



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL
EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

RARANNA ALVES DA COSTA

COMPUTAÇÃO EM NUVEM PARA SIMULAÇÕES EM RADIOTERAPIA
PPGMC – UESC

ILHÉUS-BA
2017

RARANNA ALVES DA COSTA

**COMPUTAÇÃO EM NUVEM PARA SIMULAÇÕES EM
RADIOTERAPIA
PPGMC – UESC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Felix Mas Milian

ILHÉUS-BA
2017

C837

Costa, Raranna Alves da.

Computação em nuvem para simulações em radioterapia. / Raranna Alves da Costa – Ilhéus, BA: UESC, 2017.

77f. : il.

Orientador: Felix Mas Milian

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia.

Inclui referências e apêndices.

1. Computação em nuvem. 2. Método de Monte Carlo. 3. Aceleradores lineares. 4. Radioterapia. I. Título.

CDD 004.6782

RARANNA ALVES DA COSTA

**COMPUTAÇÃO EM NUVEM PARA SIMULAÇÕES EM
RADIOTERAPIA
PPGMC – UESC**

Ilhéus-BA, 13/12/2017

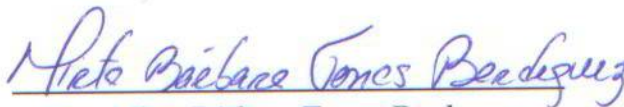
Comissão Examinadora



Prof. Dr. Felix Mas Milian
UESC
(Orientador)



Prof. Dr. Paulo Eduardo Ambrósio
UESC



Dra. Mirta Bárbara Torres Berdeguez
UFRJ

Dedico a Êmico Ferreira Santana (in memoriam)

Agradecimentos

- A Deus, eu agradeço pela concessão da vida, saúde e força, por ter caminhado ao meu lado desde a minha existência e por ter permitido a realização dessa pesquisa;
- A toda minha família, agradeço por acreditarem e investirem em mim;
- Ao meu orientador, professor doutor Felix Mas Milian, eu agradeço pelo companheirismo, confiança, compreensão e dedicação para comigo. Obrigada também pela amizade e principalmente pela oportunidade;
- A todos meus amigos, em particular a Matheus, Uendson, Júlio, Celice, Silas, Ícaro, Viviana, Firmino e Emille que nessa trajetória foram de extrema importância para mim;
- À Universidade Estadual de Santa Cruz, eu agradeço pela oportunidade da realização do curso;
- À CAPES, eu agradeço pelo auxílio financeiro concedido;
- Aos funcionários da UESC e do PPGMC, eu agradeço pelo suporte;
- A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigada.

"Através da palavra de Deus atingimos nossos objetivos e aprendemos a contornar os obstáculos." Gilvado Luiz

Resumo

O presente trabalho é parte de um projeto de pesquisa para desenvolver de um sistema Web de controle de qualidade em radioterapia baseado em simulações por Monte Carlo (MC). O projeto é dividido em três fases, sendo elas: 1- a modelagem do acelerador linear médico ou LINAC, 2- a paralelização do código de simulação GATE/Geant4 e, 3- a criação de toda a infraestrutura WEB do sistema de forma que para a criação, execução das simulações num servidor e seu monitoramento via internet. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema WEB com uma interface gráfica simples, intuitiva e portátil para de fácil aprendizado parte dos usuários. Utilizando a filosofia da Computação em Nuvem, todos programas estariam instalados no lado servidor, sendo somente necessário que o cliente defina os dados de entrada e inicie a simulação via internet; depois de finalizados os cálculos, seriam enviados de volta os resultados já processados. O sistema foi desenvolvido para um servidor HTTP Apache com MySQL e PHP. Adicionalmente devem ser instalados o código GATE/Geant4 e de análise de dados, ROOT. As linguagens de programação utilizadas foram: HTML, PHP5/PHP7, JavaScript, Shell Script e SQL. A versão atual do sistema WEB é baseado em duas grandes partes e distribuídas em diferentes finalidades. Temos a parte Cliente, onde é possível designar os parâmetros de uma nova simulação, acompanhar o progresso delas e realizar o login. E temos a parte servidor onde encontra-se a base de dados que possui todas as informações referentes tanto às simulações finalizadas quanto as que estão em andamento, além disso armazena informações dos usuários e designa a criação e armazenamento de macros. Como resultados nesta versão preliminar do sistema, obtemos gráficos gerados automaticamente informando as curvas de energia ou dose depositadas em profundidade. Foram implementadas simulações de inter-comparação padrões (*Benchmarks*) para testar o correto funcionamento do sistema, assim como para poder estudar seu desempenho. Os testes de funcionamento do sistema foram satisfatórios em todos os computadores e plataformas testados. Já nos testes de desempenho, foram observadas dependências com o número de simulações que são submetidas simultaneamente. A metodologia e estrutura desenvolvida neste trabalho permitirá dar continuidade aos trabalhos de criação do sistema WEB de controle de qualidade em Radioterapia baseado em MC.

Palavras-chave: Monte Carlo. Computação em Nuvem. GATE. Geant4. Radioterapia.

Abstract

The present work is part of a research project to develop a Web-based quality control system in radiotherapy based on Monte Carlo (MC) simulations. The project is divided in three phases: 1 - the modeling of the linear accelerator or LINAC, 2 - the parallelization of the GATE/Geant4 simulation code, and 3 - the creation of all the WEB infrastructure for a system to create, execute and monitoring simulations on a server via internet. In this context, the objective of this work was to develop a WEB system with a simple graphical interface, intuitive, portable, and easy learning by users. Using the Cloud Computing philosophy, all the programs would be installed on the server side, being only necessary the client define the input data and initiate the simulation via internet; after completing the calculations, the results already processed would be sent back. The system was developed for an Apache HTTP server with MySQL and PHP. In addition, the GATE / Geant4 and the ROOT data analysis must be installed. The programming languages used were: HTML, PHP5 / PHP7, JavaScript, Shell Script and SQL. The current version of the Web system is based on two large parts distributed for different purposes. We have the Client part, where the user can designate the parameters of a new simulation, monitoring their progress and log in. We have also the server part where is located the database with all the information regarding both, the finished and the progress simulations, additionally it saves user's information and designates the creation and storage of macros. As results in this preliminary version of the system, we get automatically generated graphs reporting energy or dose curves in depth. Standard comparison simulations (Benchmarks) were implemented to test the correct functioning of the system and to study its performance. All the accuracy and precision tests were satisfactory on all tested computers and platforms. In the performance tests, dependencies were observed in function of the number of simulations submitted simultaneously. The methodology and structure developed in this work will allow continuing working on the creation of our Web system based on Monte Carlo for quality control in Radiotherapy.

Keywords: Monte Carlo. Cloud computing. GATE. Geant4. Radiotherapy.

Lista de figuras

Figura 1 – Exemplo de planejamento de tratamento para Radioterapia com fótons.	2
Figura 2 – Exemplo de diferenças entre planejamento analítico e comprovação por Monte Carlo	3
Figura 3 – Estrutura de Diretórios no Servidor	11
Figura 4 – Estrutura de Diretórios no Servidor	12
Figura 5 – Processos e estrutura no lado Cliente	16
Figura 6 – Processos e estrutura no lado Servidor	17
Figura 7 – Resolução	19
Figura 8 – Interface de nova simulação de Benchmarks	20
Figura 9 – Interface de nova simulação de Radioterapia	21
Figura 10 – Resolução	22
Figura 11 – Interface de gerenciamento de Simulações	24
Figura 12 – Interface de Resultados individuais das simulações	25
Figura 13 – Estrutura de Diretórios no Servidor	28
Figura 14 – Modelo EER	29
Figura 15 – Feixe de gama com fatoma de água de 40x40x40	32
Figura 16 – Feixe de gama com fatoma de PMMA de 40x40x40	32
Figura 17 – Feixe de gama com fatoma de água de 60x60x40	33
Figura 18 – Feixe de gama com fatoma de PMMA de 60x60x40	33
Figura 19 – Feixe de próton com fatoma de água de 40x40x40	34
Figura 20 – Feixe de próton com fatoma de PMMA de 40x40x40	34
Figura 21 – Feixe de próton com fatoma de água de 60x60x40	35
Figura 22 – Feixe de próton com fatoma de PMMA de 40x40x40	35
Figura 23 – Feixe de íons carbono com fatoma de água de 40x40x40	36
Figura 24 – Feixe de íons carbono com fatoma de PMMA de 40x40x40	36
Figura 25 – Feixe de íons carbono com fatoma de água de 60x60x40	37
Figura 26 – Feixe de íons carbono com fatoma de PMMA de 60x60x40	37
Figura 27 – Tempos de simulação em segundos para Benchmarks com Gama de 20MeV em fantoma de água de 60x60x40 cm^3 em função do numero de historias, para 1,2 e 3 processos simultâneos (CPU)	38
Figura 28 – Comparação do tempo de simulação em percentagem para Benchmarks com Gama de 20MeV em fantoma de água de 60x60x40 cm^3 em função do numero de processos simultâneos para 10^6 , 5×10^6 e 10^7 historias	39
Figura 29 – Janelas do sistema Web. Login, Submeter, Radioterapia, Benchmarks, Historico	41

Figura 30 – Janelas do sistema Web. Detalhes	42
--	----

Lista de tabelas

Tabela 1 – Computadores	14
-----------------------------------	----

Lista de abreviaturas e siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DCET	Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
FF	<i>Flatering Filter</i>
GATE	<i>Geant4 Application for Tomographic Emission</i>
GEANT	<i>GEometry ANd Tracking</i>
GPU	Unidade de processamento gráfico
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LINAC	<i>Linear Particle Accelerator</i> (Acelerador de Partículas Linear)
MC	Monte Carlo
MMC	Método Monte Carlo
PC	<i>Personal Computer</i> (Computador pessoal)
PHP	<i>Personal Home Page</i>
PPGMC	Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia
PMMA	Polimetilmetacrilato
ROOT	Um programa orientado a objetos e uma biblioteca desenvolvida pela Organização Européia para a Pesquisa Nuclear
SGML	<i>Standard Generalized Markup Language</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TPC	<i>Transmission Control Protocol</i>

UESC	Universidade Estadual de Santa Cruz
WEB	<i>World Wide Web</i>

Sumário

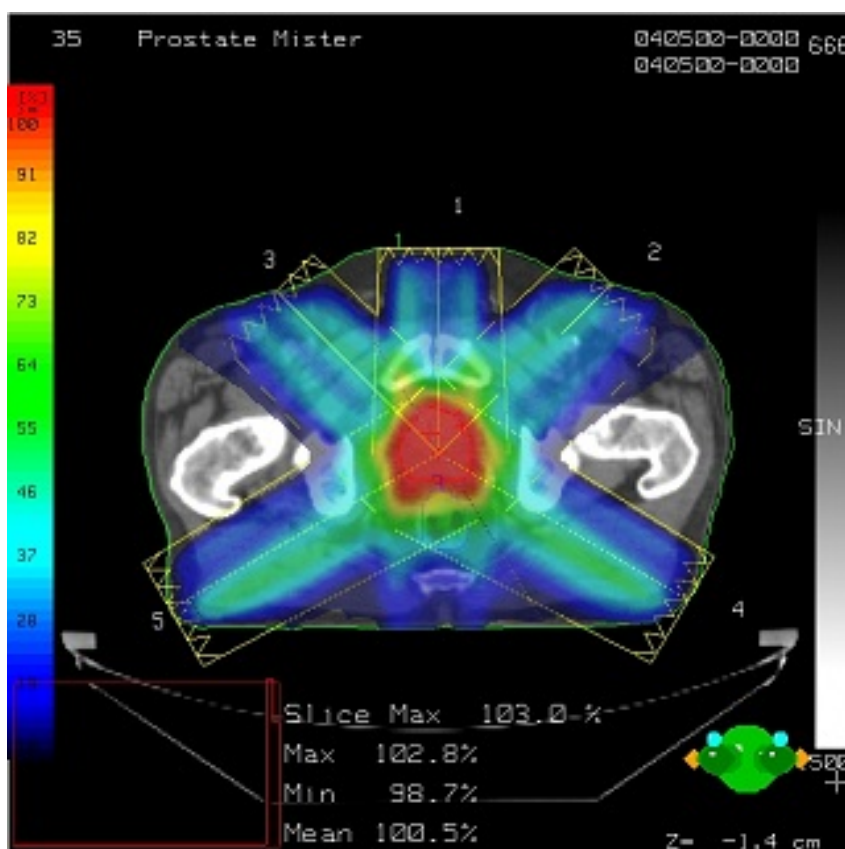
1 – Introdução	1
1.1 Objetivo geral	5
1.2 Objetivos específicos	5
1.3 Estrutura do Trabalho	6
2 – Fundamentos Teóricos	7
2.1 Softwares e ferramentas	7
2.2 Linguagens e Frameworks	9
2.3 Conceitos e tipos de extensões	10
3 – Métodos e Discussão dos Resultados	14
3.1 Características de <i>hardware</i> e <i>software</i>	14
3.2 Descrição geral do sistema WEB	15
3.3 Descrição Cliente	17
3.4 Simulações de BenchMarks e de Radioterapia	19
3.5 Interface Cliente de nova simulação e gerenciamento	23
3.6 Descrição Servidor	25
4 – Teste e validação do sistema	31
5 – Considerações finais	40
5.1 Conclusões	43
5.2 Limitações do trabalho	43
5.3 Trabalhos Futuros	43
Referências	45
Apêndices	48
APÊNDICE A – Shell script de configuração e execução das simulações	49
APÊNDICE B – Login	51
APÊNDICE C – Submissão de radioterapia	53
APÊNDICE D – Histórico de simulações	58

APÊNDICE E – Detalhes individuais para cada simulação	72
---	----

1 Introdução

A maioria das células do corpo humano realizam processos de multiplicação natural, contudo pode ocorrer eventualmente um fenômeno de crescimento anormal e descontrolado, se tornando uma neoplasia, ou mais conhecido como câncer. Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA), estima-se quase 600 mil casos novos de câncer no total no Brasil no ano de 2016 segundo dados do Instituto de Câncer ([INCA, 2017](#)). Para o câncer existem 3 principais formas de tratamento, são elas: a Quimioterapia, na qual utiliza medicamentos via venosa ou oral; a Cirúrgica, quando a doença está contida em um local e pode ser removida cirurgicamente; e a Radioterapia, que utiliza radiações ionizantes para depositar a maior quantidade possível de energia no tumor afetando o menos possível os outros tecidos e órgãos saudáveis. Este último tratamento pode ser realizado de duas formas: irradiação externa ou (RADIOTERAPIA) em que como fonte de radiação são utilizados isótopos radioativos (césio, cobalto) ou aceleradores lineares; e irradiação interna (BRAQUITERAPIA), em que a fonte de irradiação é colocada diretamente em contato com o tumor. No caso deste trabalho focaremos no tratamento com radioterapia, onde o principal objetivo é depositar a maior quantidade possível de energia no tumor, mas sempre tentando não afetar células, órgãos ou tecidos saudáveis que se encontram na direção em que os feixes de radiação irão passar. Para alcançar este objetivo são desenvolvidos e utilizados programas computacionais especializados no planejamento dos tratamentos dos pacientes. Como dados de entrada são utilizadas imagens de tomografia computadorizada do paciente com o tumor e os órgãos de risco devidamente identificados, assim como a dose de radiação prescrita pelo médico oncologista. O programa determina como saída, a forma em que deve ser feita a irradiação para maximizar a dose no tumor e minimizar nos órgãos de risco, figura 1. Todo este processo é chamado de planejamento de radioterapia.

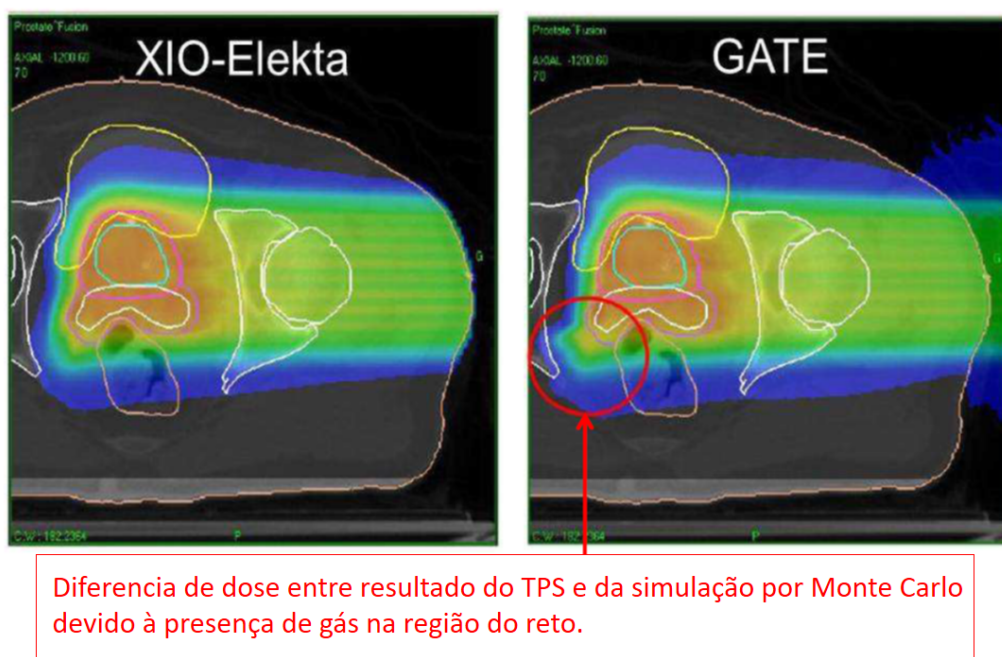
Figura 1 – Exemplo de planejamento de tratamento para Radioterapia com fótons.



Fonte: Varian Medical Systems

Para realizar os planejamentos em Radioterapia, os códigos computacionais devem resolver cálculos muito complexos em tempos pequenos, de forma que seja possível tratar um número grande de pacientes diariamente. Devido a isto muitos programas de planejamento utilizam aproximações ou equações analíticas para realizar os cálculos em tempos razoáveis. Porém muitas vezes estas aproximações podem trazer certas discrepâncias na presença de pacientes com anatomias fora do comum como pessoas obesas, ou muito magras, ou com alguma mutilação, ou com implantes metálicos (MA et al., 2000; EBERT et al., 2010). Na figura 2, é mostrado um exemplo de como as aproximações analíticas podem deixar de levar em conta zonas com alto gradiente na densidade dos tecidos.

Figura 2 – Exemplo de diferenças entre planejamento analítico e comprovação por Monte Carlo



Fonte: *Gate Training slices*

Os programas de planejamento de tratamentos devem ser capazes de determinar a energia, direção, forma do campo, distância, entre outros parâmetros de forma tal que cumpra com as restrições de doses propostas pelo médico. O trabalho de otimização é tão complexo que a solução para ser feito em tempos razoáveis é realizar aproximações e resolver o problema com equações analíticas ([BENTEL, 1996](#)).

Por esse motivo, pesquisadores e empresas estão trabalhando no desenvolvimento de ferramentas para conseguirem resultados mais exatos e precisos em tempos viáveis para o âmbito de hospitais, e para tentar alcançar esse objetivo o método de Monte Carlo está sendo difundido cada vez mais nessa área de estudo.

Com o desenvolvimento da paralelização de processos, foram realizados diversos trabalhos de pesquisa com objetivo de aumentar a velocidade de cálculo nas simulações por Monte Carlo. A computação em *grid* foi um dos primeiros intentos nesse sentido. Já em ([MAIGNE et al., 2004](#); [CAMARASU-POP et al., 2010](#); [CASARINO et al., 2015](#)) estudava técnicas para paralelização e submissão de simulações para uma *grid* de cálculo. Outra linha se concentrou na utilização de Unidades de Processamento Gráfico (*Graphics Process Unit-GPU*), para diminuir os tempos uma vez que o cálculo era executado pelos centos ou milhares de núcleos presentes nelas. Tal foram os caso dos trabalhos de ([BADAL; BADANO, 2009](#); [PRATX; XING, 2011a](#); [JIA et al., 2012](#); [JAHNKE](#)

et al., 2012; TOWNSON et al., 2013; ZIEGENHEIN et al., 2015), que adaptaram códigos computacionais de simulação do transporte de radiações para serem executados em GPUs com excelentes resultados. Porém com a aparição do serviço de computação em nuvem e seus baixos custos de manutenção comparados com os necessários para manter um *cluster* ou uma *grid* de cálculo, muitos pesquisadores investiram nesse campo. Tais foram os trabalhos de (KEYES et al., 2010; WANG et al., 2011; PRATX; XING, 2011b; POOLE et al., 2012; MIRAS et al., 2013; ZIEGENHEIN et al., 2017; LIU et al., 2017), utilizaram o *Cloud Computing* para desenvolver ferramentas e simulações baseadas em Monte Carlo.

O método de Monte Carlo é baseado na realização de um grande número de simulações individuais do transporte de radiação ionizante pela matéria, utilizando para cada caso, as probabilidades dos possíveis tipos de interações das partículas com a mesma. A partir do conjunto de todos estes resultados é possível calcular as probabilidades de trajetórias e efeitos finais como energia depositada, dose, fluxo, etc.

Nos últimos anos o nosso grupo de pesquisa na Universidade Estadual de Santa Cruz tem utilizado a simulação por Monte Carlo para realizar a estimativa de magnitudes físicas em diferentes ambientes, desde doses em pacientes de exames e procedimentos médicos, até irradiações industriais (SANTANA, 2016; OLIVEIRA, 2016; BOISET, 2016). Este conhecimento acumulado está sendo utilizado no desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para Radioterapia e Medicina Nuclear baseado em Monte Carlo.

Entre os programas utilizados por nosso grupo para simular a interação da radiação ionizante com a matéria temos o software GATE/Geant4 que se trata de um código aberto que é principalmente dedicado a simulações de âmbito médico, (JAN et al., 2004; JAN et al., 2011; SARRUT et al., 2014). Em nosso projeto mais geral, ele será responsável por simular planejamentos de radioterapia, dando a liberdade ao usuário de montar todo seu universo de simulação, e onde poderá reconstruir graficamente a geometria do paciente e inserir diferentes fontes de radiação para ter um resultado o mais próximo da realidade.

A problemática enfrentada em nosso projeto foi a dificuldade de se montar um ambiente de cálculo propício em hospitais para realizar simulações de controle de qualidade o que requerem um alto poder computacional, e no caso em que houvesse essa disponibilidade, pode ocorrer o não domínio dos conhecimentos necessários para trabalhar com estes equipamentos por parte da equipe médica ou do físico médico responsável pelo estudo dos tratamentos. Além de ter muitas outras responsabilidades e demandas de tratamentos, em geral esses profissionais não dispõem de muito tempo para adquirir todos os conhecimentos necessários para poder operar e submeter simulações em GATE/Geant4 manualmente.

Como ferramenta para solucionar essa problemática, decidimos utilizar o conceito de *Cloud Computing* ou computação em nuvem, que consiste em um armazenamento de dados e execução de plataformas que se encontram em um computador desconhecido do usuário final, e que podem ser acessado desde qualquer lugar que esteja via internet. A característica mais importante e útil desse conceito para este trabalho, é a falta da necessidade de instalação ou configuração de máquinas dos clientes, pois todo recurso e software que se faz necessário para as simulações e análise dos resultados estão previamente instalados na máquina servidor, que se encarrega assim de todo o custo computacional. Adicionalmente estamos propondo a interação do usuário com o sistema de controle de qualidade através de uma interface bem amigável e intuitiva que faça totalmente transparente para o cliente todas as camadas e processos necessários para configurar e realizar as simulações. Desta forma o usuário somente teria que definir os dados de entrada, submeter simulação e, esperar pelos resultados dos cálculos que estariam sendo realizados no servidor. Uma vez finalizados os resultados e diferentes tipos de análises estariam disponíveis para o cliente visualizar online ou baixar diretamente para seu PC ou dispositivo móvel. Todas estas opções conformariam um Sistema WEB, com controle de acesso via Login/senha, assim como com uma base de dados que permita guardar todas as simulações e análises realizadas pelos clientes. O sistema WEB proposto neste trabalho para a submissão, monitoramento e análise de simulações por Monte Carlo com aplicações na Radioterapia, será a base para a implementação de muitos outros sistemas WEB com aplicações em Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear, Braquiterapia.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é explorar o conceito de Computação em Nuvem para realizar simulações computacionais utilizando o código GATE/Geant4 com aplicação num sistema de controle de qualidade para Radioterapia. Para isto será desenvolvido um Sistema WEB para a criação, execução e monitoramento de simulações por Monte Carlo de aceleradores médicos para estimar a dose recebidas na Radioterapia.

1.2 Objetivos específicos

- a) Estudar o código de simulação GATE/Geant4 para realizar simulações de validação do sistema WEB e simulações de aceleradores médicos de radioterapia;
- b) Estudar e planejar as estruturas, requisitos e linguagens para desenvolver o sistema WEB;

- c) Criar interfaces gráficas para criar, enviar, monitorar, cancelar ou receber as simulações e exibir seus resultados;
- d) Criar metodologia para instalação e configuração de todos os códigos e programas necessários no servidor.
- e) Criar estrutura de diretórios e no servidor capaz de suportar todos os usuários e simulações submetidas.
- f) Modelar o controle da execução das simulações e dos comandos do usuário no cluster;
- g) Projetar e criar base de dados;
- h) Testar e validar todo o sistema;

1.3 Estrutura do Trabalho

A dissertação está organizada da seguinte maneira: (i) Introdução; (ii) Fundamentos teóricos; (iii) Métodos e discussão de resultados; (iv) Considerações finais. No capítulo 2 é descrito todo o conteúdo base do projeto, é informado todos as ferramentas e conceitos fundamentais para entendimento do que foi realizado.

O capítulo 3 aborda as características de hardwares e softwares utilizados, a descrição de todo o sistema bem como suas duas principais estruturas que são a cliente e servidor. Além disso é apresentado também todos os tipos de simulações que são oferecidas pelo sistema.

No capítulo 4 obtemos todos os resultados de testes e validações para aprovação do sistema, além disso possui as análises dos resultados que estão dispostos em gráficos. Temos todas as tomadas de testes levando em consideração tempo, recursos e disponibilidade das CPUs. Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões da pesquisa além de apresentar os trabalhos futuros que poderão ser desenvolvidos.

2 Fundamentos Teóricos

Este capítulo é constituído de todo o conteúdo básico e necessário para que o leitor compreenda todos os conteúdos apresentados nos próximos capítulos.

2.1 Softwares e ferramentas

Para poder ter base no sistema foi necessário utilizar certos softwares que pudessem realizar as simulações manualmente, como MMC, Gate, Geant4 e ROOT. A partir do momento que estes estejam em pleno funcionamento é possível posteriormente aplicar a parte WEB por cima para se utilizar desse recurso.

Começando pelo método Monte Carlo, ele é um método estatístico que se baseia em uma grande quantidade de amostragens aleatórias para se chegar em resultados próximos dos reais. Ele permite que você faça testes com variáveis um número suficientemente grande de vezes para ter, com mais precisão, a chance de algum resultado acontecer. É considerado um método essencialmente simples na sua abordagem para solucionar um sistema macroscópico e a solução é determinada pela amostragem das interações microscópicas até que o resultado convirja. O MMC pode ser utilizado para simular eventos em vários segmentos como ciência social, crescimento populacional, finanças, genética, ciências das radiações, radioterapia e transporte de partículas. Na medida que as interações microscópicas podem ser modeladas matematicamente, soluções repetitivas podem ser executadas por um computador e apesar desse método preceder a concepção do computador, utilizá-los em conjunto pode determinar a solução de um problema de forma mais rápida. ([BIELAJEW, 2001](#)).

Já para a aplicação do método utiliza-se o GATE que é uma interface com capacidade para modelagem fenômenos dependentes do tempo, como movimentos de detectores, decaimento de fontes, permitindo assim, simulação de curvas de tempo sob condições realistas. O GATE foi desenvolvido no âmbito colaborativo (*OpenGate Collaboration*) com o objetivo de disponibilizar à comunidade acadêmica um software gratuito, de uso geral, que fosse capaz de realizar simulações baseada na plataforma GEANT4 para tomografia por emissão. A forma de colaboração inclui, melhorar, documentar, e testar o GATE exaustivamente como os principais sistemas de imagens comercialmente disponíveis e, atualmente conta com a participação de vinte e um laboratórios completamente dedicados ao projeto ([JAN et al., 2011](#); [SARRUT et al., 2014](#)). Já o Geant4 é uma plataforma *OpenSource* mantida sob modelo de colaboração, distribuída gratuitamente pelo CERN (*European Organization for Nuclear Research*). Com essa plataforma é possível a construção de modelos geométricos tridimensionais, possibilitando ao profissional ou

pesquisador modelar suas simulações de forma realística. Atende inúmeras áreas como a física nuclear, biologia molecular, medicina nuclear e transportes de partícula em geral, seja um simples objeto ou modelo baseado em fantasmas com características mais parecidas com a anatomia do corpo humano. Ele é composto por um grande conjunto de modelos físicos para lidar com interações das partículas com a matéria através de ampla gama de energia.(CERN, 2017). O GATE combina essas vantagens do Geant4 através de centenas de classes C++ implementadas na camada de núcleo (*Core layer*) que em sua forma organizacional está próximo do kernel. (JAN et al., 2004).

E para que seja gerado os gráficos de análise é usado o ROOT, que é um programa orientado a objetos e uma biblioteca desenvolvida pelo CERN *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*. Originalmente foi projetado para análise de dados de física de partículas e contém vários recursos específicos para este campo, mas também é usado em outras aplicações, como astronomia e mineração de dados.

E por fim para conseguir automatizar o processo utilizamos os softwares competentes para fazer o sistema montar toda a sua simulação de forma que receba de entrada apenas as configurações mais importantes e gere todo os resultados resultantes. Para isso utilizou o servidor web Apache que é o mais utilizado no mundo e é o responsável por mais de uma dezena de projetos envolvendo tecnologias de transmissão via web, processamento de dados e execução de aplicativos distribuídos. O servidor é compatível com o protocolo HTTP versão 1.1. Suas funcionalidades são mantidas através de uma estrutura de módulos, permitindo inclusive que o usuário escreva seus próprios módulos — utilizando a API do *software*. É disponibilizado em versões para os sistemas Windows, Novell Netware, OS/2 e diversos outros do padrão POSIX (Unix, Linux, FreeBSD, etc.).

Já para conseguir utilizar as linguagens de programação era necessário usar o NetBeans que é um ambiente de desenvolvimento integrado gratuito e de código aberto para desenvolvedores de software nas linguagens Java, C, C++, PHP, Groovy, Ruby, entre outras. O IDE é executado em muitas plataformas, como Windows, Linux, Solaris e MacOS. O NetBeans IDE oferece aos desenvolvedores ferramentas necessárias para criar aplicativos profissionais de desktop, empresariais, WEB e móveis multiplataformas. Mais o MySQL, na qual se trata de um banco de dados relacional, desenvolvido para plataformas Linux, OS/2, Windows, é um servidor multiusuário, multitarefa, compatível com o padrão SQL (*Structured Query Language*/ Linguagem de Consulta estruturada), linguagem essa amplamente utilizada para manipulação de dados em Banco de dados Relacionais, sendo considerada, uma ferramenta de manipulação de base de dados de tamanho moderado. As principais características que destacam MySQL são: seu suporte as instruções SQL; sua natureza de distribuição gratuita; facilidade de integração com servidor Web e linguagens de programação de desenvolvimento de sites dinâmicos,

especialmente a linguagem PHP. E por fim o PhpMyAdmin para conseguir administrar mais facilmente o MySQL pela internet, ele é um aplicativo web livre e de código aberto desenvolvido em PHP. Com ele é possível criar e remover bases de dados, criar, remover e alterar tabelas, inserir, remover e editar campos, executar códigos SQL e manipular campos chaves. O phpMyAdmin é muito utilizado por programadores web que muitas vezes necessitam manipular bases de dados. Normalmente, o phpMyAdmin é tratado como uma ferramenta obrigatória em quase todas as hospedagens da web.

2.2 Linguagens e Frameworks

Todas as linguagens utilizadas foram escolhidas de acordo com a necessidade no momento de desenvolvimento do sistema. Para comunicação do servidor, para gerar conteúdo dinâmico e utilizar funcionalidade de linha de comando, que é exatamente o que propõe o PHP, ele é uma linguagem interpretada livre e que figura entre as primeiras linguagens passíveis de inserção em documentos HTML, dispensando em muitos casos o uso de arquivos externos para eventuais processamentos de dados. O código é interpretado no lado do servidor pelo módulo PHP, que também gera a página web a ser visualizada no lado do cliente. A linguagem evoluiu, passou a oferecer funcionalidades em linha de comando, e além disso, ganhou características adicionais, que possibilitaram usos adicionais do PHP, não relacionados a web sites. É possível instalar o PHP na maioria dos sistemas operacionais, gratuitamente.

Como complemento para que scripts possam ser executados no lado cliente sem interferência do servidor foi utilizado o Javascript, ele é uma linguagem interpretada na qual, foi originalmente implementado para essa função anteriormente citada e para mais controle do navegador, realiar comunicação assíncrona e alterar o conteúdo do documento a ser exibido na WEB.

Para as partes gráficas do sistema foi utilizado HTML e Bootstrap, ambos são utilizados para projetar sites e aplicativos WEB. O HTML é uma linguagem de marcação utilizada na construção de páginas na Web. Documentos HTML podem ser interpretados por navegadores. HyTime é um padrão para a representação estruturada de hipermídia e conteúdo baseado em tempo. Um documento é visto como um conjunto de eventos concorrentes dependentes de tempo (como áudio, vídeo, etc.), conectados por hiperligações. O padrão é independente de outros padrões de processamento de texto em geral. SGML é um padrão de formatação de textos. Não foi desenvolvido para hipertexto, mas tornou-se conveniente para transformar documentos em hiper-objetos e para descrever as ligações. Já o Bootstrap é uma estrutura WEB de *front-end* livre e de código aberto, e contém modelos de design baseados em HTML e CSS para tipografia, formas, botões, navegação e outros componentes de interface, bem como extensões

de JavaScript opcionais. Ao contrário de muitos *frameworks* da WEB, ele se preocupa apenas com o desenvolvimento de *front-end*.

Para que o servidor consiga se comunicar com os softwares instalados e realizar um contato direto com o sistema operacional Linux, foi utilizado a linguagem Shell Script. Ela é uma linguagem de script usada em vários sistemas operacionais, com diferentes dialetos, dependendo do interpretador de comandos utilizado. Um exemplo de interpretador de comandos é o bash, usado na grande maioria das distribuições GNU. Antes de saber o que é um script em shell, é importante saber o que é um Shell. Na linha de comandos de um shell, podemos utilizar diversos comandos um após o outro, ou mesmo combiná-los numa mesma linha. Se houver diversas linhas de comandos em um arquivo texto simples, teremos em mãos um Shell Script, ou um script em shell, já que Script é uma descrição geral de qualquer programa escrito em linguagem interpretada.

E por fim para comunicar com o banco de dados MySQL, utiliza-se a linguagem SQL, ela é a linguagem de pesquisa declarativa padrão para banco de dados relacional (base de dados relacional). Muitas das características originais do SQL foram inspiradas na álgebra relacional. Isto decorre da sua simplicidade e facilidade de uso. Ela se diferencia de outras linguagens de consulta a banco de dados no sentido em que uma consulta SQL especifica a forma do resultado e não o caminho para chegar a ele.

2.3 Conceitos e tipos de extensões

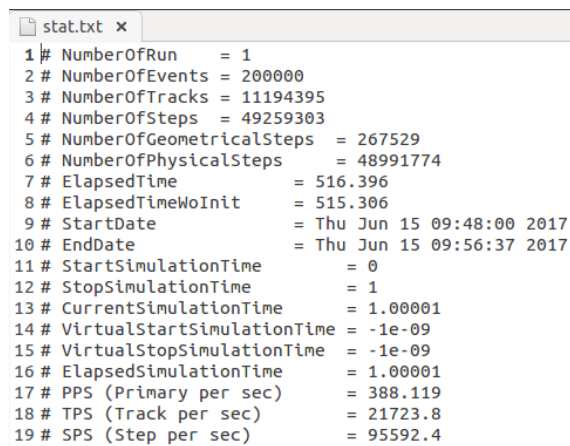
Abaixo estão relacionados todos os conceitos e tipos de extensões que são de extrema necessidade de compreensão, para que o decorrer do projeto seja compreensível de que forma foi realizado.

- a) **Cloud Computing** – seu conceito se refere a utilização de memória e da capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da internet. O armazenamento de dados é realizado de modo que possa ser acessado de qualquer lugar e qualquer hora, além disso não há necessidade de nenhum tipo instalação, configuração ou processamento na máquina cliente. Existem várias tipologias de computação em nuvem, no caso do nosso projeto é utilizado o tipo EaaS(*Everything as a Service*), em que se utiliza infraestrutura, softwares e processamento como um serviço.
- b) **Variáveis temporais no arquivo `set_env.sh`** – esse arquivo tem por objetivo identificar as variáveis de ambiente para que o ROOT, GATE e GEANT4 possam encontrar seu caminho de diretório, ou seja, esses softwares podem ser instalados no sistema operacional de forma que eles possam ser instalados juntamente com outras versões, dessa forma pode-se ter em um mesmo

computador duas ou mais versões iguais ou diferentes de GATE ou Geant4. Por conta disso, é preciso criar um script chamado `geant4.sh` para que ao início de qualquer tipo de simulação, seja necessária a chamada desse arquivo e a partir daquele momento todos os softwares essenciais já sabem onde se encontram o seu caminho do executável e das bibliotecas.

- c) **Arquivo `stat.txt`** – Este arquivo é o responsável por armazenar todos os tipos de informações sobre a execução de uma simulação, ele é gerado logo após o início de uma simulação e é atualizado a cada certo período que é definido pelo usuário. Abaixo temos um exemplo do conteúdo desse arquivo:

Figura 3 – Estrutura de Diretórios no Servidor



```

1 # NumberOfRun      = 1
2 # NumberOfEvents   = 200000
3 # NumberOfTracks    = 11194395
4 # NumberOfSteps     = 49259303
5 # NumberOfGeometricalSteps = 267529
6 # NumberOfPhysicalSteps = 48991774
7 # ElapsedTime       = 516.396
8 # ElapsedTimeWoInit = 515.306
9 # StartDate         = Thu Jun 15 09:48:00 2017
10 # EndDate           = Thu Jun 15 09:56:37 2017
11 # StartSimulationTime = 0
12 # StopSimulationTime  = 1
13 # CurrentSimulationTime = 1.00001
14 # VirtualStartSimulationTime = -1e-09
15 # VirtualStopSimulationTime = -1e-09
16 # ElapsedSimulationTime = 1.00001
17 # PPS (Primary per sec) = 388.119
18 # TPS (Track per sec)   = 21723.8
19 # SPS (Step per sec)    = 95592.4
  
```

Fonte: Própria

É possível perceber que no início temos a quantidade de histórias, passos, etapas físicas, vezes em que aquela simulação foi submetida. A partir da linha sete encontra-se o tempo decorrido de simulação até o dado momento, horário e data do início e fim do processo, um valor booleano que informa se a execução ainda está em andamento ou já foi finalizada, na linha treze temos o tempo decorrido de simulação até o exato momento, e ao fim tem a presença de média de tempo em segundos para cada tipo de tarefa ou etapas realizadas.

- d) **Extensão MHD e RAW** – A saída do tipo meta-imagem gera uma imagem em três dimensões destas informações, compostas por dois arquivos, um chamado de *header* ou cabeçalho, no português, (`*.mhd`) que contém as informações da imagem, como centro, posição e tamanho de pixel e o outro arquivo correspondente a imagem digital em `si(*.raw)`. (FRANZÉ, 2015)

- e) **Process IDentification (PID)** – Cada processo sendo executado no Linux está associado a um número inteiro positivo que é conhecido como PID (*Process IDentification*). Existem alguns PIDs que são especiais. Por exemplo, o PID 1 corresponde ao processo init que é o primeiro processo a ser inicializado pelo Linux. Os números de PID crescem até um valor alto e então reiniciam. Entretanto, dois processos nunca podem ter o mesmo número de ID. É responsabilidade do kernel do Linux garantir de que um novo processo obtenha seu próprio número único de ID. O diretório /proc possui a lista dos processos que estão executando no sistema.(DINIZ, 2016)
- f) **Arquivo default.conf** – É um arquivo de configuração padrão de virtual host, no seu conteúdo temos diretivas responsáveis pelo comportamento do hospedeiro. Segue exemplificação na figura abaixo .

Figura 4 – Estrutura de Diretórios no Servidor

```
<VirtualHost *:80>
    ServerAdmin admin@example.com
    ServerName example.com
    ServerAlias www.example.com
    DocumentRoot /var/www/example.com/public_html
    ErrorLog ${APACHE_LOG_DIR}/error.log
    CustomLog ${APACHE_LOG_DIR}/access.log combined
</VirtualHost>
```

Fonte: Própria

Na primeira linha temos a informação de qual porta a ser escutada, no caso a padrão para HTTP é a 80. A diretiva "ServerAdmin" recebe o email administrativo do site, a "ServerName" estabelece o domínio de base que deve corresponder à esta definição de virtual host. Este provavelmente será o seu domínio. A segunda, chamada "ServerAlias", define outros nomes que devem corresponder como se fossem o nome de base. Isto é útil para a correspondência de hosts que você definiu, como www.

Em "DocumentRoot" deve-se inserir a localização do documento raiz deste novo domínio, e nas últimas diretivas temos o caminho do diretório onde o log de erro é gravado e futuramente pode ser acessado pelo usuário master.

- g) **Message-Digest algorithm 5 (MD5)** – é uma função de dispersão criptográfica de 128 bits unidirecional desenvolvido pela RSA Data Security, Inc., e muito utilizado por softwares com protocolo ponto-a-ponto (P2P, ou Peer-to-Peer, em inglês) na verificação de integridade de arquivos e *logins*. A linguagem PHP dá pleno suporte a esse tipo de função, e o sistema WEB utiliza a todo momento essa função de dispersão para lidar com as senhas dos próprios usuários. Por ser um algoritmo unidirecional, uma *hash* MD5

não pode ser transformada novamente na senha que lhe deu origem. O método de verificação é, então, feito pela comparação das duas *hash* (uma da senha original confiável e outra da senha recebida). O MD5 não deve ser confundido com criptografia, a encriptação é um serviço de mão dupla que você usa sempre que precisa armazenar com segurança uma informação, mas precisa recuperá-la mais tarde através de uma chave simétrica ou privada. Já o *hash*, é comumente utilizado quando você necessita comparar informações.

- h) **Arquivo Geant4.sh** – esse arquivo tem por objetivo identificar as variáveis de ambiente para que o ROOT, o GATE e o GEANT4 possam encontrar seu caminho de diretório, ou seja, esses softwares podem ser instalados no sistema operacional de forma que seja possível ter no mesmo computador simultaneamente versões distintas de GATE, GEANT4 ou ROOT. Por conta disso é preciso criar um script a qual deu-se o nome de geant4.sh para que ao início de qualquer tipo de simulação eu chame esse arquivo e a partir daquele momento todos os softwares necessários já sabem onde se encontra o seu caminho de diretório executável.

3 Métodos e Discussão dos Resultados

Neste capítulo são descritos os aspectos principais e procedimentos adotados para conseguir submeter , gerenciar ou cancelar simulações via interface. Está dividido em três partes: características de hardware e software, descrição geral do sistemas WEB (incluindo banco de dados, diferentes tipos de simulações, interface clientes e descrição do servidor) e testes e validações do sistema. Os scripts e códigos criados ou gerados pelo sistema que são mencionados neste capítulo foram incluídos nos Apêndices permitindo a sua utilização em outros trabalhos.

3.1 Características de *hardware* e *software*

É muito importante definir as configurações de *hardware* e *software*, pois isso define como a simulação será processada e como o servidor irá responder os clientes que a todo momento podem submeter requisições. Lembrando que, como utilizamos o conceito *Cloud Computing*, no lado do cliente podemos ter qualquer tipo de equipamento desde de que tal tenha acesso à internet, já para a estrutura servidor são apresentadas abaixo as características do equipamento utilizado neste trabalho, nesse caso usamos um computador pessoal para essa versão do sistema como teste, mas o mesmo projeto pode ser facilmente transferido para um cluster com maior capacidade.

Tabela 1 – Configurações disponíveis.

Computador Pes- soal 1	Computador Pes- soal 2	Smartphone Pes- soal
Processador Intel Core i7-5500U ,clock de 2.40GHz, 4 núcleos físicos, memoria RAM de 8 GB ddr3, capacidade de armazenamento de 1TB, sistema operacional Ubuntu 14 de 64 bits	Processador Intel i5 5200U , Dual Core 2.2 GHz , memoria RAM de 8 GB ddr3, capacidade de armazenamento de 1TB, sistema operacional Windows 10 de 64 bits	Aparelho modelo SM-G935F,Processador octa-core, Sistema operacional Android 6.0, 2,30 GHz , memória ram de 4 GB

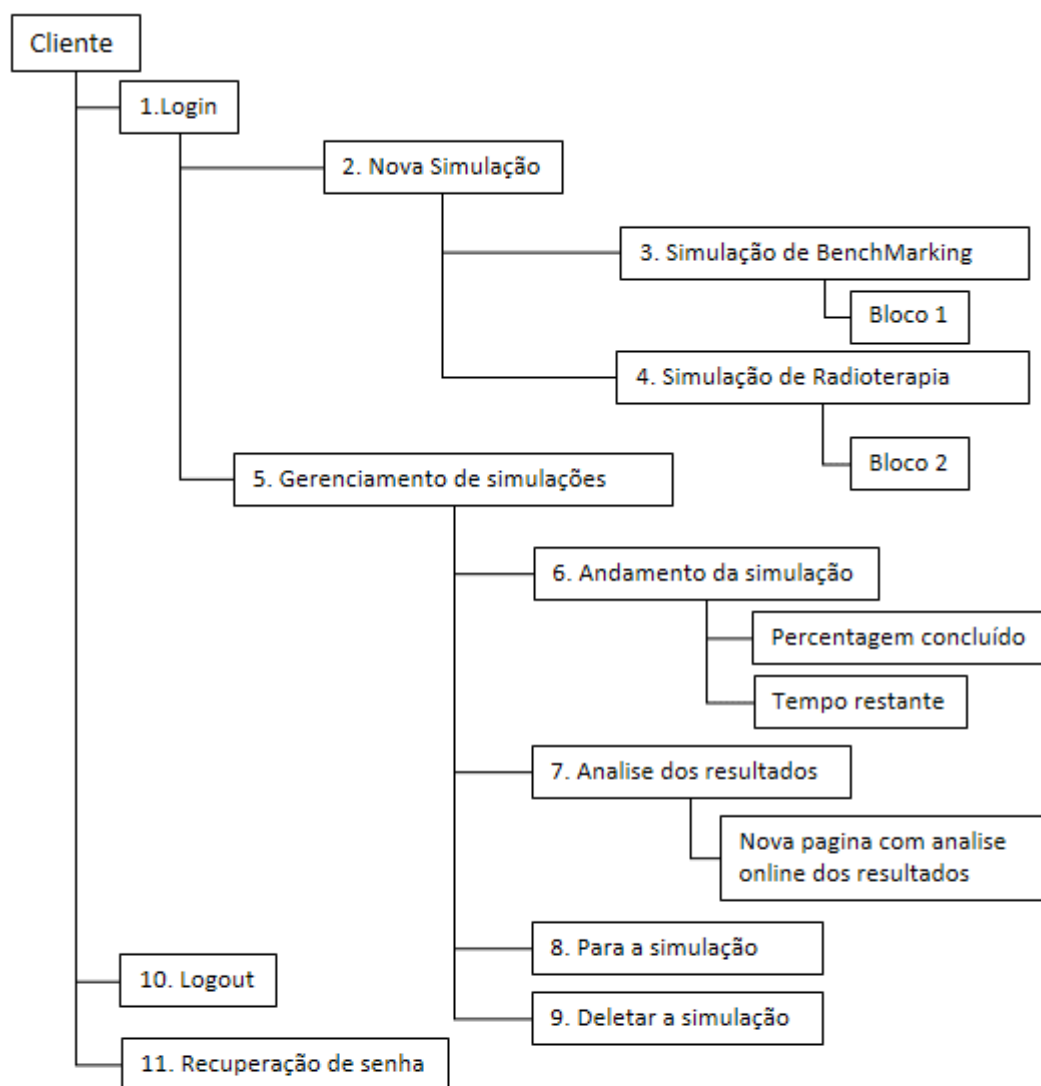
Fonte: Autoria própria.

3.2 Descrição geral do sistema WEB

Na figura 5 e 6, é apresentado os diagramas em blocos do sistema WEB. O mesmo é dividido em uma parte cliente e outra servidor. Do lado cliente possuímos opções de *login* no sistema, *logout*, cadastro de novo usuário e recuperação de senha, para acessar qualquer dado do sistema é obrigatório que o cliente esteja autenticado, quando esta situação acontece o usuário poderá solicitar uma nova simulação podendo ser ela do tipo *Benchmarking* (Avaliação Comparativa) ou de Radioterapia, e poderá gerenciar as suas próprias simulações. No âmbito de gerenciar as simulações, é possível acompanhar o andamento da simulação para saber seu status e previsão de encerramento, além de obter análise dos resultados parciais ou definitivos. Para quando for necessário também, é possível abortar a simulação ou excluí-la da base de dados.

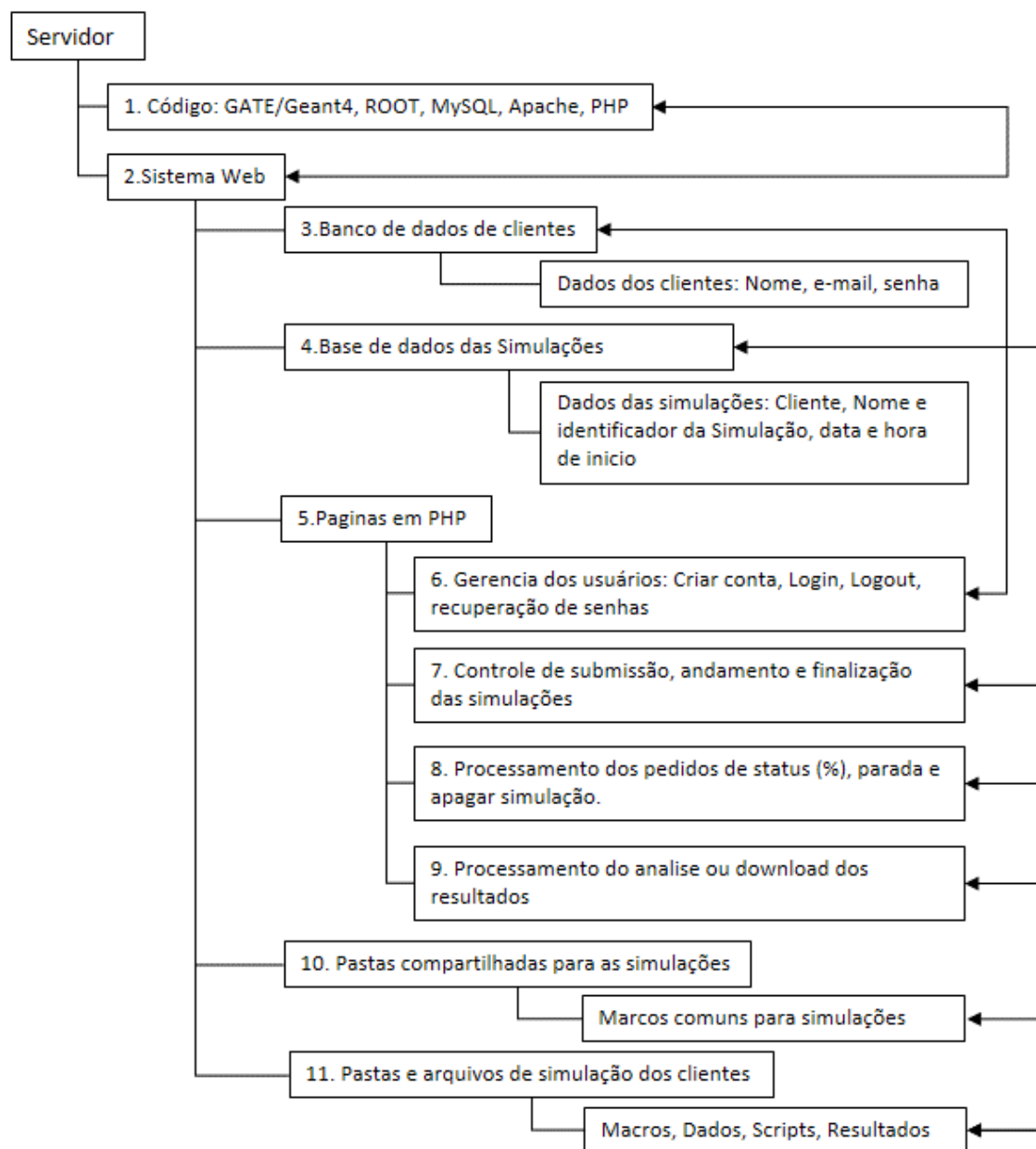
Já a estrutura servidor se baseia primeiramente nos softwares e serviços imprescindíveis para criação e execução do sistema, posteriormente temos as divisões da parte de armazenamento das informações no banco de dados dos clientes e das simulações, temos as páginas PHP que são as responsáveis por gerenciar os usuários cadastrados ou criar novos, controlar as simulações que já foram submetidas informando a situação de cada uma, processar os pedidos de cancelamento, eliminação do banco e geração de arquivos de resultado para análise. Além disso, a estrutura de diretórios no servidor constitui de uma divisão de arquivos públicos que são de uso compartilhado para todos os usuários e arquivos privados distintos, estes são gerados a partir das características de cada simulação e são armazenadas nas pastas individuais do cliente que a submete.

Figura 5 – Processos e estrutura no lado Cliente



Fonte: Própria

Figura 6 – Processos e estrutura no lado Servidor



Fonte: Própria

3.3 Descrição Cliente

Fazendo uma descrição mais detalhada, no lado cliente possuímos uma estrutura de *login* (Apêndice B), na qual o acesso a plataforma só é permitido se o usuário for cadastrado no sistema, além disso, temos o usuário comum com privilégios restritos a

apenas escolher o tipo de simulação que deseja realizar, gerenciar ou cancelar suas próprias simulações. Já o usuário administrador possui amplos privilégios como, gerenciar todas as simulações em andamento ou não, e poderá intervir na execução de qualquer uma delas ou excluir informações da base de dados, caso seja necessário. Há também a possibilidade do usuário realizar *logout* (figura 5- item 10), que representa sair da sua conta no sistema e visualizá-lo como visitante. Para quando o usuário esquecer sua senha, esta implementado esta opção de resgate (figura 5 - item 11) , quando o usuário solicitar a recuperação da sua senha, ele deverá informar seu email, caso o sistema valide o endereço eletrônico ele envia um email com um link ativo durante 24 horas, o cliente deve abrir esse link e ao ser redirecionado deverá informar uma nova senha e poderá refazer o *login* a qualquer momento com a senha nova.

No bloco da figura 5- item 2, temos a escolha do tipo de simulação, podendo ser ela BenchMarking ou Radioterapia, em resumo elas recebem tipos de parâmetros diferentes, enquanto a Benchmarks procura validar ou testar o sistema com qualquer tipo de entrada, a simulação do tipo Radioterapia vai executar e gerar validação de tratamento. Essas simulações estão explanadas na seção 3.4.

Seguindo para a figura 5- item 5, temos a presença do gerenciamento de simulações(Apêndice D), para se chegar nesse estágio é necessária ter a presença de pelo menos uma simulação, pra que ocorra uma listagem de todas as simulações estando elas em andamento, interrompidas ou finalizadas. Debruçando-se sobre o estado de andamento da simulação (figura 6- item 6),temos informações sobre a porcentagem de conclusão até aquele dado momento e uma estimativa de tempo necessário para cem por cento da finalização de tal. Esses dados são retirados do arquivo de estatística gerado e atualizado a cada certo período pelo próprio Gate.

Em seguida temos o bloco 7 da figura 5 onde sua responsabilidade é exibir uma nova página em que dependendo da simulação escolhida, é ofertado ao usuário um gráfico de dose ou energia depositada em função da profundidade, levando em consideração o estado atual da simulação, além da disponibilidade de *download* dos resultados em imagens(jpeg, gif), ou em metadados (mhd,raw) ou em formato ROOT. Todos esses arquivos são disponibilizados e atualizados ao passo que a simulação progride, culminando na última versão, que acontece quando a simulação é finalizada ou cancelada na interface pelo usuário (Apêndice E).

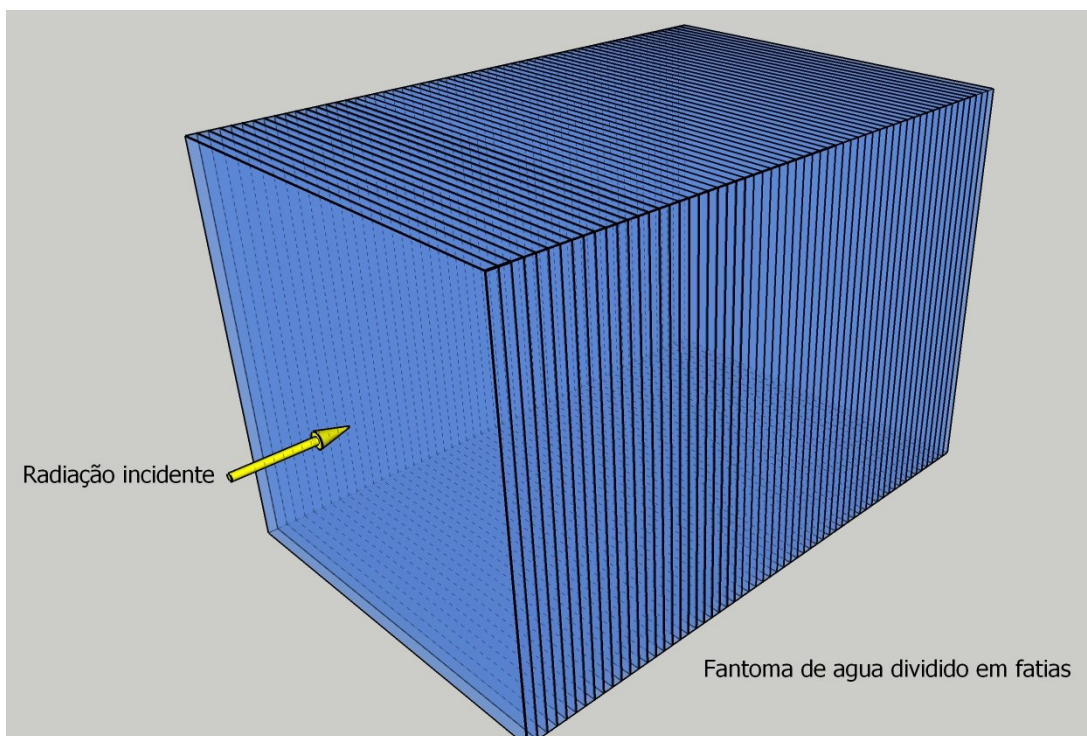
Concluindo a estrutura cliente, temos na figura 5 os pontos 8 e 9, que são conceitos divergentes, onde no ponto 8 trata-se da possibilidade de interromper a execução da simulação, tendo como pré-requisito, que a mesma esteja em curso no exato momento da solicitação em questão. Em contra partida o conceito de deletar a simulação refere-se a possibilidade que o usuário terá de retirar da base de dados as informações da simulação em questão, para que essa funcionalidade esteja disponível é necessário

que a execução já não esteja mais em andamento, ou seja, já tenha chegado ao final do número histórias ou que já tenha sido abortada num momento anterior. Com isto serão eliminados também todas as pastas e arquivos gerados para a simulação deletada.

3.4 Simulações de BenchMarks e de Radioterapia

Benchmarks são simulações de teste de transporte de radiação com o fim de avaliar o desempenho dos computadores e a correta instalação do Gate. Em nosso caso, os testes consistem num feixe de radiação incidindo num fantoma dividido em fatias, que o significado da resolução de um fantoma, este está exemplificado pela figura 7. O usuário pode escolher três tipos de feixes de radiação (gama, prótons ou íons de carbono). Como resultado é calculado o depósito de energia em cada uma das fatias para o tipo de radiação incidente. Estes resultados são previamente conhecidos e servem para conferir a exatidão do sistema WEB.

Figura 7 – Resolução



Fonte: Própria

Para este tipo de simulação, o usuário, além da escolha do elemento pode optar por modificar outros parâmetros como pode ser visto na figura 8. Entre eles temos diferentes faixas de energia para a radiação incidente. Para os prótons temos as energias de 150, 200 e 250 MeV (Mega Elétron-Volt), para íons de Carbono está disponível 2500, 3000 e 3500 MeV, e por fim o para Gama (ou fótons) as faixas de 10, 15 e 20

MeV. Temos também duas dimensões para o fantoma de água que o usuário pode usar: $40 \times 40 \times 40 \text{ cm}^3$ ou $60 \times 60 \times 40 \text{ cm}^3$, além de dois tipos de materiais: água ou PMMA(Polimetilmetacrilato). O último dado a ser passado é como o usuário deseja que seja a resolução (número de fatias), essa informação revela o nível de detalhe a qual a simulação deva ser executada. Na figura 7, pode-se observar que o fantoma está dividido em secções paralelas ao eixo z, estas fatias são as responsáveis pelas informações que dão origem aos gráficos de dose em profundidade, cada uma delas absorve uma certa quantidade de energia e esses valores são refletidos nos resultados da simulação.

Figura 8 – Interface de nova simulação de Benchmarks

The image shows a web interface for 'Radiotherapy Simulations'. At the top, there's a navigation bar with 'Página Inicial', 'Sobre', and 'Contato' links. The main heading is 'Formulário de Submissão de Benchmarks'. Below this, the form consists of several input fields and dropdown menus, each with a label above it: 'Nome da Simulação:' (text input), 'Elemento:' (dropdown menu with 'Selecione um elemento'), 'Mega eletron Volt(MeV):' (dropdown menu with 'Selecione elemento acima'), 'Volume do Fantoma:' (dropdown menu with 'Selecione um volume'), 'Material do Fantoma:' (dropdown menu with 'Selecione um material'), 'Resolução da dose:' (dropdown menu with 'Selecione uma resolução'), and 'Número de historias:' (text input). At the bottom of the form are two buttons: 'Enviar simulação' (blue) and 'Cancelar' (grey). Below the buttons, a message reads: 'Espere 10 segundos para a simulação ser submetida ao nosso cluster!'.

Fonte: Própria

O outro tipo de simulação é a de Radioterapia(Apêndice C), ela é verdadeira-mente uma simulação em que o usuário poderá escolher o ambiente total para que em

trabalhos futuros seja feita a validação do tratamento do paciente, figura 9 .

Figura 9 – Interface de nova simulação de Radioterapia

The image shows a web interface for "Radiotherapy Simulations". At the top, there is a navigation bar with the title "Radiotherapy Simulations" and three links: "Página Inicial", "Sobre", and "Contato". Below this is a section titled "Formulário de Submissão". The form contains several input fields and radio buttons:

- Nome da Simulação:** A text input field.
- Ângulo do Gantry:** A text input field with the value "De 0 a 180 graus".
- Tamanho do Campo:** A dropdown menu with the value "6x6".
- Tipo de Radiação:** Two radio buttons labeled "Elétrons" and "Prótons".
- Energia do feixe:** A dropdown menu with the value "6 MV".
- Flatering Filter:** Two radio buttons labeled "Sim" and "Não".
- Número de historias:** A text input field with the value "Mínimo de 1000".
- Geometria:** A dropdown menu with the value "cubo 40x40x40".

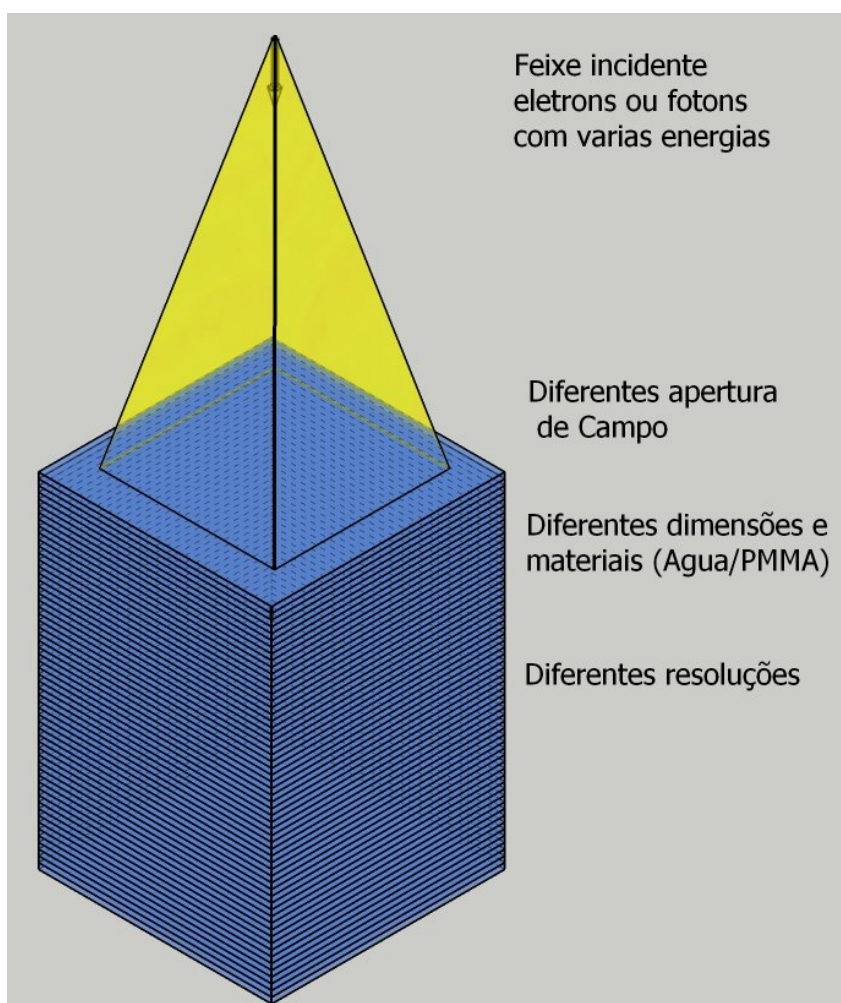
Below the form fields, there is a message: "Espere 10 segundos para a simulação ser submetida ao nosso cluster!". At the bottom, there are two buttons: "Enviar simulação" (highlighted in blue) and "Cancelar".

Fonte: Própria

Em nossa primeira versão do formulário temos a opção de ângulo do *gantry* (braço do acelerador isocêntrico) que tem valor mínimo de 0 e máximo de 180 graus, outro dado é o de tamanho do campo, ele se refere ao espaço a ser colocado no colimador,

ou seja, a partir do valor informado será determinado o tamanho da abertura do colimador na condição de isocentro, figura 10 . Posteriormente temos o tipo de radiação do feixe que, para um acelerador médico podem ser utilizados elétrons ou fótons (raios-X de Megavoltagens, ou fontes Gama). Pode ser escolhida a energia da radiação assim como o uso ou não do *Flatering Filter* que tem como função permitir que o feixe de energia seja suavizado na região central, fazendo assim com que a distribuição das doses de energia sejam mais homogêneas, no campo de escolha se pode alternar para ativar ou não essa opção de filtro. Desde o ponto de vista do GATE/Geant4, pretende-se utilizar os chamados espaços de fase, e existiria um espaço de fase específico para cada uma das combinações possíveis de tipo de radiação-energia-FF. Em nossa versão preliminar o paciente é representado por um fantoma retangular, e é comum para todas as simulações escolher o material, a dimensão, e a resolução com que a energia depositada será calculada. A precisão dos dados é controlada pelo número de historias.

Figura 10 – Resolução



Fonte: Própria

3.5 Interface Cliente de nova simulação e gerenciamento

O usuário necessita gerenciar todas suas simulações, para isso existe a interface da figura 11 abaixo para que ele possa acompanhar, interromper, excluir da base de dados ou realizar *download* de resultados parciais ou finais. Observamos uma divisão nessa tela, na parte superior temos as simulações do tipo radioterapia e na inferior as do tipo Benchmarks, em ambas é possível visualizar as informações de PID, nome da simulação, status, quando foi iniciada, seu progresso em porcentagem, estatística do tempo restante para a finalização, data e hora do término. Logo após esses dados nota-se a presença de um botão em que pode ser de nome "excluir do histórico" ou "Abortar execução", o primeiro é responsável por retirar todos os dados e arquivos da simulação escolhida tanto do banco de dados como do diretório físico dentro do servidor, já o segundo é responsável por cancelar o andamento da simulação, nesse caso a informação do PID é extremamente necessária pois quando ocorrer essa solicitação o servidor deve imediatamente matar a simulação cujo processo tem o número identificador igual ao da simulação escolhida, para essa operação ele executa o comando linux "kill num", onde a variável num refere-se ao PID do processo Gate que está em execução. É importante também informar que só é possível obter o número do PID por conta árvore de diretórios dos sistema (Figura 13), que é única para cada simulação, por tanto ao fazer uma varredura atrás do *Process IDentification* de uma específica simulação o comando linux executado tem a estrutura "pidof -s Gate /PATH/simulacoes/'ID do usuário'/'ID da simulação'/'nome da simulação'.mac".

Figura 11 – Interface de gerenciamento de Simulações

Bem-Vindo raranna!
[Sair do Sistema](#)

[Página Inicial](#)
[Sobre](#)
[Contato](#)

Lista de Simulações

PID	Nome	Status	Início	Progresso	Tempo restante (hh:mm:ss)	Término	
7280	nova	Finalizada	2017-05-12 13:59:48	100.00%	00:00:00	2017-05-12 14:04:57	Excluir do histórico
11423	nova2	Finalizada	2017-05-12 15:50:44	100.00%	00:00:00	2017-05-12 15:55:17	Excluir do histórico
0	nova14	Finalizada	2017-05-16 01:36:28	100.00%	00:00:00	2017-05-16 01:41:25	Excluir do histórico
15373	nova111	Finalizada	2017-05-16 01:40:59	100.00%	00:00:00	2017-05-16 01:46:10	Excluir do histórico

Lista de Benchmarks

PID	Nome	Status	Início	Progresso	Tempo restante (hh:mm:ss)	Término	
5852	carbono1	Em andamento	2017-06-15 09:34:42	46.39%	00:24:42		Abortar execução
6326	Proton1	Em andamento	2017-06-15 09:48:00	94.84%	00:00:26		Abortar execução

Fonte: Própria

Onde nas tabelas se encontra o nome de cada simulação, é na realidade um link para poder ver os detalhes daquela específica simulação, ao abrir essa nova página (figura 12), caso a simulação já tenha gerado o arquivo de estatísticas, aparecerá o gráfico atual de curvas de energia em profundidade e logo abaixo os links de *download* para todos os arquivos possíveis gerados para aquela simulação pelo Gate.

É preciso frisar que ambas as páginas são automaticamente atualizadas a cada 10 minutos enquanto esteja aberta na tela, ou a todo momento em que elas forem chamadas. Para saber como se dá o processamento da porcentagem, tempo, status e data de final da execução são apresentadas na seção 3.6.

Figura 12 – Interface de Resultados individuais das simulações

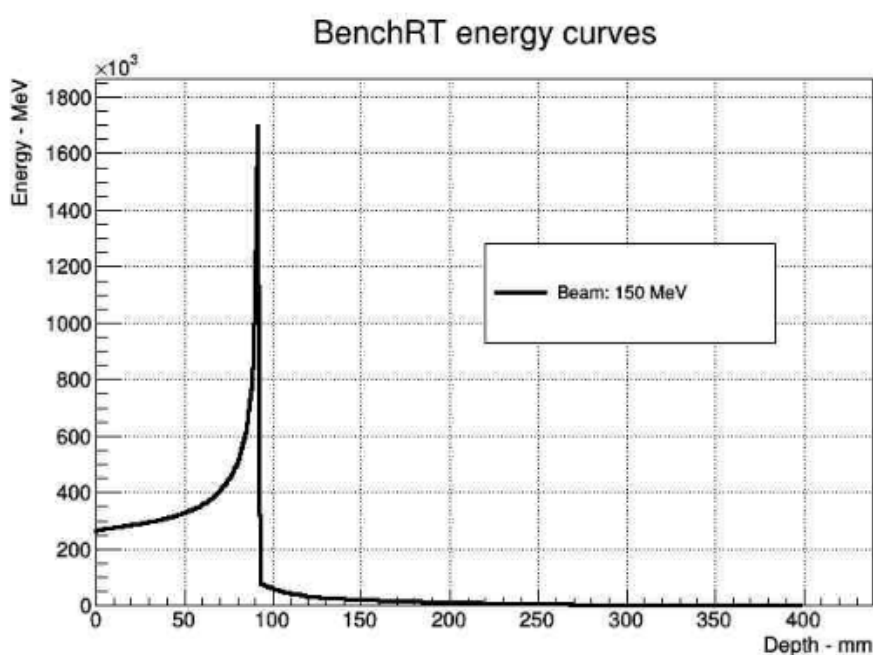
Radiotherapy Simulations

[Página Inicial](#)[Sobre](#)[Contato](#)

Bem-Vindo raranna!

[| Sair do Sistema](#)

Detalhes do Benchmark "carbono1"

[Clique AQUI para realizar o download do gráfico acima](#)[Download do arquivo .MHD](#)[Download do arquivo de Estatística](#)[Download do arquivo .RAW](#)[Download do arquivo .ROOT](#)[Retornar](#)

© RarannaCosta

Fonte: Própria

3.6 Descrição Servidor

O código servidor está sub dividido para cada função a ele cabida. Seguindo a estrutura da figura 6, começamos pelo ponto 1, onde cada uma dessas ferramentas estão detalhadas na seção 2, para iniciar qualquer tipo de programação do servidor,

era necessário primeiramente saber como funcionava os scripts do GATE/Geant4 e ROOT, portanto a primeira parte a resolver após a instalação de todas as ferramentas, foi as variáveis locais que o GATE, Geant4 e o ROOT necessitavam. Eles necessitavam dos caminhos de bibliotecas e de scripts de configuração de ambiente, por isso a todo momento que se quer submeter uma simulação ao GATE, é necessário informar para ele onde esses arquivos se encontram. Para que esse processo seja invisível ao usuário do sistema, foi construído um shell script (extensão .sh), onde lá se encontram as exportações de todas as variáveis de ambiente, quando o usuário solicita o início de uma simulação esse script é executado via PHP dando condições para o GATE, Geant4 e o ROOT serem executados indiretamente pela interface. Esse script se encontra no apêndice A. Deve-se atentar para o fim do script, na qual temos a presença do comando linux 'cd' passando parâmetros de identificação do diretório pessoal do usuário e da simulação, dessa forma podemos acessar e mudar o diretório corrente, por conta disso na próxima linha conseguimos executar a macro da simulação no Gate ao mesmo tempo que jogamos o resultado num arquivo de saída e deixamos a execução em desenvolvimento em segundo plano. Um outro detalhe para se atentar é a mudança de domínio do servidor WEB Apache, por padrão ele inicia o serviço no diretório '/var/www', acessando o arquivo de configuração do Apache mudamos o valor da variável *DocumentRoot* para " /var/www/html/bootstrap/bootstrap".

Partindo para o item 5 da Figura 6, temos as divisões das páginas em PHP responsáveis por fazer todo o controle e gerencia dos usuários além do processamento dos pedidos de simulação. Na gerencia dos usuários tem-se quatro situações diferentes, a primeira é a criação de conta, aqui o usuário informará o seu nome, email, cpf, nome da instituição, e senha. O servidor irá verificar se algum campo está vazio, posteriormente analisa, consultando a base de dados, se o email informado já está cadastrado, em caso negativo ele adiciona o novo usuário ao banco criptografando a senha informada com MD5(*Message-Digest algorithm 5*) e possuindo nível de acesso comum. Automaticamente no banco esse novo usuário já tem uma identificação(ID) única diante do sistema, após isso é criado no servidor um novo diretório que tem como nome o número de identificação respectivo a este usuário novo. No login, após o cliente informar seu nome e senha o servidor pega a senha e criptografa com MD5 e compara com a senha armazenada no banco, se ambas forem iguais, o usuário pode ser conectado ao sistema, posteriormente o servidor busca o atributo "Admin" na base de dados que informa se este usuário é um administrador do sistema, em caso afirmativo ele quebra a rota comum e redireciona esse usuário para uma página administrativa do sistema. É importante analisar que o sistema em nenhum momento, nem qualquer administrador dele possuem a senha de nenhum dos seus usuários, a todo momento o servidor trabalha com senhas criptografadas.

No logout, o servidor apenas pega a sessão ativa no momento e a destrói, dessa

forma a página é redirecionada para o login, pois qualquer atividade para ser feito no sistema exige autenticação de usuário.

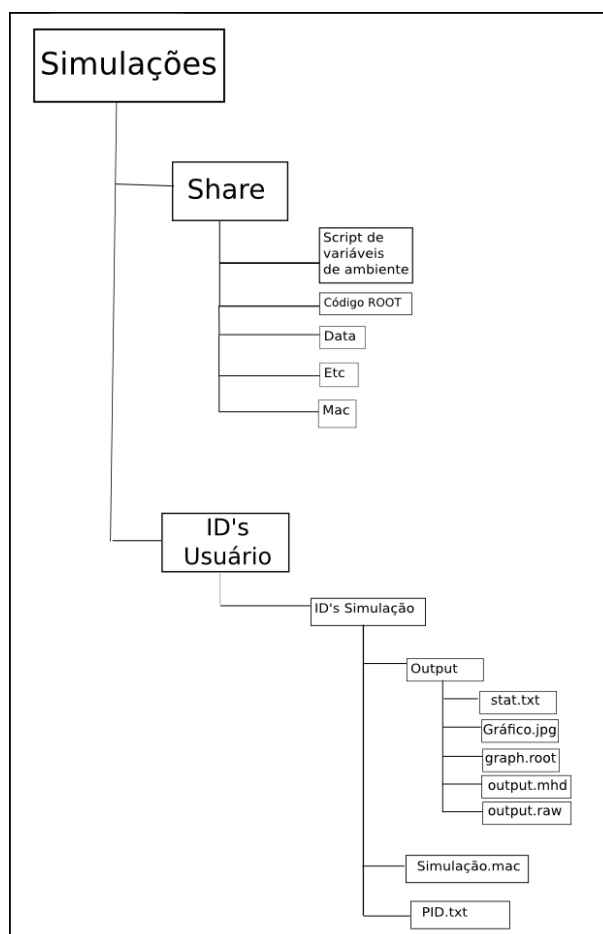
Para o serviço de recuperação de senha, assim que o usuário já se encontra na página responsável por essa função, ele deve informar o seu email, após isso o servidor verifica se realmente esse email é cadastrado na base de dados, levando sempre em consideração que os emails são únicos dentro do sistema, o servidor envia um email com um link temporário para o endereço eletrônico informado pelo cliente, dentro de um prazo de 24 horas é possível clicar no link e ser redirecionado para uma página que solicita uma nova senha.

Para controlar as simulações utiliza-se o dado de status dela, são quatro possíveis situações: iniciada, em andamento, abortada e finalizada. O status iniciada é definido para simulações na qual acabaram de começar e não geraram ainda nenhum arquivo estatístico de resultado(nesse caso o stat.txt), já o status em andamento é definido para simulações que já geraram o arquivo de saída estatístico mas ainda não atingiu o número de histórias pedidas. A diferença entre os status abortada e finalizada é que, na primeira a simulação não atingiu a quantidade de histórias pedidas e foi interrompida por algum fator externo ou pelo próprio usuário que a criou, e na segunda, a simulação teve o andamento normal e se encerrou devido ao fato de ter chegado ao valor de histórias pedidas.

No processamento da porcentagem para saber como se encontra a situação da simulação, o servidor analisa o arquivo stat.txt e pega a quantidade total de historias e quantas foram processadas até o dado momento, a partir daí pode-se fazer uma regra de três comum para ter o cálculo de porcentagem. Já para o cálculo de tempo restante também é utilizado uma regra de três, entretanto dentro do arquivo stat.txt há também um dado da quantidade de tempo levada para o processamento das historias realizadas até o momento, com essa informação é possível fazer uma indicação de quanto tempo a mais vai ser necessário para o fim daquela simulação. É necessário lembrar que esse dado é atualizado a cada 10 minutos na página de gerenciamento de simulações. O processamento de resultados, a disponibilização de downloads e a geração de gráficos resultantes é feita no momento em que o usuário pede para ver detalhes da simulação, no exato momento da solicitação o servidor pega o id da simulação e procura no diretório próprio de tal se existe o arquivo output.raw, se existe, então é possível gerar um gráfico resultante, a partir disso o servidor abre um processo ROOT que decodifica o arquivo binário e gera um gráfico de dose depositadas, ele é salvo e fica disponível para visualização e *download* em formato.jpg na página de resultados.

Com relação a árvore de diretórios do sistema, ela se organiza com exemplifica a figura 13 abaixo.

Figura 13 – Estrutura de Diretórios no Servidor



Fonte: Própria

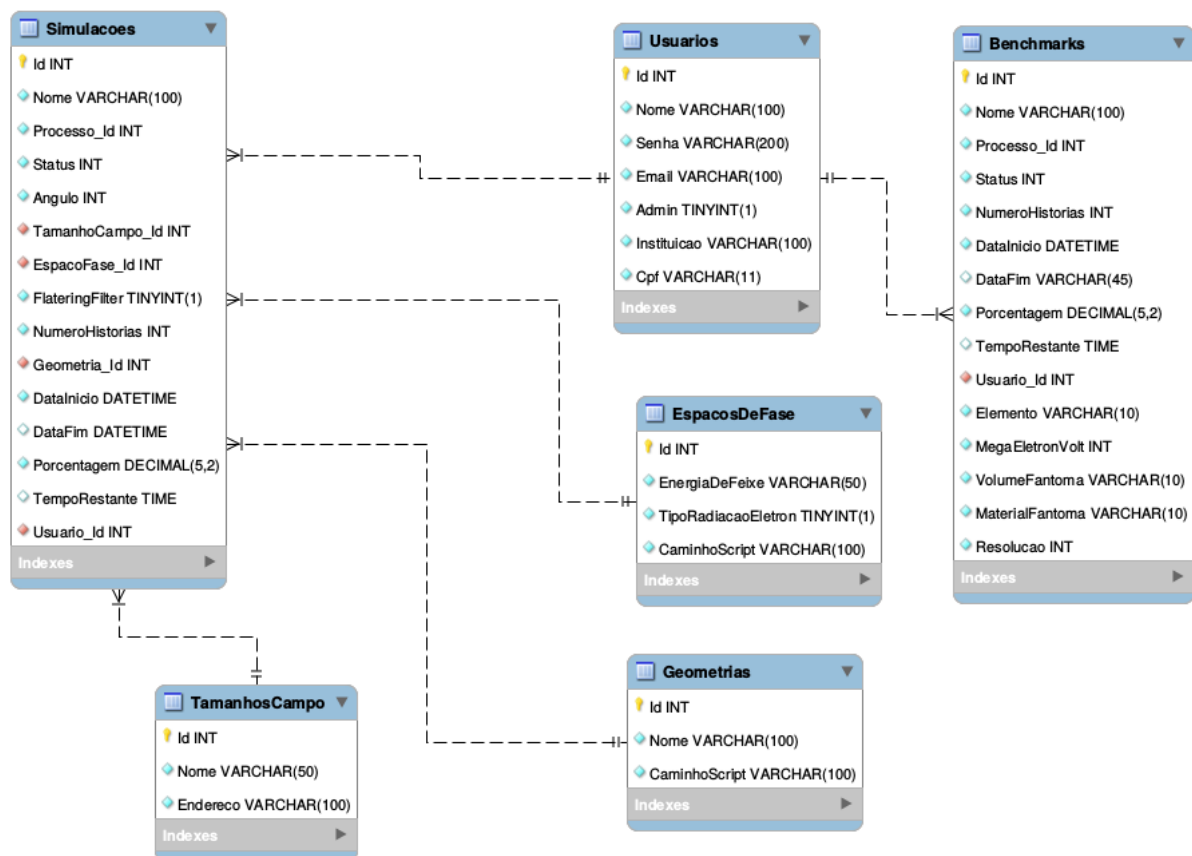
É possível verificar a presença de uma pasta compartilhada onde se encontram o script de variáveis de ambiente para o Gate, Geant4 e ROOT, o código de extensão .C para gerar gráficos no software ROOT e pastas MAC e DATA. Na pasta DATA é armazenada todas as definições de elementos a serem disponibilizados no Geant4, já na MAC se encontram os scripts principais comum a qualquer tipo de simulação onde são responsáveis pelo nível de detalhamento e de visualização.

A estrutura de diretórios dos clientes foi definida da seguinte forma, cada cliente possui um número de identificação (ID) único dentro do sistema, este número é o que dá nome as pastas pessoais de cada usuário e dentro de cada uma delas é realizado o mesmo procedimento para as simulações, ou seja, cada uma possui também um ID único e a pasta leva como nome esse valor, dessa forma cada simulação tem sua própria pasta individual. Dentro de cada diretório de simulação temos a macro "teste.mac", um arquivo texto contendo o número de identificação do processo responsável pela simulação Gate e uma pasta "output" que possui todos os arquivos relativos aos resultados das simulações, como o arquivo de estatística, os gráficos resultantes e os arquivos

binários.

Na figura 14 é mostrada a estrutura formal do banco de dados com alto nível de abstração, onde é exposto a descrição dos tipos de informações que estão sendo armazenadas e guardados nele. Abaixo temos o diagrama com as tabelas descritas com suas chaves primárias e secundárias, os tipos de cada atributo, além das cardinalidades dos relacionamentos de uma tabela para a outra.

Figura 14 – Modelo EER



Fonte: Própria

Podemos observar a presença de 6 entidades (todas possuem em comum um atributo de ID único), onde a entidade central é a usuários que armazena todas as informações pessoais e de segurança de cada cliente e protege de duplicidade de dados, os atributos email e cpf são únicos no sistema para que seja possível garantir unicidade dentro do sistema.

Na entidade Benchmarking temos todos os dados de simulações desse tipo que foram informados via interface pelo usuário, além disso temos atributos responsáveis pelo controle de tempo de simulação, que são DataInicio, DataFim, Porcentagem e TempoRestante. E o atributo Processo_Id que guarda um valor inteiro que em momento

de execução é um identificador único de processo no sistema Linux. Além disso, a entidade possui uma chave estrangeira que carrega o id do usuário responsável pela submissão daquela específica simulação.

Próxima entidade é a de nome Simulações, ela possui uma estrutura muito semelhante da entidade Benchmarking, a mais expressiva diferença é a presença de mais 3 chaves estrangeiras, que são os identificadores de espaços de fase, geometrias e tamanhos de campo. Resta 3 entidades cuja características são equivalentes, são elas, espaços de fase, geometria e tamanhos de campo, todas elas possuem um ID único, nome e um atributo do tipo string que armazena o caminho do script daquele objeto escolhido.

4 Teste e validação do sistema

O código Gate consta com diversos arquivos de simulação para testes e validação de processos físicos. A execução destas simulações é utilizada para comprovar que a instalação e utilização das bibliotecas e dados nucleares estão instaladas e executadas corretamente.

Para simulações relacionadas com radioterapia, o Gate consta com três tipos de simulações para Benchmarking. Estas representam a interação de feixes de gama, próton e carbono, entrando num cubo de água, Figura 7. Devido as diferenças entre os processos de interação destas três radiações com a água, a deposição de energia ou dose, é diferente para cada caso (como descrito no Capítulo 2). Os resultados esperados são amplamente conhecidos e tabulados, e são utilizados para testar a exatidão das simulações.

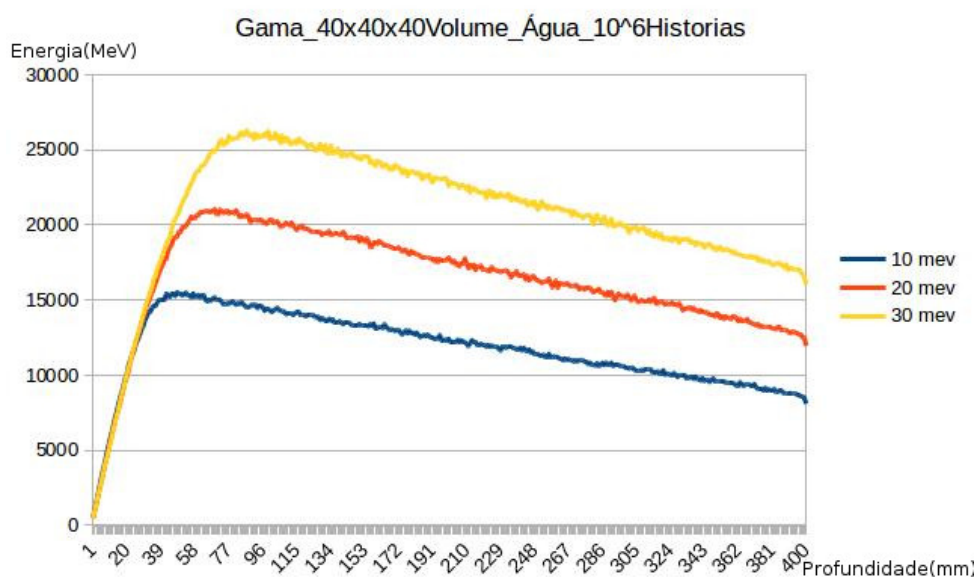
Em nosso caso como explicado em materiais e metodologia, o nosso sistema possui uma implementação para que cada usuário possa realizar estas simulações de validação. O objetivo detrás disto é que cada cliente possa comprovar o correto funcionamento de todo o sistema, assim como, se está retornando os resultados das simulações corretamente. Por outro lado a execução destas simulações padrões pode ser utilizada também para avaliar o desempenho do sistema em diferentes servidores, já que ficam sempre registrados a data de início, final e tempo de simulação.

Nessa primeira etapa de validação, o sistema realizou trinta e seis simulações de validação diferentes, sendo que cada uma delas é uma combinação única de um elemento (próton, gama ou carbono), mais a quantidade de energia que varia de acordo com o elemento escolhido, para próton temos as energias de 150, 200 ou 250 MeV, para gama 10, 15 ou 20 MeV e para carbono se pode obter 2500, 3000 ou 3500 MeV. Além disso, ainda faz parte dos itens a serem escolhidos o material do fantoma, podendo ser de água ou PMMA, e seu respectivo volume de $40 \times 40 \times 40 \text{ cm}^3$ ou de $60 \times 60 \times 40 \text{ cm}^3$.

Para todas as simulações de validações do sistema foram usados em comum a resolução da dose a ser captada de 1mm e a quantidade de histórias foi planejada para que todas as simulações tivessem tempo de execução próximos. Dessa maneira ficou distribuído da seguinte maneira, as simulações com elemento gama tiveram 10^6 histórias, com próton 3×10^5 e para carbono ficaram com 5×10^3 histórias. Abaixo se encontram as análises dos resultados das simulações executadas dispostas em gráficos comparativos agrupados pela energia do feixe.

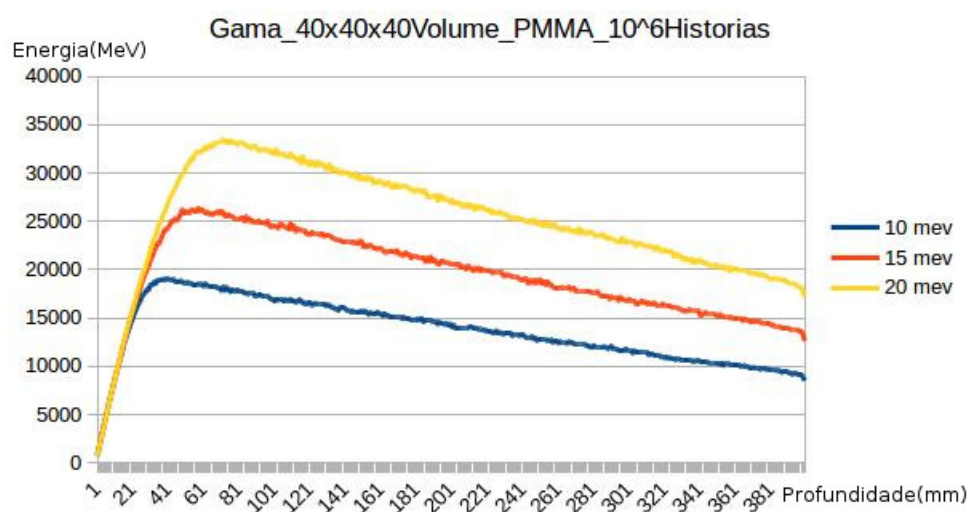
Gama: É possível perceber que antes de 100 mm de profundidade o pico de energia já foi alcançado e a partir daí se tem uma queda suave. Ao se analisar a comparação com os diferentes materiais nota-se que as simulações de PMMA alcançam picos de energia um pouco mais altos do que a água. Diante disso, nota-se a alta capacidade de penetração do raio gama, validando assim os gráficos abaixo.

Figura 15 – Feixe de gama com fatoma de água de 40x40x40



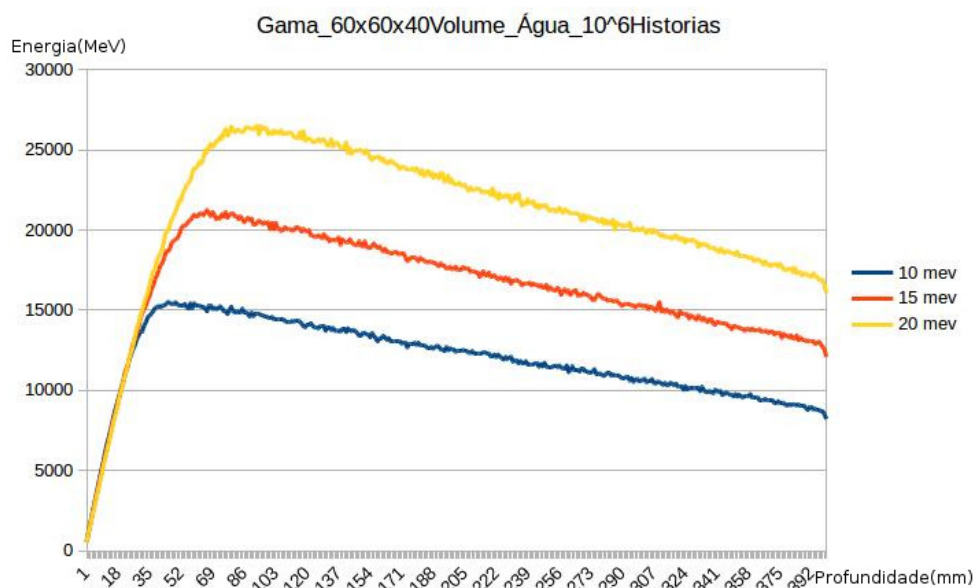
Fonte: Própria

Figura 16 – Feixe de gama com fatoma de PMMA de 40x40x40



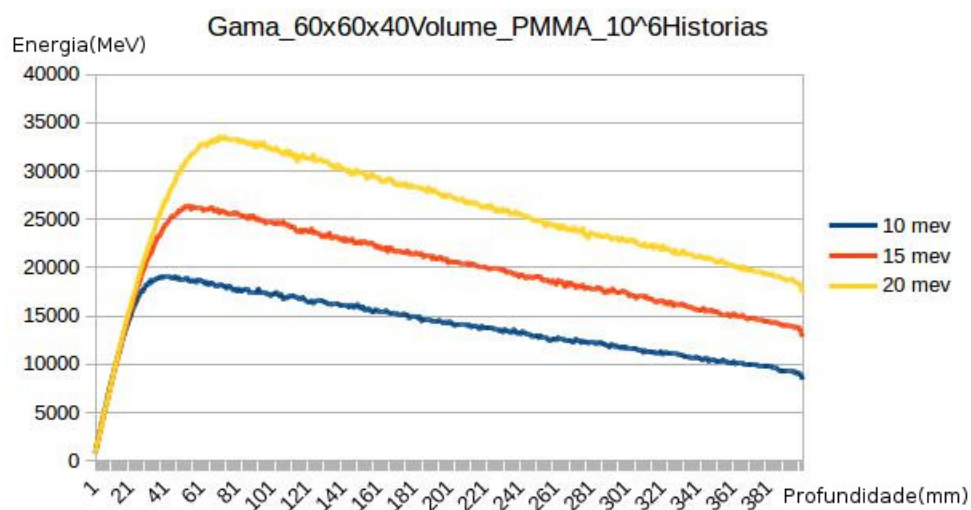
Fonte: Própria

Figura 17 – Feixe de gama com fatoma de água de 60x60x40



Fonte: Própria

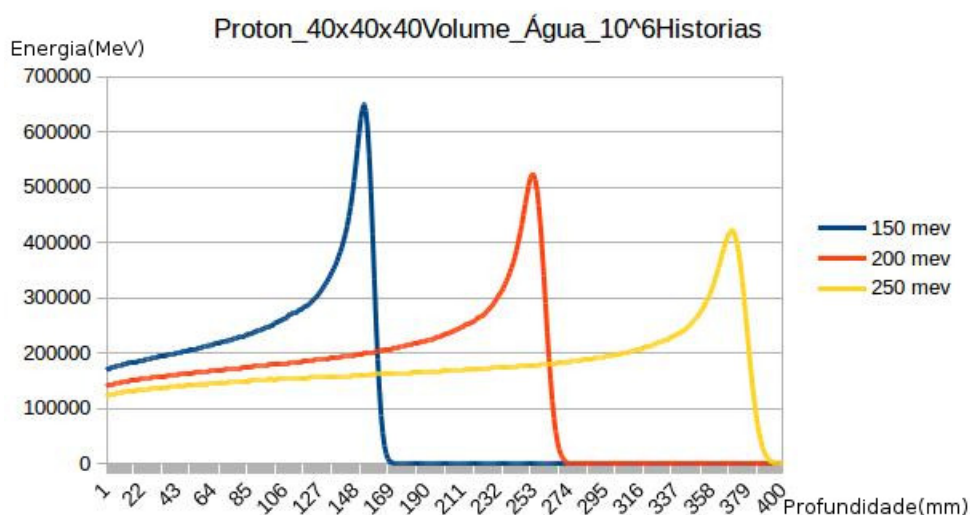
Figura 18 – Feixe de gama com fatoma de PMMA de 60x60x40



Fonte: Própria

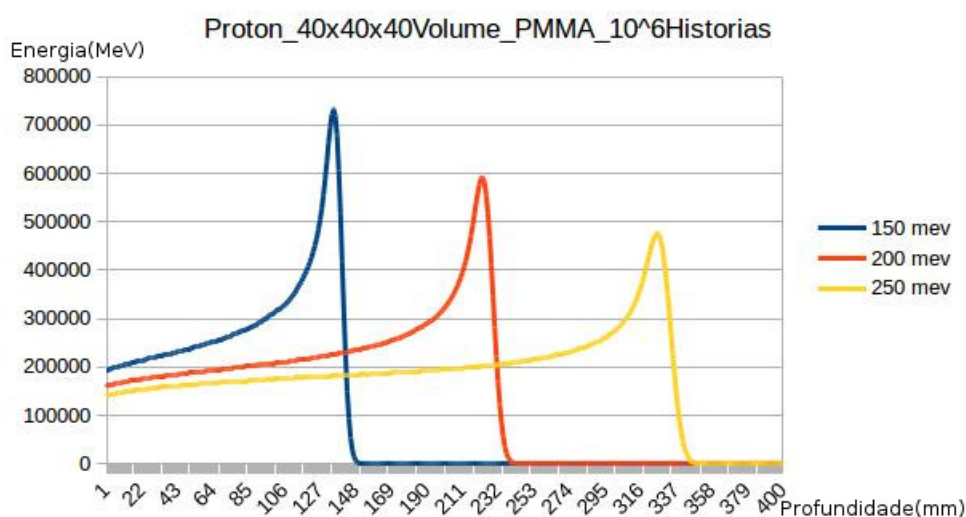
Proton: Nos próximos gráficos dessa radiação, nota-se que há um leve crescimento de energia e dependendo da energia escolhida inicialmente ocorre um pico, em que rapidamente ocorre uma queda brusca e logo após zera-se a energia. Novamente se percebe que a mudança de material eleva o pico de energia nos gráficos, e ao passo que é maior a energia inicial menor é o pico de energia.

Figura 19 – Feixe de próton com fatoma de água de 40x40x40



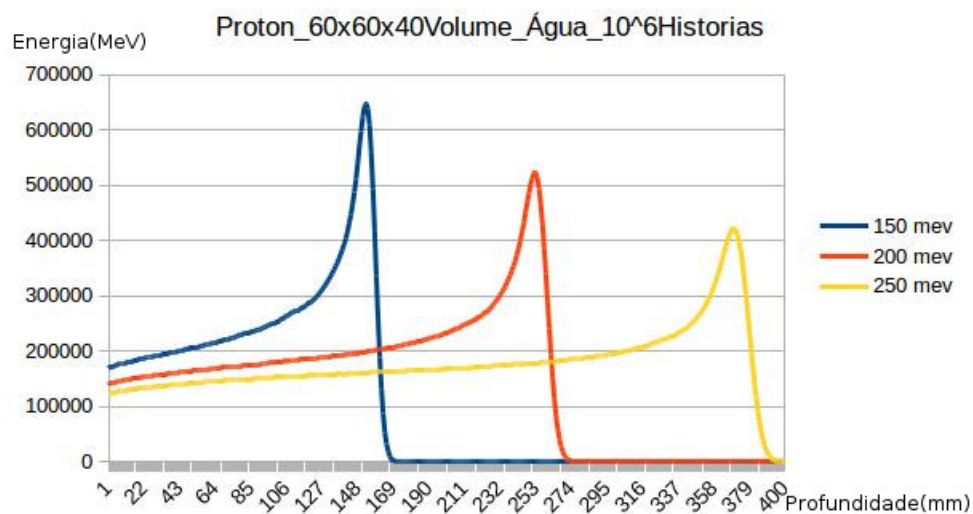
Fonte: Própria

Figura 20 – Feixe de próton com fatoma de PMMA de 40x40x40



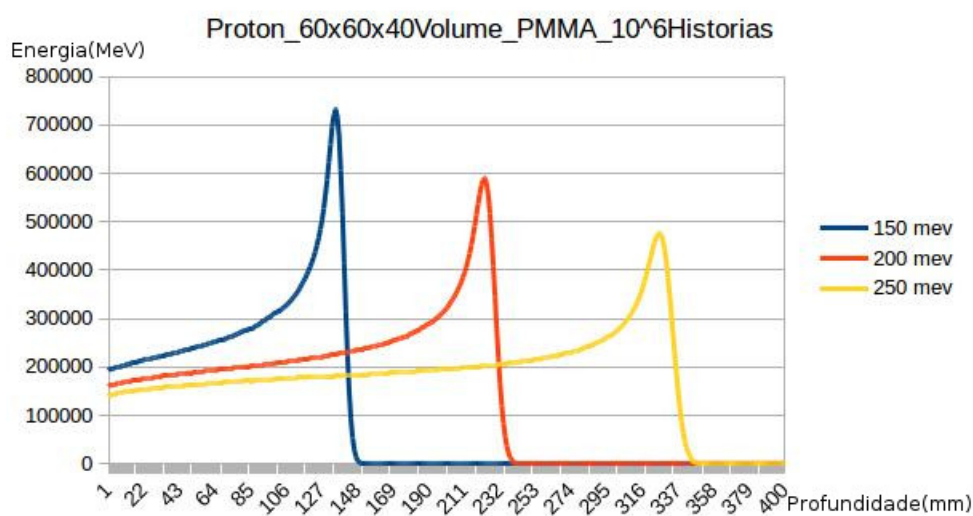
Fonte: Própria

Figura 21 – Feixe de próton com fatoma de água de 60x60x40



Fonte: Própria

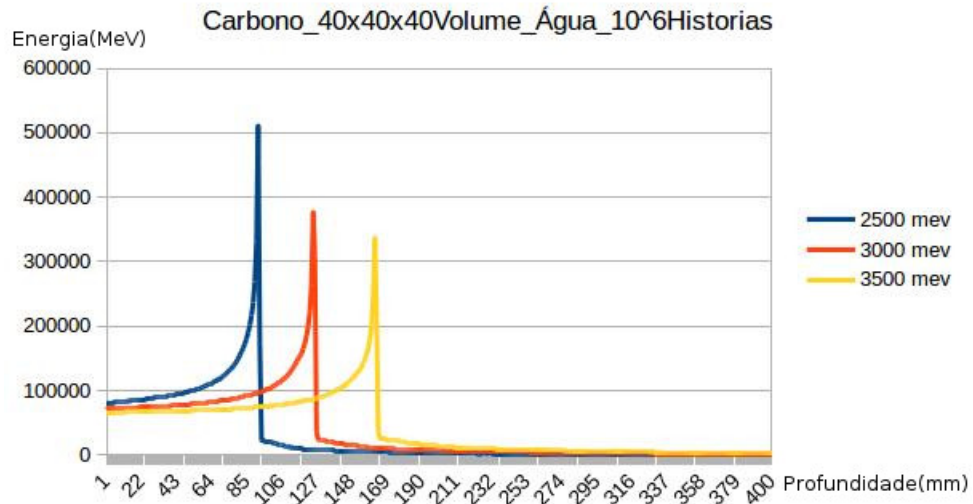
Figura 22 – Feixe de próton com fatoma de PMMA de 40x40x40



Fonte: Própria

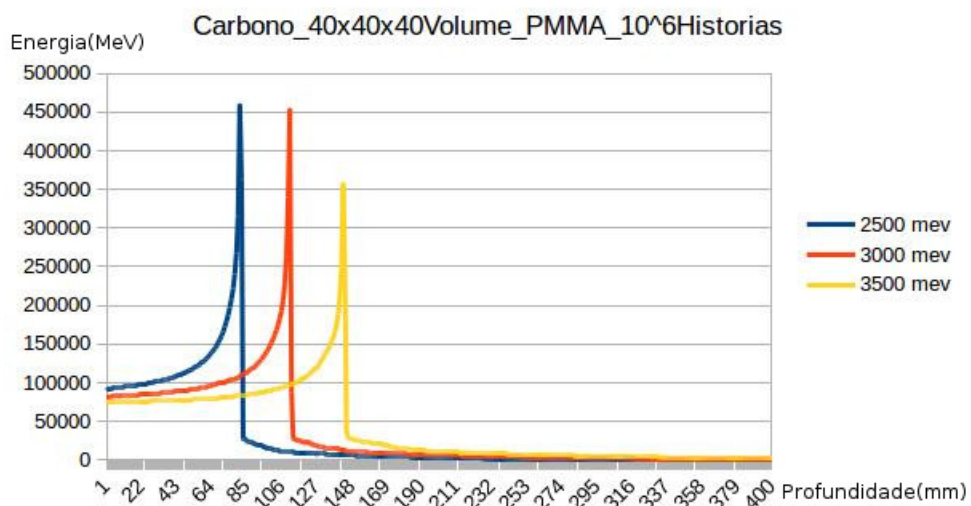
Carbono: Nessas iterações a pouca força de penetração do elemento carbono, pois em pouca profundidade a energia se mantém baixa e obtém um pico num curto espaço de tempo que rapidamente cai e zera a energia atual.

Figura 23 – Feixe de íons carbono com fatoma de água de 40x40x40



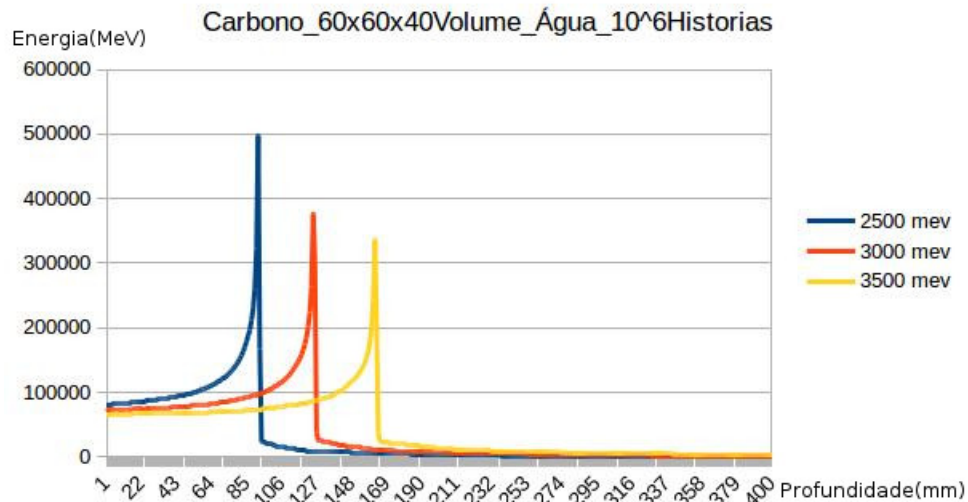
Fonte: Própria

Figura 24 – Feixe de íons carbono com fatoma de PMMA de 40x40x40



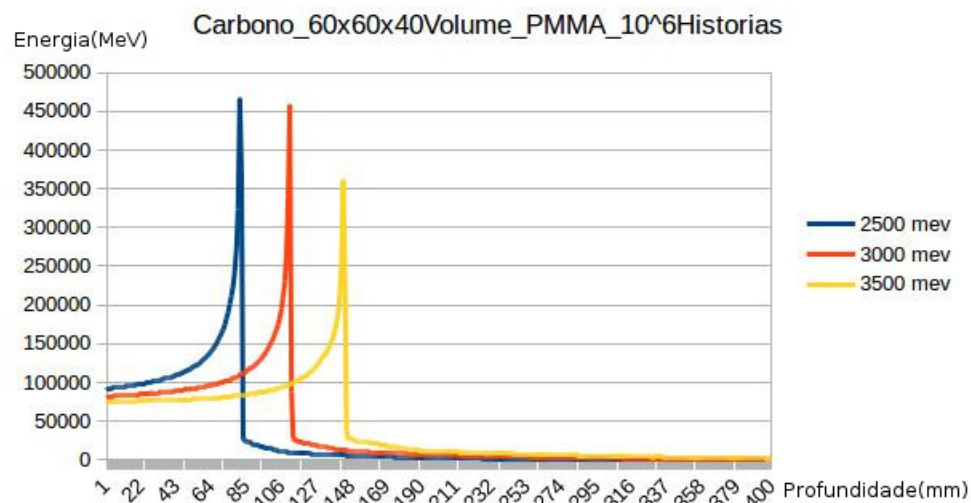
Fonte: Própria

Figura 25 – Feixe de íons carbono com fatoma de água de 60x60x40



Fonte: Própria

Figura 26 – Feixe de íons carbono com fatoma de PMMA de 60x60x40



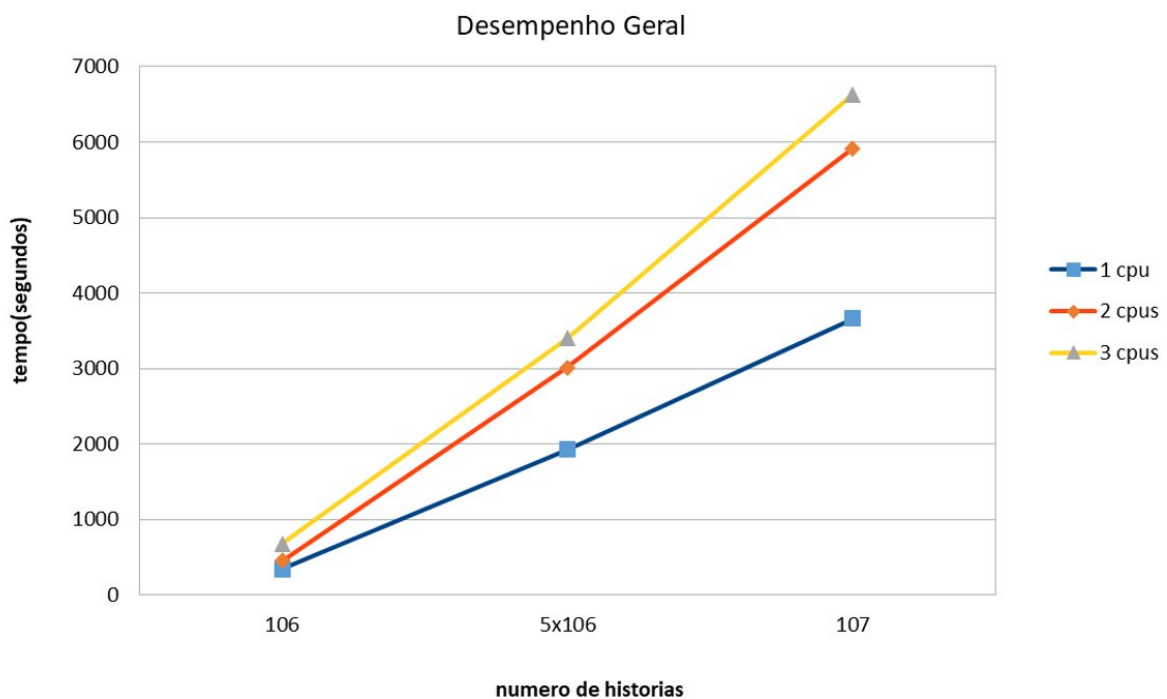
Fonte: Própria

A nossa principal limitação é que como este trabalho apresenta um resultado preliminar a maioria dos testes foram realizados num computador pessoal de quatro cores, que fazia o papel de servidor. Como cada simulação utiliza um núcleo do CPU para realizar as simulações, três é o número máximo de cálculos simultâneos, deixando um núcleo disponível para gerenciamento do sistema web. Trabalhos em andamento realizados por outro mestrando pretendem realizar a instalação do sistema num cluster com processamento paralelo, o que permitirá aumentar o número de simulações simul-

tâneas. Independentemente desta limitação os resultados obtidos nas simulações de Benchmarking em todos os casos foram satisfatórios e corretos.

Para estudar o desempenho do sistema foram realizado testes com execuções de 1, 2 e 3 simulações simultâneas com o mesmo tipo de radiação, representando a submissão de várias simulações ao mesmo tempo pelos clientes. As figuras 27 e 28, mostram os resultados dos tempos médios de execução e sua comparação para doses obtidas em Benchmarks de três clientes, da simulação com gama de 20 MeV de energia incidindo num fantoma de água $60 \times 60 \times 40 \text{ cm}^3$. As simulações foram submetidos em momentos com diferente disponibilidade de recursos computacionais (cpu, memória, tráfego de dados).

Figura 27 – Tempos de simulação em segundos para Benchmarks com Gama de 20MeV em fantoma de agua de $60 \times 60 \times 40 \text{ cm}^3$ em função do numero de historias, para 1,2 e 3 processos simultâneos (CPU)

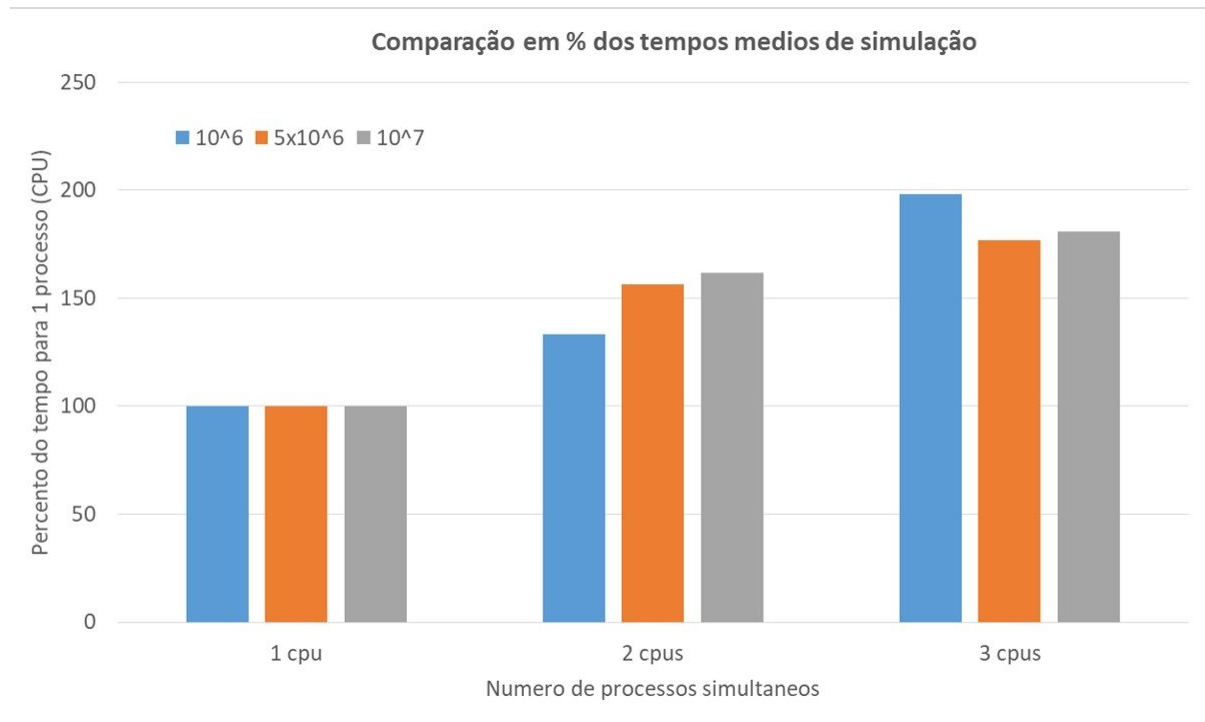


Fonte: Própria

Os resultados mostram como era de se esperar uma tendência linear do tempo de cálculo em função do número de histórias, porém os tempos médios individuais sofrem grandes diferenças se 1, 2 ou 3 simulações estão sendo executadas simultaneamente. Na figura 28, é possível observar como os tempos de simulação aumentam em 50% quando tem 2 simulações simultâneas e quase ao dobro quando existem 3 processos de cálculos simultâneos. A explicação deste fenômeno é dada pelo crescente uso de

métodos de escrita/leitura na RAM e no HD do servidor, assim como os processos de análise de resultados, estatísticas, tempos de simulação, que é feita pelo sistema WEB nos resultados de cada processo e mostrados na interface de cada usuário.

Figura 28 – Comparação do tempo de simulação em porcentagem para Benchmarks com Gama de 20MeV em fantoma de água de $60 \times 60 \times 40 \text{ cm}^3$ em função do número de processos simultâneos para 10^6 , 5×10^6 e 10^7 histórias



Fonte: Própria

Os resultados de desempenho mostram que é importante levar em conta o número de processos simultâneos na hora de montar o sistema WEB para uso médico. Entre as possíveis soluções a investigar para diminuir esta dependência, temos: a utilização de servidores com um processador com um maior número de núcleos (CPUs) ou a utilização de um cluster de cálculo. Ambas propostas serão estudadas em trabalhos futuros a serem desenvolvidos em nosso grupo.

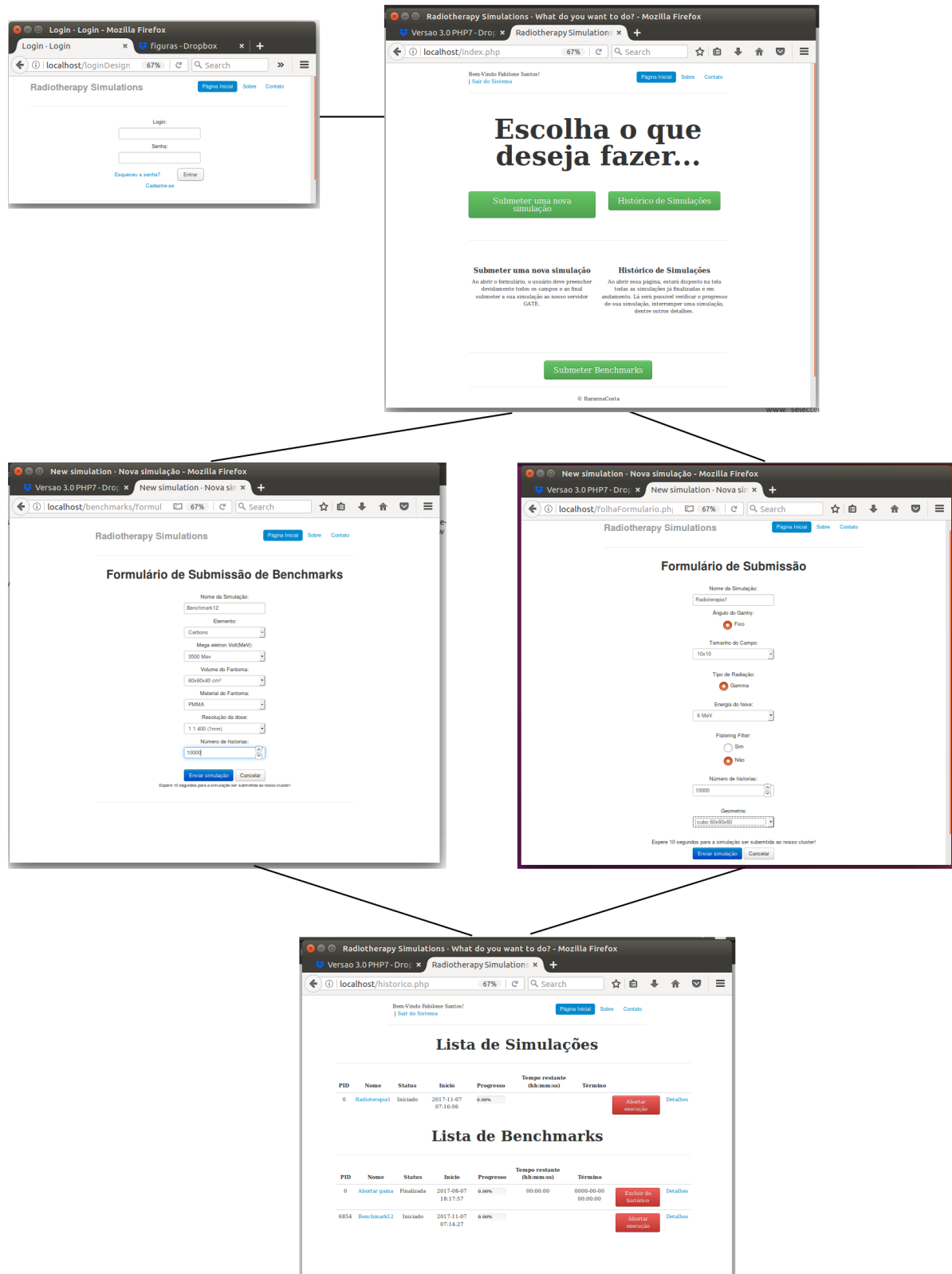
5 Considerações finais

A Figura 29 mostra uma visualização das janelas de trabalho da versão atual do sistema WEB. Como pode se observar, a interface é bem amigável, intuitiva e simples de operar, permitindo realizar a submissão de simulações computacionais para o Gate/Geant4, sem a necessidade de ter profundos conhecimentos sobre Linux. Da forma em que o sistema está estruturado é possível adicionar facilmente novas janelas que permitam realizar simulações para outras aplicações na física médica ou na indústria.

Adicionalmente foram implementados algoritmos de processamento de dados no lado servidor que utilizam o código ROOT. Desta forma a análise dos resultados, que muitas vezes são arquivos muito grandes, não precisa ser feito no computador do usuário, fazendo o sistema leve no sentido de tráfego de dados. Somente é enviado do servidor para o cliente uma imagem JPG com o gráfico final da análise solicitada. A figura 30, mostra um exemplo, onde ao solicitar os detalhes da simulação é mostrado um gráfico com a dose depositada em função da profundidade para esse instante da simulação. Uma vantagem é que estas análises podem ser feitas ainda sem que a simulação tenha sido finalizada o que permitiria interromper a mesma no caso de que vejamos algum resultado anômalo. Da mesma forma é possível para o cliente fazer o download dos diferentes resultados em diferentes formatos caso deseje fazer um processamento mais personalizado.

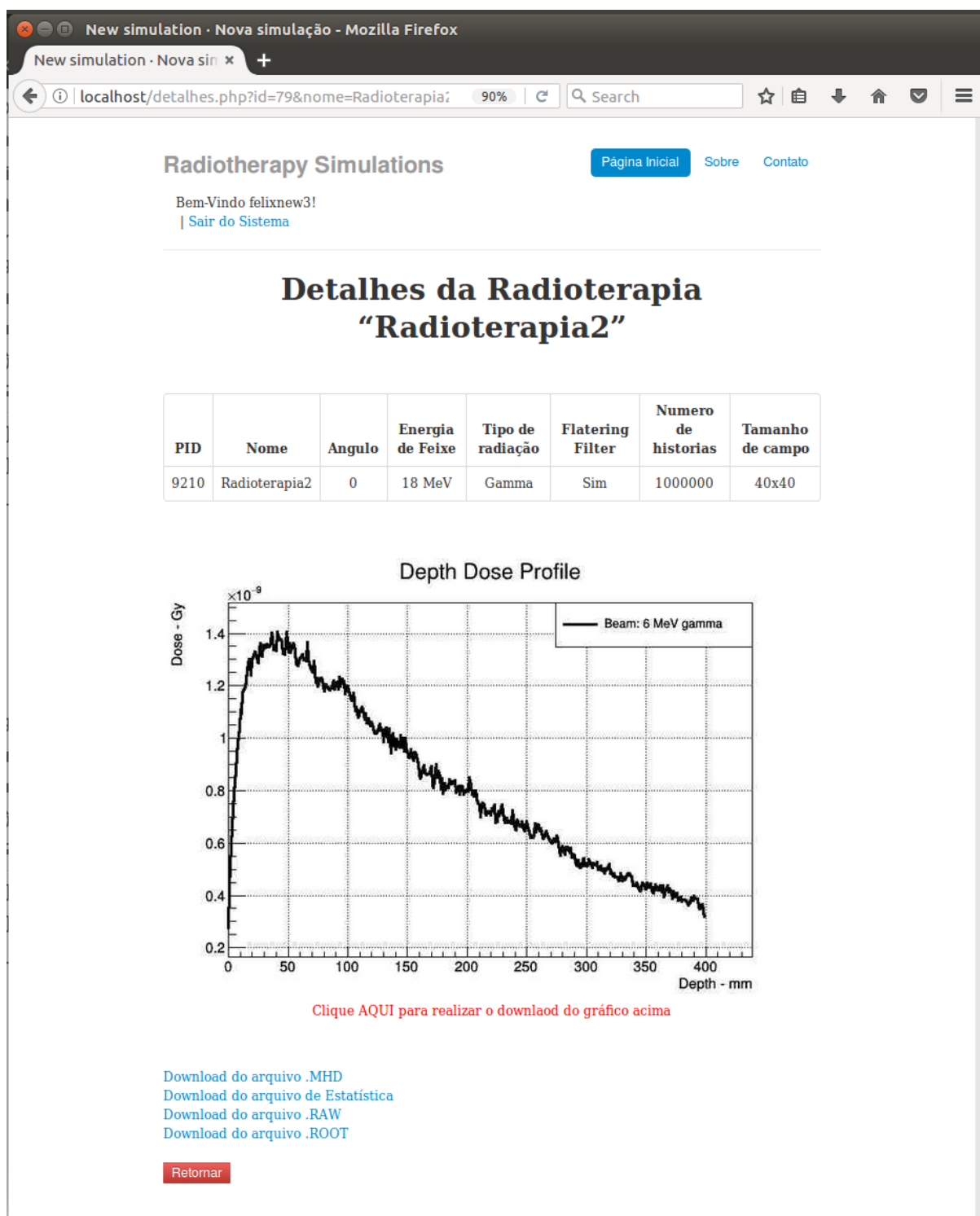
O sistema Web na sua primeira versão mostrou um comportamento estável, obtendo em todos os casos, resultados satisfatórios o que permitirá utilizar o mesmo como base para incrementar as suas capacidades e finalizar como um sistema de controle de qualidade de radioterapia, baseado em Computação em Nuvem (*Cloud Computing*).

Figura 29 – Janelas do sistema Web. Login, Submeter, Radioterapia, Benchmarks, Histórico



Fonte: Própria

Figura 30 – Janelas do sistema Web. Detalhes



Fonte: Própria

5.1 Conclusões

Neste trabalho foi explorado o conceito de Computação em Nuvem descrito anteriormente para desenvolver um sistema WEB que permite submeter e gerenciar simulações em Gate/Geant4 via internet para aplicações na Física Médica, com futuras aplicações no controle de qualidade para Radioterapia. O sistema WEB resultado deste trabalho, possui um acesso restrito a usuários cadastrados e cada usuário e simulação é monitorado e guardado num banco de dados. O sistema foi realizado com uma interface intuitiva e de fácil manipulação, de forma que qualquer pessoa possa submeter, deter ou deletar suas simulações. Adicionalmente foi implementada a opção de fazer análises predefinidas nos resultados do lado servidor assim como realizar o download dos resultados em diversos formatos. Os testes realizados com o sistema WEB, foram todos satisfatórios nos diferentes computadores e plataformas testados. De forma geral na forma em que o sistema foi estruturado é possível no futuro adicionar novas potencialidades ou tipos de simulação de forma simples e rápida.

5.2 Limitações do trabalho

A principal limitação do trabalho esteve em que todos os testes foram realizados em computadores pessoais. O ideal teria sido poder realizar os teste em cluster de cálculos, porém para isto era necessário primeiro desenvolver o sistema e realizar exaustivos testes para conferir que tudo estaria funcionando corretamente.

Uma outra limitação encontrada foi referente as versões PHP do sistema Web. Quando os trabalhos foram iniciados, utilizamos a versão PHP 5, porém atualmente a versão PHP 7 é que é instalada por definição padrão. Entre ambas as versões foram feitas modificações em alguns comandos, o que nos obrigou a ter que reescrever uma nova versão do sistema WEB para o PHP 7.

5.3 Trabalhos Futuros

O desenvolvimento de um sistema WEB para controle de qualidade em Radioterapia baseado em Monte Carlo e computação em nuvem, é uma tarefa cheia de desafios. Porém com a conclusão deste trabalho estamos cada vez mais perto deste objetivo. Os resultados deste trabalho serão integrados aos de Modelagem de um cabeçote de Radioterapia (SANTANA, 2016), e os de paralelização do Gate num cluster de cálculo (OLIVEIRA, 2016). Em trabalhos futuros aprimoraremos a modelagem do acelerador médico incluindo o Colimador Multifolhas (*Multileaf Collimator*), assim como, serão finalizadas as páginas web para realizar a importação das imagens tomográficas dos pacientes e os planos de tratamento. Também continuaram os trabalhos para instalação

do sistema WEB num cluster de cálculo e um sistema comercial de *Cloud Computing* para análise de desempenho. Com todos estes resultados seria possível finalmente realizar a simulação dos planos de tratamento por Radioterapia por Monte Carlo para seu controle de qualidade.

Referências

- BADAL, A.; BADANO, A. Accelerating monte carlo simulations of photon transport in a voxelized geometry using a massively parallel graphics processing unit. **Med Phys**, v. 36, p. 4878–4880, 2009.
- BENTEL, G. **Radiation therapy planning**. [S.l.]: McGraw Hill Professional, 1996.
- BIELAJEW, A. S. **Fundamentals of the Monte Carlo Method for Neutral and Charged Particle Transport**. University of Michigan: [s.n.], 2001.
- BOISET, G. R. **Determinação de Doses e Riscos em Pacientes Submetidos a Exames de Radiodiagnóstico**. Dissertação (Mestrado) — PROFISICA, UESC, 2016.
- CAMARASU-POP, S.; GLATARD, T.; MOSCICKI, J.; BENOIT-CATTIN, H.; SARRUT, D. Dynamic partitioning of gate monte-carlo simulations on egee. **J Grid Comput**, v. 8, p. 241–259, 2010.
- CASARINO, C.; RUSSO, G.; CANDIANO, G.; ROCCA, G. L.; BARBERA, R.; BORASI, G.; GUATELLI, S.; MESSA, C.; PASSARO, G.; GILARDI, M. A geant4 web-based application to support intra-operative electron radiotherapy using the european grid infrastructure. **Concurr Comput-Pract Exp**, v. 27, p. 458–472, 2015.
- CERN. **Geant4**. 2017. Disponível em: <<http://geant4.cern.ch/>>.
- DINIZ, M. **Guia de Referências do Linux**. 2016. Disponível em: <http://www.uniriotec.br/~morganna/guia/index_guia.html>. Acesso em: 25 de Setembro de 2017.
- EBERT, M. A.; HAWORTH, A.; KEARVELL, R.; HOOTON, B.; HUG, B.; SPRY, N. A.; BYDDER, S. A.; JOSEPH, D. J. Comparison of dvh data from multiple radiotherapy treatment planning systems. **Physics in Medicine and Biology**, v. 55, n. 11, p. N337–N346, 2010.
- FRANZÉ, D. L. **Dosimetria por imagem para o planejamento específico por paciente em iodoterapia**. Dissertação (Mestrado) — Pós-graduação em Física aplicada à medicina e biologia, FFCLRP, USP, Ribeirão Preto, SP, 2015.
- INCA. **Estimativa 2016: Incidência de Cancer no Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2016/tabelaestados.asp?UF=BR>>. Acesso em: 09 de outubro de 2017.
- JAHNKE, L.; FLECKENSTEIN, J.; WENZ, F.; HESSER, J. Gmc: a gpu implementation of a monte carlo dose calculation based on geant4. **Phys Med Biol**, v. 57, p. 1217, 2012.
- JAN, S.; BENOIT, D.; BECHEVA, E.; CARLIER, T.; CASSOL, F.; DESCOURT, P.; FRISSON, T.; GREVILLOT, L.; GUIGUES, L.; MAIGNE, L. Gate v6: a major enhancement of the gate simulation platform enabling modelling of ct and radiotherapy. **Phys Med Biol**, v. 56, p. 881–901, 2011.
- JAN, S.; SANTIN, G.; STRUL, D.; STAELENS, S.; ASSIE, K.; AUTRET, D.; AVNER, S.; BARBIER, R.; BARDIES, M.; BLOOMFIELD, P. Gate: a simulation toolkit for pet and spect. **Phys Med Biol**, v. 49, p. 4543–4561, 2004.

- JIA, X.; YAN, H.; GU, X.; JIANG, S. Fast monte carlo simulation for patient-specific ct/cbct imaging dose calculation. **Phys Med Biol**, v. 57, p. 577–590, 2012.
- KEYES, R.; ROMANO, C.; ARNOLD, D.; LUAN, S. Medical physics calculations in the cloud: a new paradigm for clinical computing. **Med Phys**, p. 3272, 2010.
- LIU, Y.; TANG, Y.; GAO, X. Gate monte carlo simulation of dose distribution using mapreduce in a cloud computing environment. **Australas Phys Eng Sci Med**, p. 1–7, 2017.
- MA, C.-M.; PAWLICKI, T.; JIANG, S. B.; LI, J. S.; DENG, J.; MOK, E.; KAPUR, A.; XING, L.; MA, L.; BOYER, A. L. Monte carlo verification of imrt dose distributions from a commercial treatment planning optimization system. **Physics in Medicine and Biology**, v. 45, p. 2483–2495, 2000.
- MAIGNE, L.; HILL, D.; CALVAT, P.; BRETON, V.; REUILLON, R.; LAZARO, D.; LEGRE, Y.; DONNARIEIX, D. Parallelization of monte carlo simulations and submission to a grid environment. **Parallel Process Lett**, v. 14, p. 177–196, 2004.
- MIRAS, H.; JIMÉNEZ, R.; MIRAS, C.; GOMA, C. Cloudmc: a cloud computing application for monte carlo simulation. **Phys Med Biol**, v. 58, p. 125, 2013.
- OLIVEIRA, P. P. **Paralelização e Estudo de Desempenho de Simulações Dosimétricas por Monte Carlo Utilizando o Código Gate/Geant4**. Dissertação (Mestrado) — PPGMC, UESC, 2016.
- POOLE, C.; CORNELIUS, I.; TRAPP, J.; LANGTON, C. Radiotherapy monte carlo simulation using cloud computing technology. **Aust Phys Eng Sci Med**, p. 497–502, 2012.
- PRATX, G.; XING, L. Gpu computing in medical physics: a review. **Med Phys**, v. 38, p. 2685–2697, 2011.
- PRATX, G.; XING, L. Monte carlo simulation of photon migration in a cloud computing environment with mapreduce. **J Biomed Opt**, v. 16, p. 125003–1250039, 2011.
- SANTANA, E. F. **Modelagem de Acelerador Médico de Radioterapia Utilizando o Código GATE/Geant4**. Dissertação (Mestrado) — PPGMC, UESC, 2016.
- SARRUT, D.; BARDIES, M.; BOUSSION, N.; FREUD, N.; JAN, S.; LETANG, J.-M.; LOUDOS, G.; MAIGNE, L.; MARCATILI, S.; MAUXION, T. A review of the use and potential of the gate monte carlo simulation code for radiation therapy and dosimetry applications. **Med Phys**, v. 41, p. 064301, 2014.
- TOWNSON, R.; JIA, X.; TIAN, Z.; GRAVES, Y.; ZAVGORODNI, S.; JIANG, S. Gpu-based monte carlo radiotherapy dose calculation using phase-space sources. **Phys Med Biol**, v. 58, p. 4341–4356, 2013.
- WANG, H.; MA, Y.; PRATX, G.; XING, L. Toward real-time monte carlo simulation using a commercial cloud computing infrastructure. **Phys Med Biol**, p. N175–N181, 2011.
- ZIEGENHEIN, P.; KOZIN, I. N.; KAMERLING, C. P.; OELFKE, U. Towards real-time photon monte carlo dose calculation in the cloud. **Phys Med Biol**, v. 62, 2017.

ZIEGENHEIN, P.; PIRNER, S.; KAMERLING, C. P.; OELFKE, U. Fast cpu-based monte carlo simulation for radiotherapy dose calculation. **Phys. Med. Biol.**, v. 60, p. 6097, 2015.

Apêndices

APÊNDICE A – Shell script de configuração e execução das simulações

```

1#!/bin/sh
2
3ROOTSYS="/usr/local/gate8.0/root";
4export ROOTSYS
5if [ -z "${PATH}" ]; then
6PATH=$ROOTSYS/bin; export PATH
7else
8PATH=$ROOTSYS/bin:$PATH; export PATH
9fi
10
11if [ -z "${LD_LIBRARY_PATH}" ]; then
12LD_LIBRARY_PATH=$ROOTSYS/lib; export LD_LIBRARY_PATH
13else
14LD_LIBRARY_PATH=$ROOTSYS/lib:$LD_LIBRARY_PATH;
15export LD_LIBRARY_PATH
16fi
17
18if [ -z "${PYTHONPATH}" ]; then
19PYTHONPATH=$ROOTSYS/lib; export PYTHONPATH
20else
21PYTHONPATH=$ROOTSYS/lib:$PYTHONPATH; export PYTHONPATH
22fi
23
24if [ -z "${MANPATH}" ]; then
25MANPATH=$ROOTSYS/man:${default_manpath}; export MANPATH
26else
27MANPATH=$ROOTSYS/man:$MANPATH; export MANPATH
28fi
29
30if [ -z "${CMAKE_PREFIX_PATH}" ]; then
31CMAKE_PREFIX_PATH=$ROOTSYS; export CMAKE_PREFIX_PATH
32else
33CMAKE_PREFIX_PATH=$ROOTSYS:$CMAKE_PREFIX_PATH;
34export CMAKE_PREFIX_PATH
35fi
36
37if [ -z "${JUPYTER_PATH}" ]; then
38JUPYTER_PATH=$ROOTSYS/etc/notebook; export JUPYTER_PATH
39else
40JUPYTER_PATH=$ROOTSYS/etc/notebook:$JUPYTER_PATH;
41fi
42
43#-----
44geant4_envbindir="/usr/local/gate8.0/geant4.10.03-install/bin"
45
46if test "x$PATH" = "x" ; then
47export PATH="$geant4_envbindir"
48else
49export PATH="$geant4_envbindir":${PATH}

```

```
50fi
51
52if test "$LD_LIBRARY_PATH" = "x" ; then
53export LD_LIBRARY_PATH="\cd $geant4_envbindir/
54                                ../lib > /dev/null ; pwd\"
55else
56export LD_LIBRARY_PATH="\cd $geant4_envbindir/
57                                ../lib > /dev/null ; pwd\" : ${LD_LIBRARY_PATH}
58fi
59
60export G4NEUTRONHPDATA="\cd $geant4_envbindir/
61../share/Geant4-10.3.2/data/G4NDL4.5 > /dev/null ; pwd\"
62
63export G4LEDDATA="\cd $geant4_envbindir/
64../share/Geant4-10.3.2/data/G4EMLOW6.50 > /dev/null ; pwd\"
65
66export G4LEVELGAMMADATA="\cd $geant4_envbindir/
67../share/Geant4-10.3.2/data/PhotonEvaporation4.3.2 > /dev/null ; pwd\"
68
69export G4RADIOACTIVEDATA="\cd $geant4_envbindir/
70../share/Geant4-10.3.2/data/RadioactiveDecay5.1.1 > /dev/null ; pwd\"
71
72export G4NEUTRONXSDATA="\cd $geant4_envbindir/
73../share/Geant4-10.3.2/data/G4NEUTRONXS1.4 > /dev/null ; pwd\"
74
75export G4PIIDATA="\cd $geant4_envbindir/
76../share/Geant4-10.3.2/data/G4PII1.3 > /dev/null ; pwd\"
77
78export G4REALSURFACEDATA="\cd $geant4_envbindir/
79../share/Geant4-10.3.2/data/RealSurface1.0 > /dev/null ; pwd\"
80
81export G4SAIDXSDATA="\cd $geant4_envbindir/
82../share/Geant4-10.3.2/data/G4SAIDDATA1.1 > /dev/null ; pwd\"
83
84export G4ABLAATA="\cd $geant4_envbindir/
85../share/Geant4-10.3.2/data/G4ABLA3.0 > /dev/null ; pwd\"
86
87export G4ENSDFSTATEDATA="\cd $geant4_envbindir/
88../share/Geant4-10.3.2/data/G4ENSDFSTATE2.1 > /dev/null ; pwd\"
89
90#-----GATE-----
91export PATH=${PATH}:/usr/local/gate8.0/gate_v8.0-install/bin
92
93cd /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/$1/$2/
94Gate teste.mac &>terminalTeste.txt
95
96
```

APÊNDICE B – Login

```

1<?php
2  $login = $_POST['login'];
3  $senha = md5($_POST['senha']);
4  $connect = mysql_connect('localhost','root','SALVADOR');
5
6  $db = mysql_select_db('radioterapiaBD');
7session_start();
8
9if(!$login || !$senha)
10{
11echo "Você deve digitar sua senha e login!";
12exit;
13}
14/**
15* Executa a consulta no banco de dados.
16* Caso o número de linhas retornadas seja 1 o login é válido,
17* caso 0, inválido.
18*/
19
20$SQL = "SELECT * FROM Usuarios WHERE Nome = '" . $login . "'";
21
22$result_id = mysql_query($SQL) or die("Erro no banco de dados!");
23$total = mysql_num_rows($result_id);
24// Caso o usuário tenha digitado um login válido o número de linhas será 1..
25if($total)
26{
27// Obtém os dados do usuário, para poder verificar a senha e passar os demais
28 dados para a sessão
29$dados = mysql_fetch_array($result_id);
30
31
32  // Agora verifica a senha
33  if(!strcmp($senha, $dados["Senha"]))
34  {
35      $verificadorDeSenhaNova= MD5($dados["Cpf"]);
36      if(!strcmp($dados["Senha"],$verificadorDeSenhaNova)){//verifica se eh alguma
37          nova senha para trocar por uma nova
38          $email=$dados["Email"];
39          header("Location: recuperarSenha/userMudaSenhaDesign.php?email=$email");
40          exit;
41      }
42      // TUDO OK! Agora, passa os dados para a sessão e redireciona o usuário
43      $_SESSION["ID"]= $dados["Id"];
44      $_SESSION["login"] = $dados["Nome"];
45      $_SESSION["senha"]= $dados["Senha"];
46      if($dados["Admin"]==1)
47      {
48          header("Location: indexAdmin.php");
49
50      }
51      else
52      {

```

```
53
54         header("Location: index.php");
55
56     }
57
58     exit;
59 }
60 // Senha inválida
61 else
62 {
63     echo"<script language='javascript' type='text/javascript'>alert('Senha inv\u00e9lida');
64     window.location.href='../loginDesign.php'</script>";
65
66     exit;
67 }
68}
69// Login inválido
70else
71{
72     echo"<script language='javascript' type='text/javascript'>alert('Login inv\u00e9lido');
73     window.location.href='../loginDesign.php'</script>";
74     exit;
75}
76
77
```

APÊNDICE C – Submissão de radioterapia

```

1<?php
2//-----VERIFICA LOGIN-----
3
4require "verifica.php";
5 //conectando banco
6require "conexao.php";
7//-----FIM VERIFICA LOGIN-----
8
9
10//-----PEGANDO VALORES -----
11//$angulo = $_POST["angulo"];
12$tamCampo = $_POST["tamCampo"];
13//$tipoDeRadiacao = $_POST["optradio"];
14$energiaDeFeixe = $_POST["energiaFeixe"];
15//$flateringFilter= $_POST["optFilter"];
16$numeroDeHistorias= $_POST["numHistorias"];
17$tamDoEspaco = $_POST["tamEspaco"];
18$nomeDaSimulacao=$_POST["nomeDaSimulacao"];
19//$data= date('l jS \of F Y h:i:s A');
20//pegando id do usuario
21$id_usuario= $_SESSION["ID"];
22//transformando em string
23$novo_id_usuario = (string)$id_usuario;
24var_dump( $novo_id_usuario ); // ja transformei
25//----- FIM PEGANDO VALORES -----
26
27//
28//tamanho de campo = 6x6,10x10...
29$resultado=mysql_query("SELECT * FROM TamanhosCampo WHERE Nome=' $tamCampo' ")or
30die(mysql_error());
31$prod = mysql_fetch_array($resultado);
32$tamCampoId=$prod['Id'];
33$caminhoTamCampo=$prod['Endereco'];
34
35//energia+tiporadicao
36$resultado=mysql_query("SELECT * FROM EspacosDeFase WHERE EnergiaDeFeixe=
37'$energiaDeFeixe' ")or die(mysql_error());
38$prod = mysql_fetch_array($resultado);
39$espacoDefase=$prod['Id'];
40$caminhoEspacoFase=$prod['CaminhoScript'];
41
42//geometria=cubo 40x40x40
43$resultado=mysql_query("SELECT * FROM Geometrias WHERE Nome=' $tamDoEspaco' ")or
44 die(mysql_error());
45$prod = mysql_fetch_array($resultado);
46$geometria=$prod['Id'];
47$caminhoGeometria=$prod['CaminhoScript'];
48
49//inserindo no banco
50$query = "INSERT INTO Simulacoes (Angulo,TamanhoCampo_Id,EspacoFase_Id,
51FlateringFilter,NumeroHistorias, Geometria_Id,Nome,Status,DataInicio,
52Porcentagem,Usuario_Id,Processo_Id) "

```

```
53      . "VALUES (0,$tamCampoId,$espacoDefase,1,$numeroDeHistorias,
54      $geometria,'$nomeDaSimulacao',1,NOW(),0, $novo_id_usuario,0)";
55//echo("<script>console.log('PHP: ".$linha."');</script>");
56//echo("<script>console.log('PHP: ".$query."');</script>");
57
58$insert = mysql_query($query,$connect) or die(mysql_error());
59//pegando id da simulação na tabela
60$idArray=mysql_insert_id();
61$nomeDaPasta=" ".$idArray";
62
63//criando a pasta do usuario com seu numero de ID
64exec("mkdir /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
65'$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'");
66exec("mkdir /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations
67'$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'/output");
68exec("chmod -R 777 /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
69'$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'");
70exec("cp /var/www/html/bootstrap/bootstrap/radioterapiaUESC
71/RadiotherapyAnalisys.C /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
72'$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'/output");
73
74// DEFINIR PARAMETROS ALPHA,SIZE, XL, XM DX
75//Fx eh o lado esquerdo do X e o FY eh o lado direito do X (no tamnho de campo)
76
77$pedacosTamCampo= explode("x", $tamCampo);
78$fx=$pedacosTamCampo[0];
79$fy=$pedacosTamCampo[1];
80$ssd=100;
81//# definir "alfa"=arctg(Fy/2*SSD)
82 $alpha= atan($fy/(2*$ssd));
83 $result= rad2deg($alpha);//transforma radiano em graus
84 $alpha= round($result, 4);//arrebndonda em 4 casas decimais
85
86 // # definir "size"= 25-alfa
87 $size=25-$alpha;
88
89 // # definir XL=15-(Fx*36.63/2*SSD)
90 $xl=15-($fx*36.63/(2*$ssd));
91
92 // # definir XM=15-(Fx*44.43/2*SSD)
93 $xm=15-($fx*44.43/(2*$ssd));
94
95 // # definir la translacion dX=7.5+(20.265*Fx/2*SSD) usando
96 o que estar na planilha excel
97 $dx= (40.53*$fx/(2*$ssd))+($xl+$xm)/4;
98
99//MONTANDO O ARQUIVO .MAC
100
101$arquivoPai="/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
102$novo_id_usuario/$nomeDaPasta/teste.mac";
103$arquivo="/var/www/html/bootstrap/bootstrap/radioterapiaUESC
104/mac/trechosComuns/partel.mac";
105
106$fopen1 = fopen($arquivoPai, 'a');
107$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
108
109$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
```

```
110$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
111
112fclose($fopen2);
113/////fim parte1
114
115//adicionando o fantoma
116$arquivo=$caminhoGeometria;
117$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
118$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
119$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
120fclose($fopen2);
121
122//parte 2 fixa
123$arquivo="/var/www/html/bootstrap/bootstrap/radioterapiaUESC/
124mac/trechosComuns/parte2.mac";
125$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
126$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
127$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
128fclose($fopen2);
129//fim part2
130
131//adicionando campo
132$arquivo=$caminhoTamCampo;
133$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
134$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
135$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
136fclose($fopen2);
137
138//parte 3 fixa
139$arquivo="/var/www/html/bootstrap/bootstrap/radioterapiaUESC/
140mac/trechosComuns/parte3.mac";
141$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
142$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
143$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
144fclose($fopen2);
145//fim part3
146
147//adicionando fonte
148$arquivo=$caminhoEspacoFase;
149$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
150$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
151$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
152fclose($fopen2);
153
154//parte 4 fixa
155$arquivo="/var/www/html/bootstrap/bootstrap/radioterapiaUESC/
156mac/trechosComuns/parte4.mac";
157$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
158$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
159$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
160fclose($fopen2);
161//fim part4
162
163 //adicionar numero de historias
164 //          /gate/application/setTotalNumberOfPrimaries 10000
165 $escreve=fwrite($fopen1, "/gate/application/
166          setTotalNumberOfPrimaries $numeroDeHistorias");
```

```
167
168 //parte 5 fixa
169$arquivo="/var/www/html/bootstrap/bootstrap/radioterapiaUESC/
170      mac/trechosComuns/parte5.mac";
171$fopen2 = fopen($arquivo, 'r');
172$texto = fread($fopen2, filesize($arquivo));
173$escreve=fwrite($fopen1, "$texto");
174fclose($fopen2);
175//fim part5
176
177fclose($fopen1);
178
179//colocar o .sh dentro da pasta da simulação
180exec("cp /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/geant4NOVO.sh
181/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
182      '$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'");
183
184$aux= "sh /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
185$novo_id_usuario/$nomeDaPasta/geant4NOVO.sh $novo_id_usuario
186$nomeDaPasta >/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
187'$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'/teste2.txt & ";
188//EXECUTANDO .MAC
189$aux2=exec($aux);
190
191sleep ( 8 );
192//echo $aux2;
193//
194exec("pidof -s Gate /var/www/html/bootstrap/bootstrap/
195simulations/'$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'/teste.mac >
196/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
197'$novo_id_usuario'/'$nomeDaPasta'/pid.txt ");
198
199//-----abrindo arquivo para pegar o pid -----
200// Abre o Arquivo no Modo r (para leitura)
201$arquivoPID = fopen ("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/
202simulations/$novo_id_usuario/$nomeDaPasta/pid.txt", "r");
203
204// Lê o conteúdo do arquivo
205//while(!feof($arquivo))
206//{
207//pega uma linha do arquivo
208$linha = fgets($arquivoPID);
209//}
210// Fecha arquivo aberto
211fclose($arquivoPID);//terminou
212//
213//-----TERMINOU DE PEGAR O PID DE UM ARQUIVO-----
214
215//echo("<script>console.log('arquivo: ".$arquivo."');</script>");
216
217
218//alterar informacao no banco (colocando o valor do pid)
219$query = "UPDATE Simulacoes SET Processo_Id='$linha' WHERE ID='$idArray'";
220//echo("<script>console.log('PHP: ".$query."');</script>");
221//echo("<script>console.log('PHP: ".$query."');</script>");
222
223$insert = mysql_query($query,$connect) or die(mysql_error());
```



```
224
225echo"<script language='javascript' type='text/javascript'>
226alert('Simula\u00e7\u00e3o enviada com sucesso!');
227window.location.href='historico.php'</script>";
228?>
```

APÊNDICE D – Histórico de simulações

```

1
2<!DOCTYPE html>
3<html lang="en">
4  <head>
5    <meta charset="utf-8">
6    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
7    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
8    <title>Radiotherapy Simulations &middot; What do you want to do?</title>
9    <meta name="description" content="">
10   <meta name="author" content="">
11
12   <!-- Le styles -->
13   <link href="../../css/bootstrap.css" rel="stylesheet">
14   <style type="text/css">
15     body {
16       padding-top: 20px;
17       padding-bottom: 40px;
18     }
19
20     /* Custom container */
21     .container-narrow {
22       margin: 0 auto;
23       max-width: 700px;
24     }
25     .container-narrow > hr {
26       margin: 30px 0;
27     }
28
29     /* Main marketing message and sign up button */
30     .jumbotron {
31       margin: 60px 0;
32       text-align: center;
33     }
34     .jumbotron h1 {
35       font-size: 72px;
36       line-height: 1;
37     }
38     .jumbotron .btn {
39       font-size: 21px;
40       padding: 14px 24px;
41     }
42
43     /* Supporting marketing content */
44     .marketing {
45       margin: 60px 0;
46     }
47     .marketing p + h4 {
48       margin-top: 28px;
49     }
50   </style>
51   <link href="/css/bootstrap-responsive.css" rel="stylesheet">
52

```

[illegible]

[illegible]

```
167             $cont2=$cont2+1;
168         }
169
170         // Fecha arquivo aberto
171         fclose($arquivo2);//terminou
172         $ano=substr($linhall,46,4);
173         $hhmmss= substr($linhall, 37,8);
174         $dia= substr($linhall,34,2);
175         $mes=substr($linhall, 30,3);
176         switch ($mes) {
177         case 'Jan': {
178             $mes="01";
179             break;
180         }
181         case 'Fev': {
182             $mes="02";
183             break;
184         }
185         case 'Mar': {
186             $mes="03";
187             break;
188         }
189         case 'Apr':{
190             $mes="04";
191             break;
192         }
193         case 'May': {
194             $mes="05";
195             break;
196         }
197         case 'Jun': {
198             $mes="06";
199             break;
200         }
201         case 'Jul': {
202             $mes="07";
203             break;
204         }
205         case 'Aug': {
206             $mes="08";
207             break;
208         }
209         case 'Sep': {
210             $mes="09";
211             break;
212         }
213         case 'Oct': {
214             $mes="10";
215             break;
216         }
217         case 'Nov': {
218             $mes="11";
219             break;
220         }
221         case 'Dec': {
222             $mes="12";
223             break;
```

```

224         }
225
226         default:
227             break;
228     }
229
230     $data="$ano"."-".$mes"."-".$dia"." ".$hhmmss";
231
232     $query = "UPDATE Simulacoes SET Status=4,
233             DataFim='$data' WHERE Id=$id_simul";
234     $insert = mysql_query($query,$connect) or
235     die(mysql_error());
236     }
237     else{
238         $query = "UPDATE Simulacoes SET
239             Status=4 WHERE Id=$id_simul";
240     $insert = mysql_query($query,$connect) or
241     die(mysql_error());
242     }
243 }
244 else
245 {
246     if (($linhas['Status']==1) || ($linhas['Status']==2))
247
248     {
249         $query = "UPDATE Simulacoes SET Status=2 WHERE Id=$id_simul";
250
251         $insert = mysql_query($query,$connect) or die(mysql_error());
252     }
253 }
254 $arquivo = fopen ("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulation/
255 $novo_id_usuario/$nomeDaPasta/output/stat_uesc.txt", "r");
256 $cont=1;
257 // Lê o conteúdo do arquivo
258 while((!feof($arquivo)) && $cont<3) //while acaba na segunda linha
259 {
260     //pega uma linha do arquivo
261     $linha2 = fgets($arquivo);
262     $cont=$cont+1;
263 }
264 // Fecha arquivo aberto
265 fclose($arquivo); //terminou
266 $numHistorias=preg_replace("/^[^0-9]/", "", $linha2);
267 //numero de historias ja feitas
268
269 $shistoriasTotal=$linhas['NumeroHistorias'];
270
271 $porcentagem=($numHistorias*100)/$shistoriasTotal;
272 //echo 'porcentagem: '. $porcentagem;
273 //$porcentagem="$porcentagem"."%";
274 //-----calculou porcentagem
275
276
277 //-----CALCULAR tempo RESTANTE-----
278 $arquivo2 = fopen ("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
279 $novo_id_usuario/$nomeDaPasta/output/stat_uesc.txt", "r");
280 $cont2=1;

```

```

281 // Lê o conteúdo do arquivo
282 while((!feof($arquivo2))&& $cont2<8)//while acaba na 7ª linha
283 {
284     //pega uma linha do arquivo
285     $linha7 = fgets($arquivo2);
286     $cont2=$cont2+1;
287 }
288 // Fecha arquivo aberto
289 fclose($arquivo2);//terminou
290 $tempoDecorrido=preg_replace("/^[^0-9^\.]/", "", $linha7);
291 //retiro tudo, exceto o ponto e os nuemro de 0 a 9
292 $tempoRestante=(( $historiasTotal-$numHistorias)*
293 $tempoDecorrido)/$numHistorias;
294 // $tempoRestante= " $tempoRestante" . " segundos";
295
296 //echo 'tempo restante: ' . $tempoRestante;
297
298 $tempoRestante=gmtime("H:i:s", $tempoRestante);
299 //tempo decorrido ate o exato momento
300 //---CALCULOU tempo restante
301 //alterar informacao no banco (colocando o valor do progresso)
302 $query = "UPDATE Simulacoes SET Porcentagem=$porcentagem, TempoPorcentagem=$tempoRestante WHERE Id=$id_simul";
303 $insert = mysql_query($query) or die(mysql_error());
304 //echo("<script>console.log('PHPresultUpdate: ".$insert."');</script>");
305 }
306 else{
307     $query = "UPDATE Simulacoes SET Porcentagem=0 WHERE Id=$id_simul";
308     $insert = mysql_query($query,$connect) or die(mysql_error());
309 }
310 //fim while da linha17
311 //---fim novo -----
312
313 echo "<tr>";
314 echo "<td style='text-align:center;'>".$linhas['Processo_Id'].<br>
315     $nomeDaSimulacao=$linhas['Nome'];
316     if (file_exists($filename)) {
317         echo "<td style='text-align:center;'>
318             <a href='detalhes.php?id=$linhas[Id]&nome=$nomeDaSimulacao&nome=$nomeDaSimulacao'>
319                 role='button'>$nomeDaSimulacao</a>
320             </td>";
321         }
322     else{
323         echo "<td style='text-align:center;'>
324             <a href='detalhes.php?id=$linhas[Id]&nome=$nomeDaSimulacao&nome=$nomeDaSimulacao'>
325                 role='button'>$nomeDaSimulacao</a>
326             </td>";
327         }
328     if($linhas['Status']==1){
329         echo "<td style='text-align:center;'>".<br>
330             "Iniciado".<br>
331         }
332     else if($linhas['Status']==2){
333         echo "<td style='text-align:center;'>".<br>
334             "Em andamento".<br>
335         }
336     else if($linhas['Status']==3){

```

```

338         echo "<td style='text-align:center;'>". "Abortada"."
339     }
340     else{
341
342         echo "<td style='text-align:center;'>". "Finalizada"."
343     }
344     echo ' <td style="text-align:center;">' . $linhas['DataInicio']
345
346     $progresso=$linhas['Porcentagem'];
347     $progresso="$progresso"."%"; //trasnsformando
348     o porgfresso em string e colocando o simbolo
349     % pra o efeito do progress bar
350     $progressoNovo="width:$progresso;";
351     //echo "<td>". $progresso. "</td>";
352     echo "<td>". ' <div class="progress progress-striped active">
353         <div class='bar' style=$progressoNovo;color:black;>$pr
354     ' </div>' .
355         "</td>";
356     echo ' <td style="text-align:center;">' . $linhas['TempoRestant
357
358     if (($linhas['Status']==3) || ($linhas['Status']==4))
359     {
360         echo "<td style='text-align:center;'>". $linhas['DataFim']
361     }
362     else{
363         echo "<td style='text-align:center;'></td>";
364     }
365     if (($linhas['Status']==1) || ($linhas['Status']==2))
366     {
367 //<a href="#" onclick="javascript: if (confirm(
368 'Você realmente deseja excluir esta mensagem?'))
369 location.href='exclui.php'">Excluir</a>
370         echo "
371             <td>
372                 <a href='botaoKill.php?pid=$linhas[Processo_Id]&id=
373                     class='btn btn-danger btn-sm' role='button' >Abort
374                 </td>";
375     }
376     else if (($linhas['Status']==3) || ($linhas['Status']==4))
377     {
378         echo "
379             <td>
380                 <a href='excluiDoBanco.php?id=$linhas[Id]' class='b
381                     btn-sm' role='button'>Excluir do histórico</a>
382
383                 </td>";
384     }
385     if (file_exists($filename)) {
386     echo "<td style='text-align:center;'>
387     <a href='detalhes.php?id=$linhas[Id]&nome=$nomeDaSimulacao&
388         role='button'>Detalhes</a>
389     </td>";
390     }
391     else{
392         echo "<td style='text-align:center;'>
393     <a href='detalhes.php?id=$linhas[Id]&nome=$nomeDaSimulacao&
394         role='button'>Detalhes</a>

```



```

395         </td>";
396     }
397     /*echo "
398     <td>
399         <a href='#'><button type='button' class='btn btn-sm
400         >Cancelar Simulação</button></a>
401     </td>";*/
402     echo "</tr>";
403 }
404?>
405     </tbody>
406 </table>
407 </div>
408 </div>
409 <h1>Lista de Benchmarks</h1>
410 <div class="row">
411     <div class="col-md-12">
412         <hr>
413
414         <table class="table" >
415             <thead>
416                 <tr>
417                     <th style="text-align:center;">PID</th>
418                     <th style="text-align:center;">Nome</th>
419                     <th style="text-align:center;">Status</th>
420                     <th style="text-align:center;">Início</th>
421                     <th style="text-align:center;">Progresso</th>
422                     <th style="text-align:center;">Tempo restante (hh:mm:ss)</th>
423                     <th style="text-align:center;">Término</th>
424
425 <th></th>
426                 <th></th>
427
428                 </tr>
429             </thead>
430             <tbody >
431 <?php
432                 //alterar esse mysql para que a procura seja feita de acordo com o usuario
433                 //so eh p aparecer as simulacoes daquele user.
434                 $resultado=mysql_query("SELECT * FROM Benchmarks
435                 WHERE Usuario_Id=$novo_id_usuario")or die(mysql_error());
436                 while($linhas = mysql_fetch_array($resultado)){
437                     //novo-----
438                     $id_simul=$linhas['Id'];
439                     $nomeDaPasta="Bench".$id_simul;
440                     $filename = "/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/$novo_id_usuario/
441                     $nomeDaPasta/output/stat.txt";
442                     //$linhas=mysql_num_rows($resultado);
443                     //echo $filename;
444                     //Abre o Arquivo no Modo r (para leitura)
445
446                     if (file_exists($filename)) { //verifico se o arquivo existe
447                         if ($linhas['Porcentagem']==100)
448                         {
449                             if (is_null($linhas['DataFim'])){
450                                 $arquivo2 = fopen ("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/
451                                 simulations/$novo_id_usuario/$nomeDaPasta/

```

```
452         output/stat.txt", "r");
453         $cont2=1;
454         // Lê o conteúdo do arquivo
455         while((!feof($arquivo2))&& $cont2<11)
456         //while acaba na 10ª linha
457         {
458             //pega uma linha do arquivo
459             $linha1 = fgets($arquivo2);
460             $cont2=$cont2+1;
461         }
462
463         // Fecha arquivo aberto
464         fclose($arquivo2); //terminou
465         $ano=substr($linha1,46,4);
466         $hhmmss= substr($linha1, 37,8);
467         $dia= substr($linha1,34,2);
468         $mes=substr($linha1, 30,3);
469         switch ($mes) {
470         case 'Jan': {
471             $mes="01";
472             break;
473         }
474         case 'Fev': {
475             $mes="02";
476             break;
477         }
478         case 'Mar': {
479             $mes="03";
480             break;
481         }
482         case 'Apr':{
483             $mes="04";
484             break;
485         }
486         case 'May': {
487             $mes="05";
488             break;
489         }
490         case 'Jun': {
491             $mes="06";
492             break;
493         }
494         case 'Jul': {
495             $mes="07";
496             break;
497         }
498         case 'Aug': {
499             $mes="08";
500             break;
501         }
502         case 'Sep': {
503             $mes="09";
504             break;
505         }
506         case 'Oct': {
507             $mes="10";
508             break;
```

```

509         }
510         case 'Nov': {
511             $mes="11";
512             break;
513         }
514         case 'Dec': {
515             $mes="12";
516             break;
517         }
518
519         default:
520             break;
521     }
522
523     $data="$ano"."-".$mes"."-".$dia"." ".$hhmmss";
524
525     $query = "UPDATE Benchmarks SET Status=4,
526             DataFim='$data' WHERE Id=$id_simul";
527     $insert = mysql_query($query,$connect) or
528     die(mysql_error());
529     }
530     else{
531         $query = "UPDATE Benchmarks SET Status=4 WHERE Id=$id_s
532     $insert = mysql_query($query,$connect) or die(mysql_error());
533     }
534
535 }
536 else
537 {
538     if (($linhas['Status']==1) || ($linhas['Status']==2))
539
540     {
541         $query = "UPDATE Benchmarks SET Status=2 WHERE Id=$id_simul
542
543         $insert = mysql_query($query,$connect) or die(mysql_error())
544     }
545 }
546 $arquivo = fopen ("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulation
547 $novo_id_usuario/$nomeDaPasta/output/stat.txt", "r");
548 $cont=1;
549 // Lê o conteúdo do arquivo
550 while((!feof($arquivo))&& $cont<3)//while acaba na segunda linha
551 {
552     //pega uma linha do arquivo
553     $linha2 = fgets($arquivo);
554     $cont=$cont+1;
555
556 }
557
558 // Fecha arquivo aberto
559 fclose($arquivo);//terminou
560 $numHistorias=preg_replace("/^[0-9]/", "", $linha2);
561 //numero de historias ja feitas
562
563     $historiasTotal=$linhas['NumeroHistorias'];
564
565     $porcentagem=($numHistorias*100)/$historiasTotal;

```

```

566 //echo 'porcentagem: ' . $porcentagem;
567 // $porcentagem="$porcentagem"."%";
568 //-----calculou porcentagem
569
570
571 //-----CALCULAR tempo RESTANTE-----
572 $arquivo2 = fopen ("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/
573 $novo_id_usuario/$nomeDaPasta/output/stat.txt", "r");
574 $cont2=1;
575 // Lê o conteúdo do arquivo
576 while(!feof($arquivo2))&& $cont2<8)//while acaba na 7ª linha
577 {
578     //pega uma linha do arquivo
579     $linha7 = fgets($arquivo2);
580     $cont2=$cont2+1;
581 }
582
583 // Fecha arquivo aberto
584 fclose($arquivo2);//terminou
585 $tempoDecorrido=preg_replace("/[^0-9^.]"/, "",
586 $linha7);//retiro tudo, exceto o ponto e os nuemro de 0 a 9
587
588
589 //tempoDecorrido - numeor de historias ate o moneto
590 $tempoRestante= (($historiasTotal-$numHistorias)
591 *$tempoDecorrido)/$numHistorias;
592 //$tempoRestante= "$tempoRestante" . " segundos";
593
594 //echo 'tempo restante: ' . $tempoRestante;
595
596 $tempoRestante=gmtime("H:i:s",
597 $tempoRestante);//tempo decorrido ate o exato momento
598
599 //alterar informacao no banco (colocando o valor do progresso)
600 $query = "UPDATE Benchmarks SET Porcentagem=$porcentagem,
601 TempoRestante=' $tempoRestante' WHERE Id=$id_simul";
602 $insert = mysql_query($query) or die(mysql_error());
603 //echo("<script>console.log('PHPresultUpdate: ".$insert."');</s
604 }
605 else{
606     $query = "UPDATE Benchmarks SET Porcentagem=0 WHERE Id=$id_simul";
607
608     $insert = mysql_query($query,$connect) or die(mysql_error());
609 }
610
611 //fim while da linha17
612
613 //---fim novo -----
614
615 echo "<tr>";
616     echo "<td style='text-align:center;'>". $linhas['Processo_Id']
617
618     $nomeDaSimulacao=$linhas['Nome'];
619     if (file_exists($filename)) {
620     echo "<td style='text-align:center;'>
621     <a href='benchmarks/detalhesBench.php?id=
622     $linhas[Id]&nome=$nomeDaSimulacao&arquivo=1'

```

```

623         role='button'>$nomeDaSimulacao</a>
624     </td>";
625 }
626 else{
627     echo "<td style='text-align:center;'>
628     <a href='benchmarks/detalhesBench.php?id=$linhas[Id]&nome
629     =$nomeDaSimulacao&arquivo=0' role='button'>$nomeDaSimulacao
630     </td>";
631 }
632
633 if($linhas['Status']==1){
634     echo "<td style='text-align:center;'>". "Iniciado". "</td>";
635 }
636 else if($linhas['Status']==2){
637     echo "<td style='text-align:center;'>". "Em andamento". "</td>";
638 }
639
640 else if($linhas['Status']==3){
641     echo "<td style='text-align:center;'>". "Abortada". "</td>";
642 }
643
644 else{
645
646     echo "<td style='text-align:center;'>". "Finalizada". "</td>";
647 }
648
649
650 echo ' <td style="text-align:center;">' . $linhas['DataInicio'] . "</td>";
651
652 $progresso=$linhas['Porcentagem'];
653 $progresso="$progresso"."%"; //transformando o progresso
654 em string e colocando o simbolo % pra o efeito do progress
655 $progressoNovo="width:$progresso;";
656 //echo "<td>". $progresso. "</td>";
657 echo "<td>". ' <div class="progress progress-striped active">
658     "<div class='bar' style=$progressoNovo;color:black;>$progresso
659     '</div>' .
660     "</td>";
661
662
663 echo ' <td style="text-align:center;">' . $linhas['TempoRestante'] . "</td>";
664
665 if (($linhas['Status']==3) || ($linhas['Status']==4))
666 {
667     echo "<td style='text-align:center;'>". $linhas['DataFim'] . "</td>";
668 }
669 else{
670     echo "<td style='text-align:center;'></td>";
671 }
672
673
674
675 if (($linhas['Status']==1) || ($linhas['Status']==2))
676 {
677
678 //<a href="#" onclick="javascript:
679 if (confirm('Você realmente deseja excluir

```

```

680 esta mensagem?'))location.href='exclui.php' ">Excluir</a>
681         echo "
682             <td>
683             <a href='benchmarks/botaoKillBench.php?
684             pid=$linhas[Processo_Id]&id=$linhas[Id]
685             ' class='btn btn-danger btn-sm' role='button'
686             >Abortar execução</a>
687             </td>";
688         }
689     else if (($linhas['Status']==3) || ($linhas['Status']==4))
690     {
691         echo "
692             <td>
693             <a href='benchmarks/excluiDoBancoBench.php?
694             id=$linhas[Id]' class='btn btn-danger btn-sm'
695             role='button'>Excluir do histórico</a>
696
697             </td>";
698         }
699     if (file_exists($filename)) {
700         echo "<td style='text-align:center;'>
701         <a href='benchmarks/detalhesBench.php?
702         id=$linhas[Id]&nome=$nomeDaSimulacao&arquivo=1'
703         role='button'>Detalhes</a>
704         </td>";
705     }
706     else{
707         echo "<td style='text-align:center;'>
708         <a href='benchmarks/detalhesBench.php?
709         id=$linhas[Id]&nome=$nomeDaSimulacao&arquivo=0'
710         role='button'>Detalhes</a>
711         </td>";
712     }
713
714     /*echo "
715     <td>
716         <a href='#'><button type='button'
717         class='btn btn-sm btn-danger'>Cancelar
718         Simulação</button></a>
719
720     </td>";*/
721     echo "</tr>";
722
723     }
724?>
725     </tbody>
726 </table>
727
728 </div>
729 </div>
730
731 <?php
732 echo "<meta HTTP-EQUIV='refresh' CONTENT='40'>";
733 ?>
734
735 <!-- /container -->
736

```

```
737         <!-- Le javascript
738         ===== -->
739         <!-- Placed at the end of the document so the pages load faster -->
740         <script src="../../assets/js/jquery.js"></script>
741         <script src="../../assets/js/bootstrap-transition.js"></script>
742         <script src="../../assets/js/bootstrap-alert.js"></script>
743         <script src="../../assets/js/bootstrap-modal.js"></script>
744         <script src="../../assets/js/bootstrap-dropdown.js"></script>
745         <script src="../../assets/js/bootstrap-scrollspy.js"></script>
746         <script src="../../assets/js/bootstrap-tab.js"></script>
747         <script src="../../assets/js/bootstrap-tooltip.js"></script>
748         <script src="../../assets/js/bootstrap-popover.js"></script>
749         <script src="../../assets/js/bootstrap-button.js"></script>
750         <script src="../../assets/js/bootstrap-collapse.js"></script>
751         <script src="../../assets/js/bootstrap-carousel.js"></script>
752         <script src="../../assets/js/bootstrap-typeahead.js"></script>
753     </div>
754 </body>
755</html>
756
```

APÊNDICE E – Detalhes individuais para cada simulação

```

1<!DOCTYPE html>
2<html lang="en">
3  <head>
4    <meta charset="utf-8">
5    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
6    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
7    <title>New simulation &middot; Nova simulação</title>
8    <meta name="description" content="">
9    <meta name="author" content="">
10
11    <!-- Le styles -->
12    <link href="../css/bootstrap.css" rel="stylesheet">
13
14
15    <style type="text/css">
16      body {
17        padding-top: 20px;
18        padding-bottom: 40px;
19      }
20
21      /* Custom container */
22      .container-narrow {
23        margin: 0 auto;
24        max-width: 700px;
25
26      }
27      /*command string A string de comando que foi passado para proc_open().
28      pid int Id do processo
29      runnin*/
30      .container-narrow > hr {
31        margin: 30px 0;
32      }
33
34      /* Main marketing message and sign up button */
35      .jumbotron {
36        margin: 60px 0;
37        text-align: center;
38      }
39      .jumbotron h1 {
40        font-size: 72px;
41        line-height: 1;
42      }
43      .jumbotron .btn {
44        font-size: 21px;
45        padding: 14px 24px;
46      }
47
48      /* Supporting marketing content */
49      .marketing {

```



```

50         margin: 60px 0;
51     }
52     .marketing p + h4 {
53         margin-top: 28px;
54     }
55 </style>
56 <link href="../css/bootstrap-responsive.css" rel="stylesheet">
57
58 <!-- HTML5 shim, for IE6-8 support of HTML5 elements -->
59 <!--[if lt IE 9]>
60     <script src="http://html5shim.googlecode.com/svn/trunk/html5.js"></script>
61 <![endif]-->
62
63 <!-- Fav and touch icons -->
64 <link rel="shortcut icon" href="../assets/ico/favicon.ico">
65 <link rel="apple-touch-icon-precomposed" sizes="144x144" href="
66 ../assets/ico/apple-touch-icon-144-precomposed.png">
67 <link rel="apple-touch-icon-precomposed" sizes="114x114" href="
68 ../assets/ico/apple-touch-icon-114-precomposed.png">
69 <link rel="apple-touch-icon-precomposed" sizes="72x72" href="
70 ../assets/ico/apple-touch-icon-72-precomposed.png">
71 <link rel="apple-touch-icon-precomposed" href="../assets/ico/
72 apple-touch-icon-57-precomposed.png">
73 <link rel="stylesheet" href="css/bootstrap.min.css" type="text/css"/>
74 <link rel="stylesheet" href="css/bootstrap.css" type="text/css">
75 </head>
76
77 <body>
78
79     <div class="container-narrow">
80
81         <div class="masthead">
82             <ul class="nav nav-pills pull-right">
83                 <li class="active"><a href="../index.php">Página Inicial</a></li>
84                 <li><a href="#">Sobre</a></li>
85                 <li><a href="#">Contato</a></li>
86             </ul>
87             <h3 class="muted">Radiotherapy Simulations</h3>
88         </div>
89         <?php
90             require "verifica.php";
91             //conectando banco
92             require "conexao.php";
93
94             echo "<font face=\"Verdana\" size=2>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;& Bem-Vindo "
95             . $_SESSION["login"] . " !<BR>\n&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&";
96             // Imprime link de logout
97             echo " | <a href=\"logout.php\">Sair do Sistema</a>";
98
99         ?>
100         <hr>
101 <?php
102
103 $id_usuario= $_SESSION["ID"];
104
105 //transformando em string
106 $novo_id_usuario = (string) $id_usuario;

```

```

107$cid_simul=$_GET['id'];
108$nome=$_GET['nome'];
109$arquivo=$_GET['arquivo'];
110$cid_simul=" ".$cid_simul";
111$resultado2=mysql_query("SELECT Usuario_Id FROM Simulacoes WHERE
112Id=$cid_simul") or die(mysql_error());
113$linhas2 = mysql_fetch_array($resultado2);
114if($novo_id_usuario==2){
115    $novo_id_usuario=$linhas2['Usuario_Id'];
116}
117$instrucaoGrafico="sh /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/ ".$novo_id_usuario"."
118$cid_simul"/output/rodarRootRadioterapia.sh ".$novo_id_usuario"." ".$cid_simul";
119//sh /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/1/Bench9/output/rodarRoot.sh 1 Bench9
120
121$nomeArq="dose_UESC-Dose.mhd";
122//echo "$instrucaoGrafico";
123if (!file_exists("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/$novo_id_usuario/$cid_simul/
124output/RadiotherapyAnalisys.C")){
125exec("cp /var/www/html/bootstrap/bootstrap/radioterapiaUESC/RadiotherapyAnalisys.C
126 /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/'$novo_id_usuario'/'$cid_simul'/output");
127}
128if($arquivo==1){
129
130    if (file_exists("/var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/$novo_id_usuario/
131    $cid_simul/output/rodarRootRadioterapia.sh")){
132
133        exec($instrucaoGrafico);
134    }
135    else{
136
137        exec("cp /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/rodarRootRadioterapia.sh
138        /var/www/html/bootstrap/bootstrap/simulations/'$novo_id_usuario'/'$cid_simul'/output
139
140        exec($instrucaoGrafico);
141}
142sleep(5);
143$caminho="<img src='simulations/$novo_id_usuario/$cid_simul/output/dose_DDP.jpg'>";
144    echo " <h2 align='center'>Detalhes da Radioterapia &OpenCurlyDoubleQuote;
145        ".$nome."&CloseCurlyDoubleQuote;</h2>";
146    echo"<br><br>";
147    ?>
148
149    <fieldset>
150    <div class="container-narrow" >
151    <table class="table table-bordered" >
152    <thead>
153    <tr>
154    <th style="text-align:center;">PID</th>
155    <th style="text-align:center;">Nome</th>
156    <th style="text-align:center;">Angulo</th>
157    <th style="text-align:center;">Energia de Feixe</th>
158    <th style="text-align:center;">Tipo de radiação</th>
159    <th style="text-align:center;">Flatering Filter</th>
160    <th style="text-align:center;">Numero de historias</th>
161    <th style="text-align:center;">Tamanho de campo</th>
162    </tr>
163    </thead>

```

```

164         <tbody >
165     <?php
166         $resultado=mysql_query("SELECT * FROM Simulacoes WHERE Id=$id_simul")or
167         die(mysql_error());
168         $linhas = mysql_fetch_array($resultado);
169         //ABAIXO EXIBINDO DETALHES DA SIMULACAO
170         echo "<tr>";
171         echo "<td style='text-align:center;'>".$linhas['Processo_Id'].</td>";
172         echo "<td style='text-align:center;'>".$linhas['Nome'].</td>";
173         echo "<td style='text-align:center;'>".$linhas['Angulo'].</td>";
174         //pegando energia e radiacao
175         $espacoFaseId=$linhas['EspacoFase_Id'];
176         $resultado2=mysql_query("SELECT * FROM EspacosDeFase WHERE Id=$espacoFaseId")
177         or die(mysql_error());
178         $linhas2 = mysql_fetch_array($resultado2);
179         echo "<td style='text-align:center;'>".$linhas2['EnergiaDeFeixe'].</td>";
180         if($linhas2['TipoRadiacaoEletron']==1){
181             echo "<td style='text-align:center;'>".<td style='text-align:center;'>".</td>";
182         }
183         else{
184             echo "<td style='text-align:center;'>".<td style='text-align:center;'>".</td>";
185         }
186         if($linhas['FlateringFilter']==1){
187             echo "<td style='text-align:center;'>".<td style='text-align:center;'>".</td>";
188         }
189         else{
190             echo "<td style='text-align:center;'>".<td style='text-align:center;'>".</td>";
191         }
192         echo "<td style='text-align:center;'>".$linhas['NumeroHistorias'].</td>";
193         $tamanhoCampoId=$linhas['TamanhoCampo_Id'];
194         $resultado3=mysql_query("SELECT * FROM TamanhosCampo WHERE Id=$tamanhoCampoId")
195         or die(mysql_error());
196         $linhas3 = mysql_fetch_array($resultado3);
197         echo "<td style='text-align:center;'>".$linhas3['Nome'].</td>";
198         echo '</tr>';
199         echo '</tbody>';
200         echo '</table>';
201         echo '</div>';
202         echo '</fieldset>';
203
204         //FIM DA EXIBIÇÃO DOS DETALHES
205         //
206         //
207         echo '<fieldset align="center">';
208         echo '<br><br>';
209         echo $caminho;
210         echo "<a href='/simulations/$novo_id_usuario/$id_simul/output/dose_DDP.jpg'
211         download><p align='center' style='color: red>Clique AQUI para realizar o
212         downlaod do gráfico acima </p></a>";
213     echo"<br><br>";
214
215         echo "<a href='simulations/$novo_id_usuario/$id_simul/output/$nomeArq'
216         download>Download do arquivo .MHD</a>";
217         echo"<br>";
218         echo "<a href='simulations/$novo_id_usuario/$id_simul/output/stat_uesc.txt'

```

```

221         download>Download do arquivo de Estatística</a>";
222         echo"<br>";
223         echo "<a href='simulations/$novo_id_usuario/$id_simul/output/dose_UESC-Dose
224         download>Download do arquivo .RAW</a>";
225         echo"<br>";
226         echo "<a href='simulations/$novo_id_usuario/$id_simul/output/dose_DDP.root'
227         download>Download do arquivo .ROOT</a>";
228         echo"<br><br>";
229
230
231}
232else{
233     echo " <h2 align='center'>Detalhes da Radioterapia &OpenCurlyDoubleQuote;".$nome"."
234     &CloseCurlyDoubleQuote;</h2>";
235     echo"<br><br>";
236     echo"<label>Essa simulação ainda não gerou nenhum arquivo de saída! </label>";
237     echo"<label>A cada 60 segundos esta página será atualizada! </label>";
238}
239     $aux="window.location='historico.php';return false;";
240     $aux2="window.location='historicoAdmin.php';return false;";
241
242
243     if($linhas['Usuario_Id']!=2){//POR ENQUANTO SÓ EXISTE UM ADMINISTRADOR E ELE TEM ID =2
244         echo '<button type="button" class="button btn-danger" onclick="'.$aux.'">Retornar</b
245     }
246     else{
247         echo '<button type="button" class="button btn-danger" onclick="'.$aux2.'">Retornar</b
248     }
249 }
250
251     echo '</div>';
252
253echo "<meta HTTP-EQUIV='refresh' CONTENT='120'>";
254?>
255
256</fieldset>
257
258
259
260
261
262     </div><!-- /container -->
263
264     <!-- Le javascript
265     =====>
266     <!-- Placed at the end of the document so the pages load faster -->
267     <script src="../../assets/js/jquery.js"></script>
268     <script src="../../assets/js/bootstrap-transition.js"></script>
269     <script src="../../assets/js/bootstrap-alert.js"></script>
270     <script src="../../assets/js/bootstrap-modal.js"></script>
271     <script src="../../assets/js/bootstrap-dropdown.js"></script>
272     <script src="../../assets/js/bootstrap-scrollspy.js"></script>
273     <script src="../../assets/js/bootstrap-tab.js"></script>
274     <script src="../../assets/js/bootstrap-tooltip.js"></script>
275     <script src="../../assets/js/bootstrap-popover.js"></script>
276     <script src="../../assets/js/bootstrap-button.js"></script>
277     <script src="../../assets/js/bootstrap-collapse.js"></script>

```

```
278     <script src="../../assets/js/bootstrap-carousel.js"></script>
279     <script src="../../assets/js/bootstrap-typeahead.js"></script>
280
281   </body>
282</html>
```