituras interessadas em utilizar a aplicação devem assinar um contrato de uso com o IFCE. É disponibilizado um arquivo do código fonte compilado e criptografado, não sendo possível realizar modificações em seu núcleo.

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil

3 RESULTADOS

Nesta seção, são apresentadas as principais funcionalidades do sistema DENGOSA que foram aplicadas com dados reais disponibilizados pela Secretaria de Saúde de Aracati-CE para ajudar no apoio à decisão na gestão de saúde do município.

3.1 Coleta de Dados

Figure 2: Formulário de notificação do sistema DENGOSA.

Para o processo de coleta o sistema possui formulários de cadastro das notificações com filtros e validadores que otimizam a usabilidade no preenchimento dos campos, ilustrados na Figura 2.

Figure 3: Formulário do endereço do paciente no sistema DENGOSA.

Dessa forma, ao usuário tentar cadastrar uma notificação sem preencher os campos obrigatórios da notificação do agravo do paciente, o sistema não permite salvar o registro e envia uma notificação informando que os campos precisam ser todos preenchidos. Os campos dos endereços ilustrados na Figura 3 também são automaticamente preenchidos ao colocar informações que identifiquem o endereço, tais como o CEP e o nome da rua. Essa função auto-completa o registro e otimiza a usabilidade do sistema para evitar o cadastro de informações errôneas e incompletas devido a falta do conhecimento dos endereços da localidade. Além disso, o sistema usa os serviços de geocodificação para buscar as coordenadas do

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil

endereço por meio das informações textuais dos endereço, além da geocodificação reversa para buscar as informações do endereço pelas coordenadas do endereço.

Para auditoria do preenchimento dos dados o sistema possui um *dashboard* que apresentar o estado das informações mais relevantes preenchidas na notificação, incluindo os dados não preenchidos corretamente. Essas informações podem ser agrupadas por uma unidade de saúde ou região em uma faixa de tempo específica. Dessa forma, o gestor de saúde pode visualizar esse *dashboard* como mostrado na Figura 4 e tomar as medidas adequadas na organização da unidade de saúde ou região para melhorar a completude dos dados.



Figure 4: Dashboard de indicadores do sistema DENGOSA.

3.2 Análise de dados para a tomada de decisão

Para a análise de dados, foram implementados gráficos de séries temporais que são usados para examinar as variações diárias e efeitos antes-e-depois de uma mudança epidemiológica. Esses gráficos são especialmente úteis para comparação de padrões de dados de diferentes indicadores. Por exemplo, pode-se comparar o número de casos confirmados de dengue com o número de óbitos mensal do ano anterior ou tendências da epidemia em diferentes regiões ao longo dos meses, como apresentado na Figura 5.

Os filtros espaço-temporais determinam o critério temporal da consulta com a opção de escolher buscar por períodos pré-determinados, como o ano, mês ou semana. Assim, é possível buscar informações escolhendo, por exemplo, o ano ou determinando uma data inicial e uma data final explicitamente nos filtros. É possível determinar nas consultas em gráficos temporais a unidade temporal que divide os indicadores na linha do tempo. Os filtros dos indicadores determinam que tipo de informação o gestor deseja visualizar no mapa. Os indicadores são divididos por categorias utilizadas na classificação das informações básicas da notificação. Por exemplo, existe o indicador das notificações que o paciente obteve cura, um indicador da categoria "Evolução do Caso" como mostrado na Figura 4.

Arthur Bezerra, João José Bento Filho,
Reinaldo Braga, Carina Oliveira, Mauro Oliveira

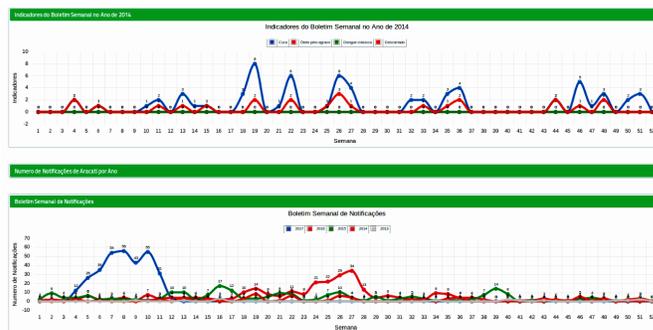


Figure 5: Gráfico Temporal em linha (Boletim Semanal)

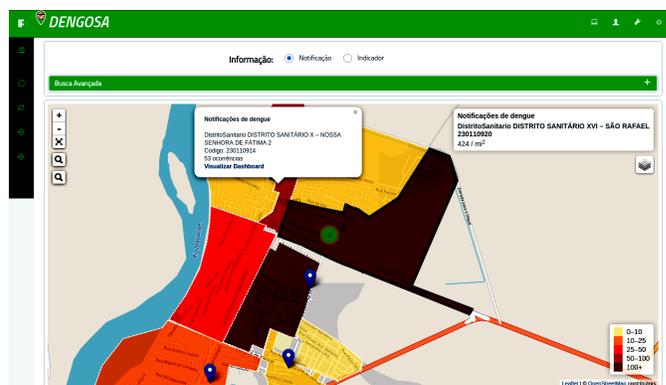


Figure 6: Mapa de densidade do número de notificações de Aracati.

3.3 Geovisualização

As informações epidemiológicas adicionadas à marcadores, rotas, áreas entre outros recursos personalizados são plotadas no mapa do sistema, ilustrado na Figura 6. Dentro do mapa existem filtros espaciais que permitem ao usuário escolher a unidade espacial da consulta que deseja visualizar. Essas unidades variam entre as regiões do IBGE (municípios e distritos) e as regiões personalizadas da área de saúde (distritos sanitários e micro áreas).

Para complementar as funcionalidades do mapa, a utilização de algoritmos de geoprocessamento encontrados nos *plugins* das APIs, oferece geovisualizações como mapas de densidade e agrupamentos de pontos por proximidade ilustrado na Figura 6. Tais formas ajudam o gestor a identificar o ponto crítico com mais clareza, contribuindo no processo decisório e agilizando as ações. No sistema também existe um módulo de criação e edição das regiões utilizadas no escopo da gestão de endemias e epidemias do município, ilustrado na Figura 6. Logo, é possível inserir rapidamente qualquer região no contexto utilizado pelas organizações dessas áreas, já que o próprio sistema oferece a possibilidade de controlar as demarcações desses contextos. Com essa particularidade, o sistema se torna escalável e adaptável às várias realidades e visões de gestão.

DENGOSA: Um Sistema de Informação Geográfica para Apoio à Decisão no Controle de Epidemias

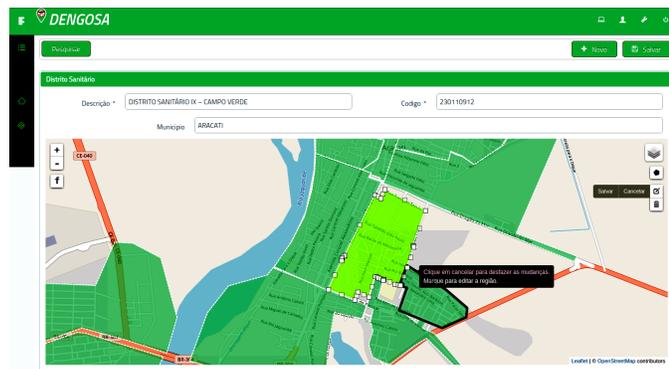


Figure 7: Ferramenta Editora de Regiões do DENGOSA.

3.4 Interoperabilidade

O sistema disponibiliza uma API de recursos orientados à representação, ou seja, interage com os serviços usando representações de diferentes formatos como o HTML, JSON e o XML. O objetivo da API é disponibilizar os recursos das notificações epidemiológicas e do acompanhamento do LIRAA para que os sistemas de informação que fornecem e consomem os serviços no contexto da vigilância epidemiológica possam interagir e intercambiar dados de forma automática. A base do DATASUS necessita que os processos e as culturas das organizações sejam direcionados para maximizar as oportunidades de troca e reuso de informações, internamente pelos sistemas do DATASUS e externamente por aplicações com serviços relacionados.

A API foi uma solução utilizada na integração do sistema DENGOSA e na comunicação dentre essas diferentes aplicações. Essa tecnologia tornou possível distintos serviços de saúde interoperarem e os diferentes sistemas de vigilância tornarem-se compatíveis. Os serviços que consomem os dados geográficos do sistema DENGOSA utiliza vários padrões abertos, incluindo o padrão definido internacionalmente para representações geográficas, o *GeoJSON*.

3.5 Integração com o SINAN

Apesar do SINAN não possuir uma API para fazer a comunicação direta com o sistema DENGOSA, ele está na lista dos serviços que serão disponibilizados pelo barramento do DATASUS. Logo futuramente ele será um componente integrado com o sistema. Enquanto esse serviço não está disponível, o sistema DENGOSA realiza o processo de importação por arquivos DBF. A migração ocorre da seguinte forma: Os registros de notificação compulsória cadastrado anteriormente no processo de coleta de dados, feito pelo sistema web e pelo consumo dos serviços dos SIS utilizados nas unidades de saúde, são transformados em um arquivo de importação DBF e é feito o upload por meio da interface. Através desse processo facilitamos e agilizamos o processo de cadastro das notificações compulsórias que já foram inseridos no SINAN online.

Para facilitar a sincronização dos dados geográficos dos sistemas as regiões de saúde editadas no sistema para a gestão municipal podem ser importadas através de arquivos KML. Esses arquivos normalmente são feitos utilizando ferramentas online como o MyMaps e o Google Earth. Assim é possível reaproveitar essas demarcações

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil

feitas anteriormente por essas ferramentas para complementar o registro das secretarias.

4 CONCLUSÕES

A solução computacional aqui apresentada tem o objetivo de oferecer informações precisas, úteis e confiáveis para auxiliar todo o processo de tomada de decisão na gestão epidemiológica. Sua estrutura foi feita visando obter os melhores resultados nos processos de vigilância epidemiológica, resultando na melhoria da qualidade e na precisão do direcionamento das medidas de controle epidemiológica. O sistema também possibilita a melhoria no gerenciamento dos recursos utilizados nas campanhas de combate a epidemia, visto que os meios menos eficientes podem ser identificados e substituídos por planejamentos mais produtivos. Em relação às perspectivas futuras sobre o sistema, serão incorporadas novas funcionalidades buscando torná-lo mais interoperável com outras soluções complementares. Além disso espera-se ampliar a aplicabilidade desse sistema em todos os municípios do país que sofrem de uma grande carência tecnológica. Isso agregará ainda mais valor ao sistema e tornará compatível com os processos de controle epidemiológico no país.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFCE, a FUNCAP e a Secretaria de Saúde de Aracati-CE pelo apoio ao trabalho.

REFERENCES

- [1] 2013. *Levantamento Rápido De Índices Para Aedes Aegypti – LIRAA – Para Vigilância Entomológica Do Aedes Aegypti No Brasil*. Brasília - DF. Metodologia para avaliação dos índices de breteau e predial e tipo de recipientes.
- [2] Secretaria de Vigilância em Saúde. 2017. *Boletim Epidemiológico*. Boletim Epidemiológico 5. Ministério da Saúde.
- [3] Diário Oficial da União Seção 1 1975. *Lei nº 6.259, de 30 de Outubro de 1975*. Diário Oficial da União Seção 1, Brasil. Dispõe sobre a organização das ações de Vigilância Epidemiológica, sobre o Programa Nacional de Imunizações, estabelece normas relativas à notificação compulsória de doenças, e dá outras providências.
- [4] Moises Goldbaum. 1993. Vigilância da saúde. *Anais do Seminário de Vigilância Epidemiológica; 1992 dez 1 (1993)*, 57–62.
- [5] Hibernate Community. 2017. Hibernate ORM. <http://hibernate.org/orm/>. (2017). Accessed: 2016-06-15.
- [6] Fábio José Delgado Lessa, Antônio da Cruz Gouveia Mendes, Sidney Feitosa Farias, Domicio Aurélio de Sá, Petra Oliveira Duarte, and Djalma Agripino de Melo Filho. 2000. Novas metodologias para vigilância epidemiológica: uso do Sistema de Informações Hospitalares-SIH/SUS. *Informe Epidemiológico do SUS 9* (2000), 3–19.
- [7] Luiz Aparecido Virginio Junior Marcelo Lúcio da Silva. 2016, type =. *Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES)*. Technical Report. Conselho Federal de Medicina.
- [8] Open Street Map Group. 2017. Open Street Map: An openly licensed map of the world being created by volunteers using local knowledge GPS tracks and donated sources. <http://www.openstreetmap.org>. (2017). [Acessado: 2017-03-03].
- [9] Secretaria de Vigilância em Saúde. 2009. Guia de vigilância epidemiológica. (2009).
- [10] The PostgreSQL Global Development Group. 2017. PostgreSQL Documentation. <https://www.postgresql.org/docs/9.5/static/index.html>. (2017). Accessed: 2016-06-14.