

Desenvolvimento de Um Sistema Web Para Gestão de Simulações Dosimétricas Para Radiodiagnóstico

Fabilone S. da Silva¹, Felix M. Milian¹, Raranna A. da Costa¹, Adrian G. Valdes¹,
Francisco Bruno S. Oliveira¹, Fermin de La Caridad G. Velasco¹

¹Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)
Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, km 16
Salobrinho CEP 45662-900. Ilhéus-Bahia

fabilonesantos@hotmail.com, {f.mas.milian, rarannaalves, adriangvaldes, fbrunoso, fermingv}@gmail.com

Abstract. This research work proposes the implementation of a Web platform in an automated way for the creation, management, monitoring and analysis of computational dosimetric simulations for Radiodiagnostic. Using Monte Carlo Simulations, it was possible to perform computational simulations of medical examinations involving radiation, reducing the processing time of the simulations and estimates of the doses received by the patients using the Monte Carlo GATE / GEANT4 code. The system will be used in dosimetric studies of radiation-induced cancer risk by X-ray examinations.

Resumo. Este trabalho propõe a implementação de uma plataforma Web de forma automatizada para a criação, gestão, acompanhamento e análise de simulações computacionais dosimétricas para Radiodiagnóstico. Utilizando simulações de Monte Carlo foi possível realizar simulações computacionais de exames médicos envolvendo radiações, com redução do tempo de processamento das simulações e estimativas das doses recebidas pelos pacientes utilizando o código Monte Carlo GATE/GEANT4. Proporcionando no final o estudo dos riscos dosimétricos aos quais os pacientes são submetidos em radiodiagnóstico elevando o risco de câncer radioinduzido por meio de exames de raios-X.

1. Introdução

A luta contra o câncer se tornou um dos assuntos mais importantes no cenário mundial nos últimos tempos, assim como as crescentes pesquisas que passaram a ser desenvolvidas em busca de uma cura, novos tratamentos e métodos menos invasivos para os pacientes estão sendo desenvolvidos. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) somente no ano de 2012 foram registrados mais de 8 milhões de mortes por câncer, além de registrado um aumento crescente a cada ano da incidência de novos caso [Ferlay et al. 2015]. As radiações ionizantes vêm sendo amplamente utilizadas pela medicina com a finalidade de realizar diagnósticos como, por exemplo: os raios-X nos equipamentos de radiografia, de Tomografia Computadorizada e mamografia, a radiação gama na medicina nuclear, assim como para o tratamento de doenças e tumores com fins terapêuticos como na radioterapia, braquiterapia e medicina nuclear [MOREIRA 2011].

Apesar das doses de radiação que são ministradas durante o radiodiagnóstico serem relativamente pequenas, é probabilístico, tem efeito cumulativo na vida do paciente, podem causar alterações celulares mesmo em níveis abaixo dos estipulados pelo Ministério da Saúde e a Secretaria de Vigilância Sanitária. Com os avanços tecnológicos dos últimos anos na área de computação, foi possível a realização de pesquisas e estudo das radiações ionizantes na Física Medica através de simulações computacionais por Monte Carlo utilizando códigos e modelos matemáticos ou antropomórficos computacionais, sem a necessidade de usar métodos invasivos aos pacientes, dificultando o exame ou tratamento deles ou mesmo utilizando fantasmas físicos que necessite de tempo e uso de feixe de radiação dos equipamentos. Na área de Proteção Radiológica essas simulações podem ser utilizadas para realizar estudos dosimétricos de pacientes submetidos à exames de radiodiagnósticos onde é necessário a exposição do mesmo aos raios-X para entender e diminuir a incidência de câncer radioinduzido [Boiset 2016]. Porém, o grande problema encontrado é que o processo de simulação utilizando essas ferramentas é complexo, exigem um alto poder de processamento computacional, envolve um grande número de passos, além de levar em consideração a grande quantidade de combinações em estudo, como o tipo de equipamentos, espectros energéticos, modelos do paciente e tipo de exame a ser feito, demonstrando que esse amplo número de simulações requer um grande esforço para serem implementadas e analisadas. É proposto nesse trabalho à implementação de uma plataforma Web e a modelagem de um sistema para a criação, gestão, acompanhamento e análise de simulações computacionais dosimétricas para Radiodiagnóstico que possibilite realizar simulações computacionais de exames médicos envolvendo radiações, com redução do tempo de processamento das simulações e obter estimativas das doses recebidas pelos pacientes, proporcionando ao final material para os estudos dos riscos dosimétricos ao qual os pacientes são submetidos em radiodiagnóstico e em especial exames onde são utilizados os raios-X.

2. Materiais e Métodos

2.1. Desenvolvimento da Plataforma Web

O desenvolvimento e planejamento da plataforma Web foram realizados com base em recursos e funções que possibilitasse ao usuário a mínima interação possível através de uma interface amigável que disponibilizasse todos os recursos necessários para realização das simulações computacionais, possibilitando desde a criação até a análise das simulações submetidas pelo sistema. Para construir esse ambiente de desenvolvimento foi utilizada o LAMP que é uma combinação de softwares livres e de código aberto voltados para a criação de servidores virtuais no Linux [LVS 2017]. Essa combinação é feita através de sistema operacional, servidor Web, banco de dados e linguagem de programação. Como a combinação dos softwares do pacote LAMP podem variar, foram escolhidos para esse trabalho os softwares: Sistema operacional: Linux Ubuntu 16.04; Servidor Web: HTTPD - Servidor Web Apache2 [Apache 2017]; Software de banco de dados: MySQL, no qual dispõem da linguagem SQL para realizar as consultas na base de dados [MySQL 2017]; Linguagens de programação: PHP, usada para o desenvolvimento das aplicações no lado do servidor [PHP 2017].

A implementação da plataforma Web baseou-se no padrão Model-View-Controller (MVC), padrão esse, composto de arquitetura de software que separa a aplicação em três camadas. A camada de interação do usuário (view), a camada de manipulação dos dados (model) e a camada de controle (controller) [Lehne et al. 1995, XEROX 1979]. Para implementação da View foram usadas as linguagens de marcação HTML5 e CSS. O Model foi implementado através de Shell Script, uma linguagem de script usada em várias distribuições GNU/Linux e sistemas operativos para executar comandos e ações, além também da camada ser composta por um SGBD, o MySQL, no qual dispõem da linguagem SQL para realizar as consultas na base de dados. A camada Controller utiliza as linguagens de scripts PHP e Shell Script para realizar a comunicação cliente servidor e controlar as requisições entre as outras duas camadas. Através do Controller é possível realizar o envio dos dados das simulações para o servidor, montar a simulação computacional, executar e enviar para View os resultados necessários para exibição ao usuário.

2.2. Simulações Computacionais Para Dosimetria

A base e a formatação dos arquivos que geram as simulações computacionais foram feitas de acordo com o estudo dosimétrico de exames de raios-X de cabeça realizados em 2016 por uma aluna de mestrado em Física [Boiset 2016], porém com a adição de novos recursos e opções incorporados a plataforma Web. Para estimar a dose absorvida nos órgãos e tecidos foi utilizada a região da cabeça do modelo MASH_3 com dimensões de 478 x 256 x 246 voxels de $1,2 \times 1,2 \times 1,2 \text{ mm}^3$ de volume com uma exposição AP (Ântero-Posterior) a um feixe cônico de raios-X de 10° de abertura, utilizando as tensões de 50, 80, 100 e 120 keV, representando um exame de raios-X convencional de cabeça.

3. Resultados

3.1. Plataforma Web Desenvolvida

Com base no modelo e padrão de desenvolvimento MVC a modelagem da plataforma foi feita de forma que fosse possível, simular, acompanhar e gerenciar as simulações computacionais. Para isso, a modelagem do sistema foi dividida em três blocos como mostra a Figura 1, sendo um desses blocos responsável pelo lado cliente e um segundo bloco pelo lado servidor. O bloco Controle realiza as tarefas de submissão de processos, atualização e comunicação entre os blocos Cliente/Modelo. O bloco Controle gerencia todas as requisições feitas pelo usuário e servidor, isso possibilita que o lado cliente fique em computadores de baixo poder de processamento enquanto o servidor que será o local onde será processado as simulações fique em computadores de alto desempenho computacional. Por meio do bloco Controle é possível fazer a gerência de acesso de usuários, gerência da plataforma e o conteúdo que será exibido para cada uma das páginas contidas na View. No bloco cliente contém as características e funcionalidades projetadas para View do sistema, na qual foram inseridos os recursos de login, configurações da conta dos usuários, orientações sobre o uso da plataforma e suas funcionalidades, escolha e configurações das simulações que serão submetidas para serem processadas, acompanhamento e gestão das simulações que foram realizadas. Por meio dos recursos apresentados na View do sistema, o usuário terá em mãos tudo que é necessário para realizar as simulações, sem precisar

realizar configurações complexas ou instalação de recursos adicionais. A interface desenvolvida busca realizar as tarefas funcionais propostas de forma rápida, intuitiva e responsiva, possibilitando ao usuário a menor quantidade possível de passos para realização das tarefas e a fácil compreensão do funcionamento da plataforma como mostra a Figura 2.

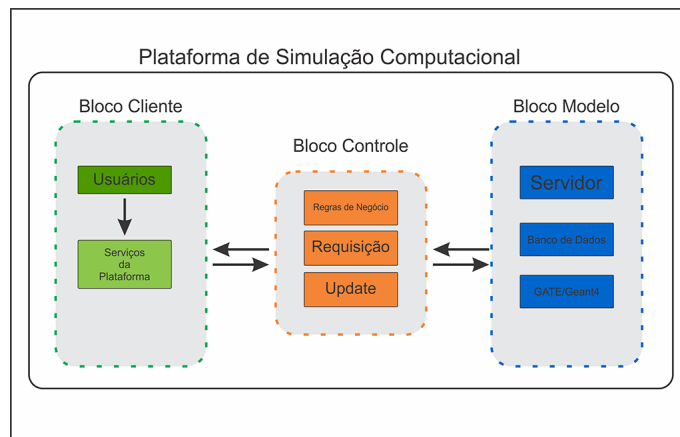


Figura 1. Diagrama de blocos da estrutura da plataforma Web.

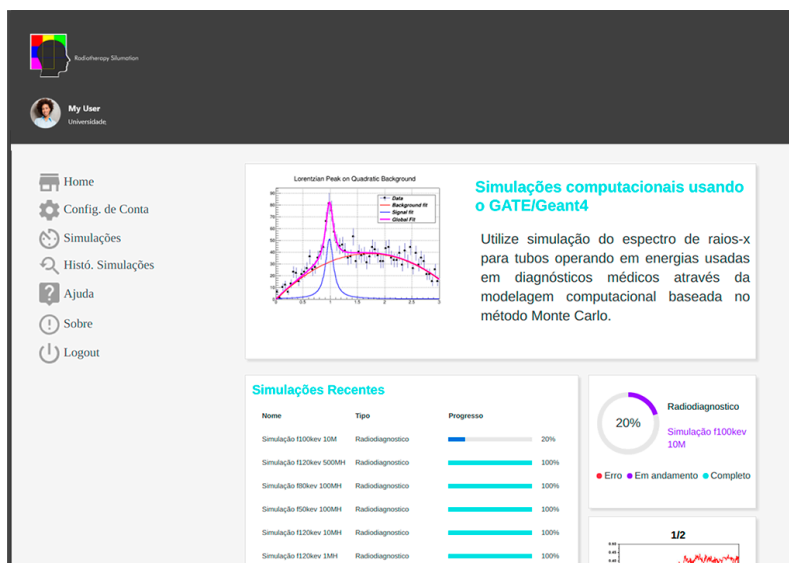


Figura 2. Home da gerência de simulações da plataforma Web.

Através do bloco Modelo por meio das requisições feitas pelo controle são executadas as simulações utilizando o GATE/Geant4, alimentada a base de dados e o armazenamento dos arquivos de saída. Por meio de scripts o bloco Modelo recebe as informações que devem ser processadas, monta e executa as simulações criando os diretórios e os arquivos de scripts que serão processados pelo GATE/Geant4, ao termino das simulações são gerados os arquivos de saída que são processados pelos scripts ROOT e armazenados em diretórios correspondentes a cada conta de usuário.

3.2. Modelagem do Sistema de Geração das Simulações

A modelagem do sistema de criação dos arquivos das simulações foi estruturada de forma que possibilitasse a geração de simulações de forma organizada e dinâmica, gerando scripts com comandos que podem ser alterados ou adaptados de acordo com a simulação a ser feita. Obtendo assim, uma estrutura de diretórios e arquivos padrão que podem ser reutilizados para qualquer simulação. A plataforma cria uma pasta com um identificador onde são criados os seguintes arquivos: um arquivo macro principal (.mac), um diretório "data", um diretório "mac" e um diretório "output". No arquivo principal ".mac" fica os scripts responsáveis pela geração da simulação, assim como todas as configurações e parâmetros necessários para sua execução. O código principal é gerado com base na documentação do GATE analisando os principais parâmetros e configurações necessárias para execução de simulações para radiodiagnóstico descritas por [Boiset 2016], contendo uma fonte de emissão a uma distância d e altura h do objeto irradiado, um fantoma representando a geometria e atores de dose para as saídas da simulação. O diretório "data" contém todas as configurações necessárias dos materiais que serão utilizados na simulação. O diretório "output" é responsável por armazenar os resultados das simulações com base nos arquivos de saída que foram escolhidos. Após conclusão do modelo foram feitos testes usando parâmetros experimentais e de resultados conhecidos para validar a funcionalidade da plataforma usando fontes de emissão de 50, 80, 100 e 120 keV de formato cônico, uma geometria para ser irradiada e atores de dose, mostrando-se satisfatório os resultados obtidos.

3.3. Resultados das Simulações Geradas Pela Plataforma

A plataforma gera vários arquivos de saída, sendo eles: a distribuição 3D da dose em voxels da mesma dimensão da imagem, a distribuição 3D da energia depositada (Figura 3 a), a incerteza para cada dose e para cada energia, assim como o número de histórias simuladas (Figura 3 b).

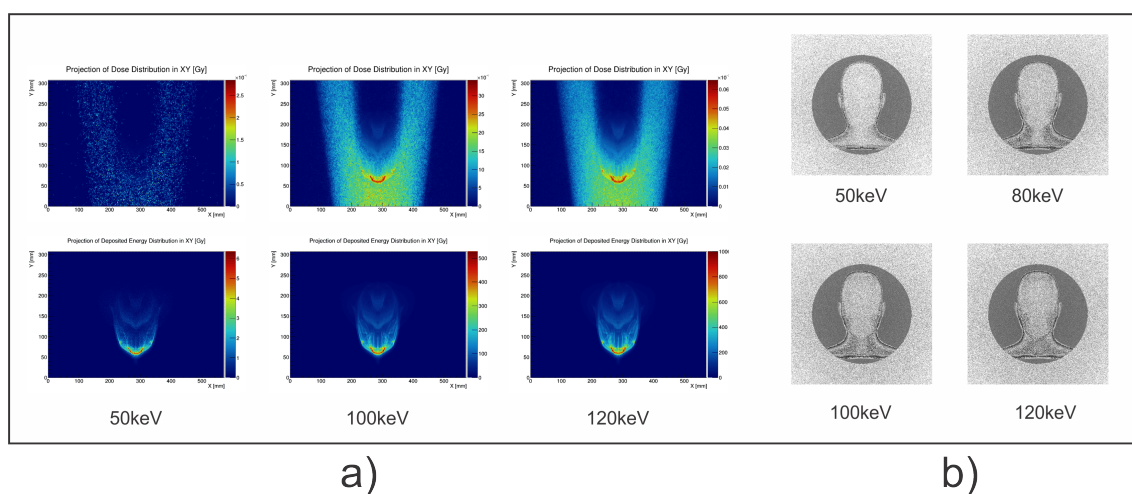


Figura 3. a) Doses absorvidas e erro relativos para o espectro de 50, 100 e 120 keV em um plano 2D, b) Imagens dos raios-X simulados pela plataforma utilizando o fluxo das partículas detrás da cabeça do modelo MASH_3 utilizando 10 milhões de histórias.

Através da plataforma é possível simular diferentes tensões para o tubo de raios-X usando diferentes números de histórias, permitindo posteriormente o acesso as essas informações pelo usuário através da gerência de simulações da plataforma. Estes resultados serão utilizados num segundo momento por candidatos a mestrado/doutorado e pesquisadores para extrair as informações necessárias para estimar as doses recebidas nos diferentes órgãos radiosensíveis e assim estimar o risco de gerar câncer secundário radioinduzido.

4. Conclusão

Com este trabalho conclui-se que através da construção de uma metodologia de desenvolvimento utilizando ferramentas LAMP e padrão MVC é possível agilizar e organizar o processamento de simulações computacionais para radiodiagnóstico através de uma plataforma Web, possibilitando que pesquisadores possam realizar estudos na área de proteção radiológica independentemente do seu nível de conhecimento sobre o desenvolvimento de simulações computacionais. Com base na metodologia proposta é possível desenvolver plataformas automatizadas Web para simulações computacionais, criação de modelos de simulações (não apenas para radiodiagnóstico), e modelagem de sistemas automatizados cliente/servidor voltados para diversas áreas de pesquisa e estudos de riscos. Ao final deste trabalho os objetivos foram atingidos conforme propostos e a plataforma está pronta para ser utilizada para realizar pesquisas dosimétricas, desenvolvimento de novas funcionalidades para a plataforma e implementações de melhorias, o que possibilita a geração de trabalhos futuros na mesma linha de pesquisa ou em paralelo.

Referências

- Apache, O. (2017). The ApacheWeb Server Documentation On-line.
- Boiset, G. R. (2016). Determinação de Doses e Riscos Em Pacientes Submetidos a Exames de Radiodiagnóstico. Mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz.
- Ferlay, J. et al. (2015). Cancer Incidence and Mortality Worldwide: Sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *International Journal of Cancer*, 136(5):E359–E386.
- Lehne, O. A., Wold, P., and Reenskaug, T. (1995). Working With Objects: The Ooram Software Engineering Method. Manning Pubns Co.
- LVS, O. (2017). Official Linux Virtual Server On-line Documentation.
- MOREIRA, J. V. A. (2011). Radiobiologia : Efeito das Radiações Ionizantes Na Célula e Formas de Protecção das Radiações Ionizantes. Mestrado, Universidade da Beira Interior.
- MySQL, A. (2017). MySQL Reference Manual For Version 8.0, Official On-line Documentation.
- PHP, G. (2017). PHP Hypertext Preprocessor Official PHP On-line Documentation.
- XEROX (1979). MVC XEROX PARC 1978-79. Dynabook System Requirements.