MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

RELATÓRIO FINAL

(2020 – 2021)

CONSTRUÇÃO DE FANTOMAS E FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA DOSIMETRIA E CONTROLE DE QUALIDADE EM APLICAÇÕES MÉDICAS

DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS COM IMAGENS CT PARA CONSTRUÇÃO DE UM FANTOMA DO HOMEM DE REFERÊNCIA NORDESTINO

Relatório Final apresentado à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação como parte dos requisitos do Programa de Iniciação Científica do IFPE, sob orientação do Prof. **José Wilson Vieira** e coorientação do Prof. **Ivan Eufrázio de Santana**

Anne Isabelle Silva de Oliveira Lima
Campus Recife
Setembro/2021

1. RESUMO

As radiações ionizantes são bastante empregadas no diagnóstico e na terapia de diversas patologias. Devido a isso, surgiram os simuladores do corpo humano chamados de fantomas, cuja finalidade é a de aprimorar a dosimetria e a radioproteção das técnicas existentes, já que o cenário considerado ideal envolveria o uso de corpos reais e o uso de detectores, tornando-se um procedimento não viável e eticamente incoerente dada à exposição sem suficiente benefício ao próprio indivíduo. Os fantomas são modelos que apresentam semelhanças às estruturas biológicas, seja em morfologia e em geometria, em substituição às estruturas reais em simulações da interação da radiação com a matéria. São empregados como um dos componentes envolvidos em Modelos Computacionais de Exposição (MCEs). Neste plano de atividades, os objetivos almejados consistem em construir um Banco de Dados relacional com imagens tomográficas de pacientes reais oriundos do Nordeste brasileiro, modelando-o de acordo com as necessidades definidas, em observância às variáveis e características de estudo, com sua posterior implementação na construção de um fantoma específico do referido grupo populacional. A metodologia empregada consistiu no estudo dirigido acerca dos tipos de fantomas existentes, das técnicas de aquisição tomográfica e da estrutura de um Banco de Dados, no que tange a parte lógica e física, culminando no desenvolvimento de um Banco de Dados relacional. Ao final do projeto, têm-se como resultados um Banco de Dados construído em Linguagem SQL, tendo como Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) o MySQL, com suas funcionalidades testadas e pronto para ser populado com os dados referentes a cada paciente participante do projeto e com um repositório de imagens criado e vinculado a uma conta da Plataforma Google para facilitar o acesso e reduzir as chances de perda de dados.

2. INTRODUÇÃO

As radiações ionizantes, corpusculares ou eletromagnéticas, são amplamente utilizadas na área médica, no que tange ao diagnóstico, mas também à terapia. Conforme MAIA e CAMPOS (2005), "*a fim de aprimorar a dosimetria e a radioproteção em procedimentos médicos envolvendo radiações ionizantes, constata-se a necessidade de simuladores do corpo humano.*"

Fantomas são modelos que se assemelham em morfologia e características antropométricas às estruturas biológicas em estudo, cujo objetivo é o de simular a interação da radiação com a matéria em um Modelo Computacional de Exposição, analisando a resposta apresentada por essa interação. Nessas simulações monta-se todo o cenário de uma exposição à radiação real, porém com todos os elementos de forma virtual/computacional. Segundo Cabral (2015, p. 23)

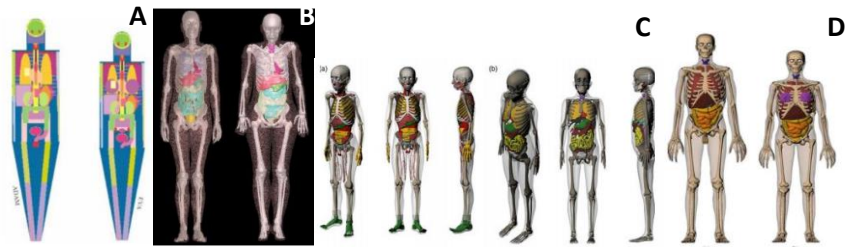
> Em um caso específico como a simulação do transporte da radiação e sua interação com a matéria, por exemplo, a ideia principal é desenvolver um modelo tão similar quanto possível ao sistema real de interesse (o corpo humano, por exemplo), e realizar simulações de interações por meio de amostragens de variáveis aleatórias.

De acordo com COSTA (2011), as maiores adequações desses modelos computacionais aos parâmetros de uma situação real aumentam a fidelidade dos dados obtidos, garantindo que o modelo computacional esteja tão próximo quanto possível da realidade.

A estrutura de um Modelo Computacional de Exposição é objetiva: as estruturas orgânicas corporais, como forma e distribuição espacial, são substituídas por fantomas que representarão a geometria a ser irradiada o mais semelhante possível SANTOS (2016, p.25), uma vez que a realização de testes com corpos humanos reais para avaliar o efeito da radiação nas suas estruturas seria uma conduta imprudente e não ética, visto que a exposição à radiação causa sérios efeitos, como o câncer, além de não ser um procedimento viável; a fonte de radiação desejada para o estudo é substituída por um algoritmo e a interação da radiação com a matéria é substituída por um código Monte

Carlo acoplado, que por sua vez irá simular o transporte da radiação, *"bem como avaliar a energia depositada e grandezas de normalização em regiões de interesse"* (SANTANA, 2019, p. 6).

Diferentes tipos de fantomas são desenvolvidos, seja de forma manufaturada ou comercial, seja de diferentes materiais e formas, a depender da finalidade para a qual se empregam e das características do estudo. Os fantomas computacionais existentes para simulações são categorizados em: fantomas matemáticos, fantomas tomográficos (de voxels), fantomas híbridos e fantomas de malhas poligonais (mesh).



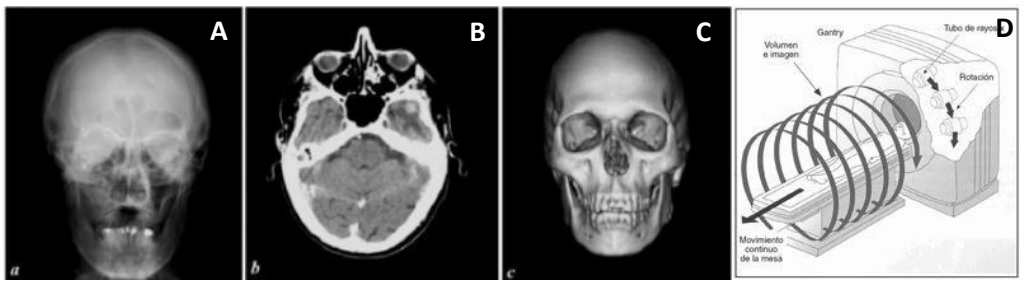
Fantomas computacionais: matemáticos ADAM e EVA (A); de voxels masculino e feminino (B); híbridos de crianças iranianas de 11 anos, menino e menina (C); *mesh* RPI-AM e RPI – AF (D). Fonte: SANTOS (2016) (imagens A, C e D), CABRAL (2015) (imagem B).

É possível construir fantomas para ambos os sexos e em diferentes fases da vida. Entretanto, uma grande problemática reside no fato de que o padrão mundial para estudos, estipulado pelo *International Commission on Radiological Protection* (ICRP), é baseado em um homem da América do Norte e do Norte da Europa, com todas características inerentes ao referente grupo populacional. Logo, para os demais grupos populacionais do Globo, bem como os estudos voltados a eles, são baseados tendo como princípio esse padrão internacional que não necessariamente detém as características físicas, morfológicas e estruturais dos objetos de estudo.

Como visto, um dos tipos de fantoma computacional (o de voxels) é criado tendo como base as imagens realizadas em Tomografia Computadorizada. A técnica de Tomografia surgiu no início dos anos 70, como uma técnica revolucionária para diagnóstico por imagem e como pontapé para a era digital na Radiologia. Sua aplicação baseia-se na absorção diferencial dos Raios-X (radiação ionizante) em função das características peculiares dos mais diversos tecidos, no que diz respeito à atenuação da radiação provocada pelos diversos tecidos.

O processo de aquisição de imagens tomográficas ocorre por meio de cortes anatômicos chamados de varredura, e não por um volume no plano, em rotações de 360° em torno do paciente de uma estrutura chamada de gantry. É empregado um método axial de aquisição de imagens com realização de reconstruções ortogonais e volumétricas, para a obtenção de imagens em outros planos de corte, como o sagital e o coronal. A imagem resultante não é gerada diretamente sobre filme ou telas intensificadoras, sendo na verdade, construída de forma computadorizada de modo digital, permitindo diversos ajustes no brilho, contraste, intensidade e variedade de reconstruções.

Atualmente é empregada quase que na totalidade das especialidades médicas, sendo uma importante ferramenta em clínicas e hospitais para diagnóstico de seus pacientes, mas também para o planejamento de procedimentos terapêuticos, como a Radioterapia. Atualmente, a TC é um método de diagnóstico por imagem eficaz, reprodutível e de custo inferior quando comparado a outros métodos.



Imagens radiográficas da cabeça por: (A) Radiografia frontal; (B) Tomografia Computadorizada em corte axial; (C) Reconstrução 3D na Tomografia, vista frontal; (D) Esquema da Tomografia Computadorizada Helicoidal. Fonte: MOURÃO (2018) (imagens A, B e C); imagem D: Disponível em: <http://leonardoflor.blogspot.com/2011/10/tomografia-computadorizada-helicoidal.html1>. Acesso em 13 de mar. de 2021.

Os dados obtidos através de imagens tomográficas, por sua vez, podem ser armazenados em um Banco de Dados. Banco de Dados (BD) é um local de armazenamento de informações em um sistema, sendo uma coleção de dados logicamente relacionados e com algum significado, projetada, construída, populada e direcionada a um grupo alvo-específico do mundo real e comportando aplicações pré-concebidas que visam atender a esse público. Um Banco de Dados é amplamente empregado no mundo empresarial, porém pode ter aplicações em diversos setores e ramos. Fundamentalmente, todo sistema que exija o mínimo de organização necessita

armazenar seus dados em um Banco que os comporte e os manipule. Entretanto, o uso de um Banco de Dados não é algo extraordinariamente avançado e complexo. Pelo contrário, o contato com um Banco de Dados se dá de maneiras muito sutis no cotidiano, assumindo uma forma muito mais rústica do que o próprio conceito o define. O Banco de Dados é bastante utilizado, por exemplo, em cadastros e login de acesso em páginas da internet. No momento do cadastro são inseridos dados como o nome, senha, e-mail, telefone, endereço e qualquer outro dado a respeito daquele usuário. Indo para uma perspectiva mais próxima da realidade dos estudantes e servidores do IFPE, tem-se um excelente exemplo a ser dado: o Q-Acadêmico. O Q-acadêmico nada mais é do que um Banco de Dados idealizado para armazenar informações acadêmicas (como dados pessoas, notas, frequência, material de aula e etc), permitindo o acesso à plataforma se o LOGIN e a SENHA estiverem preenchidos corretamente no momento do acesso.

No Banco de Dados, utilizam-se entidades dotadas de atributos. Esses atributos são características associadas àquela entidade. No exemplo do Q-Acadêmico, a entidade designada poderia ser ESTUDANTE, enquanto que os atributos seriam LOGIN e SENHA. A manipulação desses dados contidos no Banco de Dados assim como a sua construção, só é possível graças ao Sistema de Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).

Neste plano de atividades, os objetivos almejados consistem em construir um Banco de Dados relacional em linguagem SQL, a ser populado com dados obtidos (devidamente coletados e catalogados) de imagens tomográficas de pacientes naturais da região nordeste brasileira, modelando-os de acordo com as necessidades a serem definidas, em observância às variáveis e características de estudo, para que, através de um estudo estatístico, se possa chegar às características do Homem de Referência Nordestino.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste plano de atividades consiste em construir um Banco de Dados relacional com imagens tomográficas de pessoas reais do Nordeste brasileiro, dispondo-o de forma a armazenar dados do referido grupo populacional, levando em conta atributos pré-estabelecidos, para, em outro momento, realizar a construção de

um fantoma computacional do homem de referência nordestino com base nos dados obtidos. Os objetivos específicos são:

- Coletar imagens CT de pessoas adultas, de ambos os sexos, saudáveis e nascidas no Nordeste brasileiro;
- Desenvolver um Banco de Dados em MySQL (MySQL 8.0, 2020) para organizar e disponibilizar imagens em função de variáveis como região do corpo, idade, massa e altura;
- Segmentar os grandes tecidos e órgãos bem como os tecidos e órgãos radiossensíveis (ICRP 103, 2007) dos conjuntos adquiridos e também armazenar os resultados no BD;
- Realizar um estudo estatístico das características anatômicas dos órgãos e tecidos constantes nas imagens CT segmentadas para definir o homem de referência nordestino e construir seu fantoma computacional;
- Utilizar o fantoma do homem de referência nordestino e um fantoma baseado na ICRP 89 (2002) em simulações dosimétricas para avaliar possíveis diferenças dosimétricas relacionadas com a diferença de biotipo.

4. METODOLOGIA

As atividades foram desenvolvidas no laboratório do Grupo de Dosimetria Numérica do IFPE – *Campus* Recife, mas também de forma remota, utilizando um notebook desktop da marca DELL, com a seguinte configuração: processador Intel Core i5A, memória RAM de 8 GB, com armazenamento interno de 1 TB e com Windows 10. Também foram utilizados diversos programas/softwares livres, cujas funcionalidades serão explicitadas mais a frente, como o brModelo, o Sublime Text, o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) MySQL e, por fim, a plataforma Google, mais especificamente o Drive associado a um e-mail criado para uso exclusivo do projeto. A metodologia inicial consistiu em 04 (quatro) etapas fundamentais, listadas abaixo:

1. Coleta de Imagens
2. Desenvolvimento do Banco de Dados
3. Armazenamento das imagens catalogadas
4. Estudo Estatístico das Imagens

O primeiro passo da metodologia aplicada nesta pesquisa consiste na aquisição das imagens para se montar a amostragem da população nordestina. A amostragem é definida como um processo de *"retirada de quantidades moduladas de material (incrementos) de um todo que se deseja amostrar (...) de tal forma que esta seja representativa do todo amostrado."* (GÓES *et al.* 2004, p. 19).

Essa coleta não ocorreria de maneira despretensiosa e livre de quaisquer critérios, mas com critérios específicos que atendam às necessidades da pesquisa, mas que em contrapartida, preservem o paciente cujas imagens se pretende avaliar. A aquisição das imagens deve seguir alguns critérios:

1. Pacientes de ambos os sexos;

2. Naturais do Nordeste Brasileiro;

3. Clínicas e hospitais públicos e/ou privados;

4. De corpo inteiro ou partes dele;

5. Estruturas sem alterações anatômicas significativas devido a patologias.

Devido à tecnologia, os procedimentos tomográficos ficam armazenados nos centros de imagem por um determinado período, o que facilita a aquisição desses exames. Este acesso se dá através dos profissionais que atuam nos serviços tanto públicos quanto privados, tendo como enfoque os pólos médicos regionais, pela quantidade superior de exames realizados, tanto de pacientes da região quanto de outras localidades, assim como pela gama de exames tomográficos realizados. Neste aspecto, Pernambuco detém o título de segundo maior polo médico do Brasil, ficando atrás apenas do pólo médico presente em São Paulo, e o primeiro do Norte e Nordeste. Sendo assim, a coleta de dados não precisaria ser estendida para limites muito além do estado, caso não fosse possível essa expansão, visto que diversos pacientes vindos de outras partes e regiões procuram os serviços médicos e imagiológicos oferecidos em Pernambuco. Entretanto, para aumentar a amostragem populacional, é interessante buscar outros polos médicos pela região Nordeste, mesmo que de menores proporções.

Após a coleta, estes dados obtidos através das imagens seriam computados e armazenados no Banco de Dados criados para este projeto (etapas 2 e 3 da

metodologia), para posteriormente serem analisados de forma estatística de acordo com as características anatômicas consideradas e segmentadas.

Dada a complexidade dos objetivos e da metodologia aplicada, decidiu-se, para a vigência deste projeto (biênio 2020-2021), realizar o desenvolvimento do Banco de Dados em MySQL para organizar e disponibilizar as imagens em função de variáveis definidas, cumprindo o passo 2 da metodologia. De início, antes de realizar qualquer atividade prevista, implementou-se estudos dirigidos acerca dos fantomas computacionais e suas diferenças, da técnica de Tomografia Computadorizada, além da construção, arquitetura e implementação de um Banco de Dados com característica relacional, a fim de melhor entender os dados que devem ser obtidos e como trabalhá-los para dar prosseguimento ao projeto em outras vigências.

Decidiu-se que o Banco de Dados seria criado utilizando a linguagem SQL e o MySQL como Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), por ser o SGBD mais difundido e livre para o público em geral. Como explicado, para desenvolver o Banco de Dados, precisou-se estudar aspectos relacionados à estrutura que um Banco de Dados possui em sua criação e para sua adequada operacionalização, linguagens utilizadas, relações entre entidades, bem como seu estruturamento lógico e físico.

O desenvolvimento de um BD passa por uma série de etapas, iniciando pela modelagem conceitual e lógica, passando para uma modelagem física e culminando assim na sua criação dentro do SGBD.

Antes da escrita programacional (também chamada de modelagem física) do Banco de Dados, precisou-se criar uma modelagem conceitual, a fim de estabelecer parâmetros de relação, cardinalidade e obrigatoriedade, assim como dos atributos relacionados às entidades principais. Para tal, utilizou-se o programa gratuito brModelo. A partir da modelagem conceitual, passou-se para a modelagem física, que é a escrita de programação em Linguagem SQL e no respectivo Sistema Gerenciador de Banco de Dados, utilizando o software gratuito e livre Sublime Text.

Como as linhas de programação não podem ser escritas diretamente no console do Gerenciador de Banco de Dados, o MySQL, visto que se houver algum erro de digitação ou de sintaxe presente nas linhas de códigos, os comandos não serão executados e a parte incorreta não pode ser corrigida, surgiu a necessidade de uma escrita prévia no software Sublime Text para uma melhor escrita, que inclua revisão e

correção de possíveis erros, para posterior inserção no console do MySQL. Feita a escrita, as linhas de programação são copiadas e coladas no console do MySQL. Quando essa inserção é feita no MySQL e ainda consta algum erro, o próprio SGBD informa que a ação requerida não pôde ser executada e mostra a linha do código em que se encontra o erro.

No Banco de Dados, propriamente dito, seriam armazenadas as informações acerca do paciente: idade, estado, cidade, sexo, peso, altura, assim como os dados referentes às imagens tomográficas, como matriz, dimensão, incremento, parte do corpo, dentre outros dados como o endereço onde o paciente reside. As imagens tomográficas coletadas, em si, seriam armazenadas no Drive de um e-mail Google, armazenando assim essas imagens na "nuvem", para evitar perdas de dados do projeto. Para tal finalidade, foi criado um endereço de email (com domínio gmail) para que o espaço de armazenamento oferecido no Drive pudesse ser aproveitado. Por fim, a última etapa da metodologia é o estudo estatístico das imagens e das informações coletadas para a construção de um modelo representativo do homem nordestino, disponibilizando também o Banco de Dados para ser trabalhado e populado por outros pesquisadores.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante esses meses de pesquisa científica conseguiu-se elaborar um Banco de Dados, em linguagem SQL e tendo como Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) o MySQL, com a utilização de softwares livres e gratuitos (como o brModelo e o Sublime Text) em determinadas partes do processo de construção do BD, assim como, um espaço de armazenamento das imagens tomográficas propriamente ditas dentro da Plataforma Google, mais especificamente na "nuvem", para que não haja a possibilidade de perda dessas imagens e dos dados contidos nelas. Este Banco de Dados foi testado com dados genéricos para avaliar sua funcionalidade e encontra-se pronto para receber os dados obtidos dos pacientes reais e naturais do nordeste brasileiro.

Como já falado no tópico anterior, antes de seguir na escrita programacional do Banco de Dados (ou seja, as linhas de programação em linguagem SQL) é preciso criar

uma modelagem conceitual para fazer as relações necessárias à estrutura do Banco de Dados, para a partir disso, iniciar a construção de fato.

É importante destacar que a modelagem conceitual trata os conceitos fundamentais abstraídos do mundo real visando uma solução, portanto, independente da arquitetura do banco de dados, enquanto que na modelagem física há uma descrição da maneira como os dados serão armazenados no Sistema Gerenciador de Banco de Dados, convertendo as regras estabelecidas no modelo conceitual em regras de integridade.

A modelagem conceitual consiste em um esquema lógico de representação gráfica e em forma de diagrama do Banco de Dados, no qual são colocadas espacialmente, no ambiente de criação, as entidades que serão utilizadas e os seus atributos (características) correlacionados, além das relações existentes, de acordo com o escopo já elaborado do projeto e as necessidades requeridas quanto à funcionalidade do Banco de Dados. O software utilizado para a modelagem conceitual foi o BrModelo, de caráter livre, gratuito e de fácil acesso a um desktop convencional.

Exemplo de Banco de Dados relacional criado no brModelo, com duas entidades dotadas de atributos, como idade, nome, valor e número. Fonte: CÂNDIDO (2004)

Nesta etapa, definiu-se como entidade,s para o Banco de Dados deste projeto, PACIENTE, ENDEREÇO e DADOS TOMOGRÁFICOS, cada qual com seus atributos necessários à construção do Banco. Cada atributo foi pensado e definido de forma a tornar mais preciso e específico cada dado inserido no Banco de Dados, para que não existam dubiedades acerca de cada paciente e suas informações, mas também de forma a preservar os dados o máximo possível.

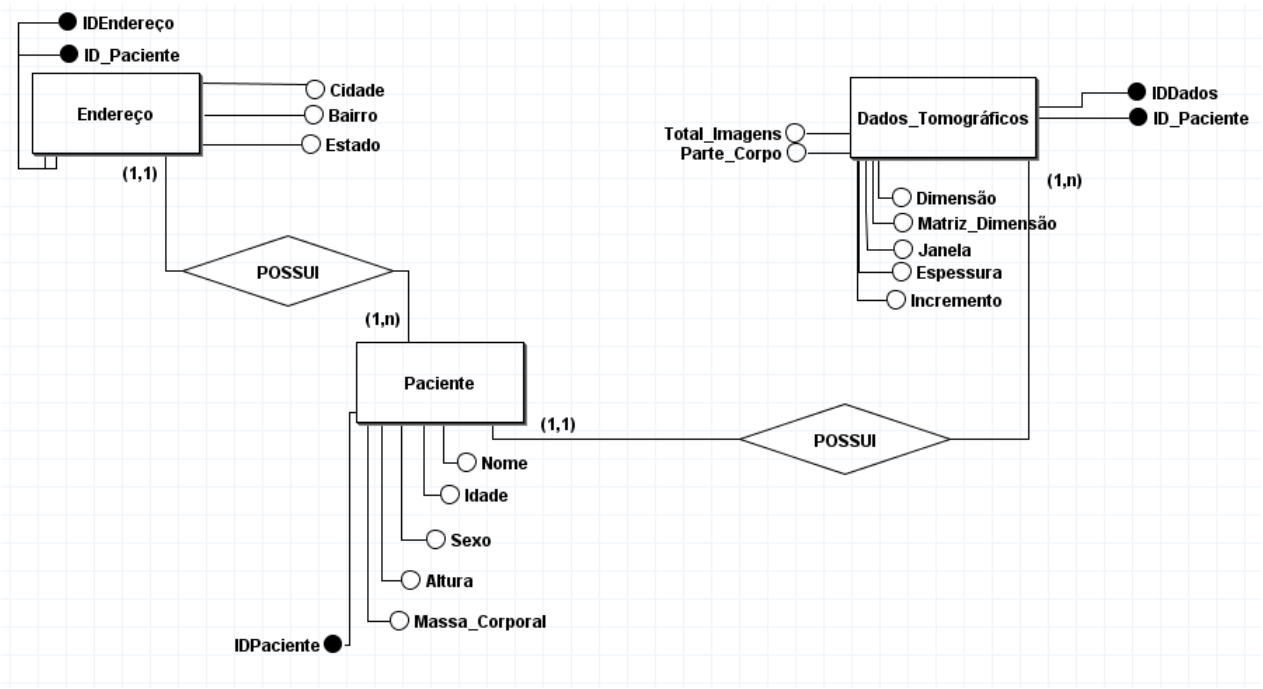
Para a entidade PACIENTE se definiu os seguintes atributos: Nome, Idade, Sexo, Altura, Massa Corporal e ID (explicado mais à frente); para a entidade ENDEREÇO, os

atributos foram: Cidade, Bairro, Estado, IDEndereço e ID_Paciente; já para DADOS TOMOGRÁFICOS foram escolhidos como atributos: Total de Imagens, Parte do Corpo, Dimensão, Dimensão da Matriz, Janela, Espessura, Incremento, IDDados e ID_Paciente.

Estruturalmente, cada entidade se encontra em um Banco de Dados como uma tabela em que cada linha corresponde a um atributo. Entretanto, precisou-se segmentar as informações em 3 (três) distintos atributos para que os dados pudessem ser melhor explorados, o que levou à necessidade de interligar essas tabelas entre si. Isso só foi possível graças ao ID (*Identity,* identidade em inglês). O ID nada mais é que uma forma de identificação primária daquele conjunto de dados no Banco, relacionados a um objeto (no caso do projeto, a um paciente real), que permite uma diferenciação entre dados muito semelhantes, porém não iguais. O ID é uma identificação única daquele objeto, não repetitiva e que pode ser programada para ser auto incrementada.

Como se pode observar na modelagem conceitual abaixo, as entidades ENDEREÇO E DADOS TOMOGRÁFICOS apresentam 2 IDs. Os IDs IDEndereço e IDDados são chaves primárias para identificação dentro daquele conjunto, já os IDs ID_Paciente em ambos os casos são chaves denominadas FOREIGN KEY (ou Chave Estrangeira, quando traduzido para o Português). Essas chaves são responsáveis por interligar os dados entre tabelas, por isso o nome *estrangeira,* pois unem dados de uma outra tabela (estrangeira à tabela entidade original) dentro da tabela onde estão colocadas.

Dessa forma, os dados inseridos na tabela entidade PACIENTE são correlacionados diretamente aos dados das tabelas ENDEREÇO e DADOS TOMOGRÁFICOS por causa das chaves estrangeiras, sem a necessidade de recorrer manualmente às outras entidades em busca dos dados, já que o Banco fará isso automaticamente e sem confusão quanto aos objetos e seus dados. A imagem a seguir mostra a modelagem conceitual feita no software brModelo:



Modelagem Conceitual do Banco de Dados utilizado neste plano de atividades. Fonte: A Autora (2020)

É importante ressaltar que as nomenclaturas usadas para nomear as chaves primárias e estrangeiras podem ser alteradas da modelagem conceitual para a física, visto que a modelagem conceitual serve como um roteiro lógico para a escrita dos códigos da modelagem física.

Como visto, as entidades e suas relações são sinalizadas na modelagem conceitual com formas geométricas diferentes, em que a entidade principal é a PACIENTE e ela possui 2 outras entidades relacionadas, as entidades ENDEREÇOS e DADOS TOMOGRÁFICOS. Também foi na modelagem conceitual que se estabeleceu as relações de obrigatoriedade e cardinalidade dos dados.

Feita a parte lógica, passou-se para parte física em que se fez a escrita dos códigos a serem inseridos no console do Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), o MySQL, em um outro software livre e gratuito, uma vez que erros não podem ser apagados dentro do console. O software escolhido foi o Sublime Text. É nesse momento que cada atributo terá o tipo de dados selecionado, sejam caracteres ou números, assim como suas respectivas extensões a fim de otimizar o Banco de Dados. As imagens abaixo mostram todo o código escrito no Sublime Text, para apontamentos das entidades com seus respectivos atributos, tipos de dados e relações estabelecidas.

```sql
CREATE TABLE PACIENTE(
    NOME VARCHAR(50) NOT NULL,
    IDADE INT(3) NOT NULL,
    SEXO CHAR(1) NOT NULL,
    ALTURA FLOAT(3,2) NOT NULL,
    MASSA_CORPORTAL FLOAT(5,2) NOT NULL,
    ID INT AUTO_INCREMENT,
        PRIMARY KEY(ID));


CREATE TABLE ENDERECO(
    CIDADE VARCHAR(30) NOT NULL,
    BAIRRO VARCHAR(50) NOT NULL,
    ESTADO CHAR(2) NOT NULL,
    ID_PACIENTE INT,
    ID INT AUTO_INCREMENT,
        PRIMARY KEY(ID));
```

```sql
    ID INT AUTO_INCREMENT,
        PRIMARY KEY(ID));

ALTER TABLE ENDERECO ADD CONSTRAINT FK_PACIENTE
    FOREIGN KEY (ID_PACIENTE)
    REFERENCES PACIENTE (ID);



CREATE TABLE DADOS_TOMOGRAFICOS(
    PARTE_CORPO VARCHAR(30) NOT NULL,
    TOTAL_IMAGENS INT NOT NULL,
    DIMENSAO VARCHAR(30) NOT NULL,
    MATRIZ_DIMENSAO VARCHAR(30) NOT NULL,
    JANELA VARCHAR(30) NOT NULL,
    ESPESSURA FLOAT(3,2) NOT NULL,
    INCREMENTO FLOAT(3,2) NOT NULL,
```

```sql


CREATE TABLE DADOS_TOMOGRAFICOS(
    PARTE_CORPO VARCHAR(30) NOT NULL,
    TOTAL_IMAGENS INT NOT NULL,
    DIMENSAO VARCHAR(30) NOT NULL,
    MATRIZ_DIMENSAO VARCHAR(30) NOT NULL,
    JANELA VARCHAR(30) NOT NULL,
    ESPESSURA FLOAT(3,2) NOT NULL,
    INCREMENTO FLOAT(3,2) NOT NULL,
    ID_PACIENTE INT NOT NULL,
    ID INT AUTO_INCREMENT,
        PRIMARY KEY(ID));

ALTER TABLE DADOS_TOMOGRAFICOS ADD CONSTRAINT FK_PACIENTE_DADOS
    FOREIGN KEY(ID_PACIENTE)
    REFERENCES PACIENTE(ID);
```

Códigos na Linguagem SQL escritos no Sublime Text, prontos para serem copiados no console do MySQL. Fonte: A Autora (2021)

```
mysql> USE PROJETO_FANTOMA;
Database changed
mysql> CREATE TABLE PACIENTE(
    -> IDADE INT (3) NOT NULL,
    -> ESTADO CHAR (2) NOT NULL,
    -> CIDADE VARCHAR (100) NOT NULL,
    -> SEXO CHAR (1) NOT NULL,
    -> MASSA_CORPORAL FLOAT (5,2) NOT NULL,
    -> ALTURA FLOAT (3,2) NOT NULL,
    -> ID INT AUTO_INCREMENT,
    -> PRIMARY KEY (ID));
Query OK, 0 rows affected, 3 warnings (0.51 sec)
```

Parte da escrita introduzida no console do MySQL, indicando que o comando inserido dentro do Banco de Dados foi realizado sem quaisquer problemas. Note a entidade chamada paciente e os dados requisitados para o preenchimento do Banco de Dados: idade, estado, cidade, sexo, peso, altura e uma chave primária para identificação e correlação com os dados tomográficos obtidos e dados relacionados ao endereço oferecido. Fonte: A Autora (2020)

Discutiu-se a possibilidade de armazenar as imagens propriamente ditas no Banco de Dados, ao invés de apenas armazenar os dados oriundos delas. Entretanto, a estrutura do Banco de Dados não oferece suporte para armazenamento de arquivos de imagem (independente do domínio). Por conta disso, criou-se uma conta na plataforma Google (*banco.imagensCT@gmail.com*) para armazenar as imagens, obtidas na coleta, no Drive conectado à nuvem, tanto por ser uma ferramenta gratuita, mesmo que limitada a um armazenamento de 15 GB, mas também por ser de fácil acesso e de ser uma medida de segurança contra a perda de dados.

Pesquisou-se maneiras de agregar as funcionalidades do Drive com as do Banco de Dados, permitindo que seja possível manipular o Banco de forma que se tenha acesso às imagens sem a necessidade de entrar no endereço de e-mail supracitado. Dessa forma, chegou-se a 3 (três) alternativas:

1. O armazenamento das imagens na nuvem, e o acesso a elas através do consumo de uma *API REST* (conjunto de boas práticas utilizadas nas requisições HTTP realizadas por uma API em uma aplicação web);

2. Redirecionamento por um link, salvando-os no Banco de Dados e tendo acesso às imagens através de um botão no *front* (termo usado para se referenciar ao lado do usuário num Desenvolvimento Web), capturando as imagens para visualização do usuário e

3. Armazenamento das imagens em um servidor local (dispositivo, geralmente um computador com alto poder de processamento e capacidade de armazenamento, que está localizado fisicamente nas instalações da empresa/residência e atende requisições de um cliente na rede local ou LAN) juntamente com a sua aplicação Web ou Desktop, onde serão disponibilizadas as imagens da aplicação neste mesmo servidor, acessadas localmente neste servidor, não necessitando fazer requisições para capturar as imagens, já que ambos estão no mesmo local (o servidor). Seja qual for a alternativa escolhida, o projeto necessitará de um ou mais desenvolvedores para realização dessas atividades relacionadas às imagens coletadas, dada a complexidade das operações.

6. CONCLUSÕES

As radiações ionizantes são amplamente utilizadas na medicina para diagnosticar e tratar as mais diversas doenças, desde que com segurança e com otimização, para todos os envolvidos. Sendo assim, a dosimetria e a radioproteção são questões muito abordadas, exigindo assim um nível de aprimoramento alto. Nesse cenário surgem os fantomas, que são simuladores antropomórficos, físicos ou virtuais, que em muito se assemelham aos tecidos e estruturas corporais reais, agindo como substitutos de corpos reais em estudos da interação da radiação com os tecidos.

Há muitos tipos de fantomas, cada qual com sua peculiaridade e uso designado. No caso dos fantomas computacionais (criados a partir de figuras geométricas, imagens de tomografia computadorizada ou de polígonos e referências anatômicas detalhadas), são um componente importante nos Modelos Computacionais de Exposição (MCEs) para análise da interação da radiação com a matéria. As imagens tomográficas utilizadas para a construção de um fantoma de voxel (ou tomográfico) podem ser armazenadas em um Banco de Dados, para serem manipuladas de acordo com as necessidades.

O Banco de Dados é uma excelente ferramenta para o armazenamento e manipulação de dados em diversas áreas, destacando-se a área da pesquisa, visto que um Banco de Dados é um local de armazenamento de dados em um sistema, sendo uma coleção de dados logicamente relacionados, projetado e populado e direcionado a um objetivo específico, comportando aplicações pré-estabelecidas. É construído com base em entidades dotadas de atributos, relacionados de forma a gerar informações úteis de acordo com o seu escopo de desenvolvimento.

No contexto deste projeto, o Banco de Dados foi desenvolvido para armazenar dados acerca de pacientes reais e naturais do Nordeste Brasileiro, que cumpram alguns requisitos propostos, para, em outro momento, serem utilizados para a construção de um fantoma característico da população nordestina. Devido a questões burocráticas e de proteção devido ao momento pandêmico, este projeto debruçou-se em construir o Banco de Dados que irá armazenar as informações gerais, endereço e os dados tomográficos dos pacientes que irão participar do projeto, deixando os demais objetivos para o prosseguimento do plano de atividades em outras vigências.

O Banco de Dados foi construído tendo como linguagem SQL e como Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) o MySQL. Para sua construção precisou-se passar pelas fases lógica-conceitual e física, nas quais se elaborou esquemas e a escrita do código para posterior transferência e inserção no console do MySQL, utilizando softwares livres e gratuitos específicos para cada atividade. Ao final deste projeto, dispõe-se de um Banco de Dados pronto para ser populado com dados de pacientes reais e naturais do Nordeste Brasileiro, assim como um espaço de armazenamento no Drive de um endereço de e-mail, vinculado à plataforma Google, o qual pode ser utilizado como repositório de imagens podendo ambas as ferramentas serem disponibilizadas para outros pesquisadores, que possam utilizá-lo como repositório de informações úteis às suas pesquisas, mas também para que possam popular o Banco com mais dados referentes à população nordestina, dessa forma, aumentando ainda mais a quantidade de dados disponíveis a serem estudados.

7. REFERÊNCIAS

AMARO JÚNIOR, Edson; YAMASHITA, Helio. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v. 23, p. 2-3, 2001.

CABRAL, M. O. M. **Desenvolvimento de um modelo computacional de exposição para uso em avaliações dosimétricas em gestantes.** Dissertação de Mestrado, PROTEN, UFPE, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/14027/1/DEFESA_ManuelaOhana MonteiroCabral_2015.pdf>. Acesso em 05 de mar. de 2021.

CÂNDIDO, Carlos H. brmodelo: Ferramenta de modelagem conceitual de banco de dados. **Monografia de Pós Graduação**, 2004.

CARVALHO, Antonio Carlos Pires. História da tomografia computadorizada. **Revista Imagem**, v. 29, n. 2, p. 61-66, 2007.

COSTA, K. S. S. **Desenvolvimento de Modelos Antropomórficos Patológicos usando Técnica de Modelagem 3D para Dosimetria Numérica**. Dissertação de Mestrado, PROTEN, UFPE, Recife, Pernambuco, 2011, 64 p.

GÓES, M. A. C. de; LUZ, A. B. da; POSSA, M. V.. Amostragem. **Tratamento de Minérios**. 4ª ed. Cap. 2. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/Amostragem_CT2004-180-00.pdf>. Acesso em 11 de mar. de 2021.

MAIA, Margareth; DE CAMPOS, Tarcisio Passos Ribeiro. ATRIBUTOS DE UM FANTOMA COMPUTACIONAL E REAL DE TRONCO FEMININO PARA DOSIMETRIA. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2005/full/2268.pdf>. Acesso em 29 de ago. de 2021.

MOURÃO, Arnaldo Prata. **Tomografia computadorizada: tecnologias e aplicações.** Difusão Editora, 2018.

SANTANA, Ivan Eufrázio de. **Ferramentas computacionais para construção de um fantoma e otimização de modelos computacionais de exposição em braquiterapia de próstata.** 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35159>. Acesso em 29 de ago. de 2021.

SANTOS, A. M. dos. **Desenvolvimento de um modelo computacional para cálculos de dose absorvida em órgãos e tecidos do corpo humano nas situações de exposições acidentais.** Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/9664/1/arquivo9084_1.pdf>. Acesso em 05 de mar. de 2021.

SANTOS, P. N. C. **Simulação de um tratamento radioterápico crânio-espinhal utilizando um fantoma de voxel infantil e espaços de fase representativos de um acelerador linear.** Dissertação de Mestrado, PROTEN, UFPE, Recife, Pernambuco, 2016. Acesso em 02 de mar. de 2021.

SILVA, S. D. da. Desenvolvimento de um fantoma de tórax e mama para comparações de protocolos de radioterapia mamária. **Belo Horizonte: UFMG,** 2018.