

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA BIOMÉDICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**GABRIELLA LELIS SILVA**

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TOMÓGRAFOS NO  
BRASIL E AVALIAÇÃO DO GRAU DE UTILIZAÇÃO E  
USABILIDADE DOS TOMÓGRAFOS DE UM  
ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE  
PÚBLICO**

**UBERLÂNDIA-MG**

**2017**

**GABRIELLA LELIS SILVA**

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TOMÓGRAFOS NO BRASIL E  
AVALIAÇÃO DO GRAU DE UTILIZAÇÃO E USABILIDADE DOS  
TOMÓGRAFOS DE UM ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE  
SAÚDE PÚBLICO**

**Dissertação** apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**.

Área de Concentração: Engenharia de Sistemas de Saúde.

Orientadora: Profa. Selma Terezinha Milagre

---

Professora Doutora Selma Terezinha Milagre  
Orientadora

---

Professor Doutor Edgard Afonso Lamounier Júnior  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

**UBERLÂNDIA-MG**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

- S586a  
2017
- Silva, Gabriella Lelis, 1990  
Análise da distribuição de tomógrafos no Brasil e avaliação do grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um estabelecimento assistencial de saúde público / Gabriella Lelis Silva. - 2017.  
101 p. : il.
- Orientadora: Selma Terezinha Milagre.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.  
Inclui bibliografia.
1. Engenharia biomédica - Teses. 2. Tomografia computadorizada - Teses. 3. Tomógrafos Computadorizados - Usabilidade - Teses. I. Milagre, Selma Terezinha. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. III. Título.

# **ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TOMÓGRAFOS NO BRASIL E AVALIAÇÃO DO GRAU DE UTILIZAÇÃO E USABILIDADE DOS TOMÓGRAFOS DE UM ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE PÚBLICO**

**Dissertação** aprovada para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia (Minas Gerais) pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 14 de agosto de 2017

Professora Doutora Selma Terezinha Milagre - orientadora  
Universidade Federal de Uberlândia – Minas Gerais

Professor Doutor Adriano Alves Pereira  
Universidade Federal de Uberlândia – Minas Gerais

Professora Doutora Maria Fernanda Soares de Almeida  
Instituto Federal do Triângulo Mineiro

**Dedico este trabalho aos meus familiares, em especial a minha mãe, por todo seu esforço, carinho e dedicação.**

# AGRADECIMENTOS

À DEUS, que se faz presente em todos os momentos da minha vida. Por me permitir vivenciar essa experiência e pela oportunidade de conhecer pessoas tão importantes que estão sempre ao meu lado, me ajudando e dando apoio nos momentos difíceis.

À minha família, em especial aos meus pais, Jairo Lopes da Silva e Simone Lelis Silva, pelo amor incondicional, carinho, dedicação e por todo esforço que fez e tem feito para que eu consiga realizar todos os meus sonhos. À minha irmã, Izabella Lelis Silva, que é a minha base, minha inspiração, que está sempre por perto, incentivando e apoiando minhas escolhas. À minha avó Maria Isabel de Souza, por ser tão dedicada à nossa família e meu exemplo de pessoa. E a todos meus familiares, pelo incentivo e por sempre torcerem por mim.

Aos meus amigos e namorado, que estão sempre presentes, nos melhores e piores momentos da minha vida, me dando alegria e suporte.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Faculdade de Engenharia Biomédica, ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), ao Laboratório de Pesquisa do Núcleo de Inovação e Avaliação Tecnológica em Saúde (NIATS), pelo apoio e a disponibilização dos recursos necessários para a realização desta pesquisa.

À todos os funcionários do EAS, incluindo todos que disponibilizaram os dados necessários e aos que se disponibilizaram participarem da pesquisa, respondendo os questionários existentes neste estudo. Agradeço pela atenção, educação e dedicação de cada um tornando-se possível a realização dessa pesquisa.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante o período de realização deste mestrado.

Ao Eduardo Coura, Diana Santos e Marcelo Gutierrez pela ajuda, apoio, colaboração e orientação na realização deste estudo.

À minha professora e orientadora Profa Dra Selma Terezinha Milagre, pela atenção, cuidado, apoio e incentivo durante toda a realização deste trabalho. Agradeço por sempre depositar em mim confiança na realização de nossos trabalhos, procurando sempre expandir meus conhecimentos e aumentar meu ciclo profissional.

G. Lelis Silva. **Análise da distribuição de tomógrafos no Brasil e avaliação do grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um estabelecimento assistencial de saúde público.** 2017. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

## **Resumo**

A Tomografia Computadorizada (TC) é uma importante área na medicina que oferece imagens com maior potencial de diagnóstico, além de serem utilizados no planejamento da radioterapia. Perante a importância dos tomógrafos nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), há a necessidade de realização de um estudo avaliativo para garantir acesso a toda a população aos serviços de saúde de forma igualitária, além de oferecer segurança, efetividade e satisfação do operador frente à tecnologia. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar se a distribuição dos tomógrafos no Brasil, no ano de 2015, esteve de acordo com os parâmetros aprovados pela Portaria nº 1.631, comparando com os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de cada região. Além disso, foi realizado um estudo de caso para avaliar o grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um EAS público. Como resultado, constatou-se que há uma desigualdade na acessibilidade aos serviços de TC, sobretudo em regiões em que o IDHM é mais baixo. Com relação ao estudo de caso, os dados calculados apontaram uma subutilização dos tomógrafos do EAS, sendo o principal fator que contribuiu para essa subutilização a ocorrência de falhas nos tomógrafos do setor de Imagens e a impossibilidade de utilização do tomógrafo da Oncologia em ambos os períodos, para evitar sobrecarga elétrica e, conseqüentemente, queda de energia no setor. Com relação à medida de usabilidade, embora os dados calculados do questionário EUS tenham sido satisfatórios para todos os tomógrafos, a avaliação heurística realizada para os tomógrafos do setor de Imagens, apontaram problemas de usabilidade com necessidades de correção.

---

*Palavras Chave: Tomógrafo. Distribuição. Grau de Utilização. Usabilidade.*

G. Lelis Silva. **Analysis of the distribution of tomography scanners in Brazil and evaluation of the use and usability of the tomography scanners of a public care health establishment.** 2017. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

### **Abstract**

*Computed tomography (CT) is an important area in medicine that offers images with greater diagnostic potential, besides being used in the planning of radiotherapy. Considering the importance of the tomography scanner in the health care establishment (HCE), it is necessary to carry out an evaluative study to guarantee access to the entire population to health services in an egalitary way, beside to offer security, effectivity and satisfaction of technology's operator. Thus, the objective of this study was to verify if the distribution of tomography scanners in Brazil, in the year 2015, was in accordance with the parameters approved by Administrative Rule nº 1631, in comparison with the Municipal Human Development indexes (MHDI) of each region. Furthermore, was carried out a case study to evaluate the utilization degree and the tomography scanners's usability of a public health care establishment. As a result, it was found that there is an inequality in accessibility to tomography scanners, especially in regions where the HDI is lower. Concerning the case study, the calculated data indicated an underutilization the tomography scanners of the HCE, being the main factor that contributed to this underutilization, the failures occurrence in the tomography scanners of the Image sector and the impossibility of the using the Oncology's tomography scanners in both periods, to avoid electric overload and, consequently, energy fall in the sector. Regarding to usability measure, although the calculated data from the SUS questionnaire has been satisfactory for all tomography scanners, the heuristic evaluation performed to image sector tomography scanners's, pointed out usability problems with need to correction.*

---

**Keywords:** Tomography. Distribution. Degree of use. Usability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tomógrafo.....	24
Figura 2	Evolução do IDHM e seus Índices componentes no Brasil (2011 a 2014).....	33
Figura 3	Exemplo de medida de usabilidade: eficácia, eficiência e satisfação.....	40
Figura 4	Técnicas para avaliação da usabilidade .....	41
Gráfico 1	Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, por região...	58
Gráfico 2	Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Norte.....	62
Gráfico 3	Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Nordeste.....	62
Gráfico 4	Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Centro-Oeste.....	63
Gráfico 5	Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Sudeste.....	64
Gráfico 6	Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Sul.....	65
Gráfico 7	Grau de Utilização dos Tomógrafos do setor de Imagens, em 2016.....	71
Gráfico 8	Grau de Utilização do Tomógrafo da Oncologia, em 2016.....	76
Gráfico 9	Frequência das heurísticas violadas no Tomógrafo de 64 canais, separados por categoria.....	80
Gráfico 10	Frequência das heurísticas violadas no Tomógrafo de 2 canais, separados por categoria.....	82
Gráfico 11	Comparação entre os Tomógrafos do setor de Imagens em relação à frequências das heurísticas violadas, separados por categoria.....	83
Gráfico 12	Faixa de pontuação do Tomógrafo de 64 canais e da Oncologia, de acordo com o score EUS.....	84

Gráfico 13	Faixa de pontuação do Tomógrafo de 2 canais, de acordo com o <i>score</i> EUS.....	85
Gráfico 14	Medida da usabilidade dos Tomógrafos, separados por itens de correspondência.....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados pesquisados e parâmetro Tomógrafos SUS/100.000 hab do Brasil e regiões, em 2015.....	55
Tabela 2	Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab por Tipo de Prestador (público e não-público conveniado ao SUS) no Brasil e regiões, em 2015.....	56
Tabela 3	Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab x IDHM do Brasil e regiões.....	57
Tabela 4	Quantidade populacional e quantidade de Tomógrafos Disponíveis ao SUS, separados por UFs.....	59
Tabela 5	Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab x IDHM, separados por UFs.....	60
Tabela 6	Quantidade populacional e quantidade de Tomógrafos disponíveis ao SUS do município de Uberlândia, em 2015.....	65
Tabela 7	Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab x IDHM do município de Uberlândia.....	66
Tabela 8	Quantidade de exames de TC ambulatoriais disponibilizado pelo setor de Imagens, em 2016.....	68
Tabela 9	Quantidade de exames de TC realizados pelo setor de Imagens, em 2016.....	70
Tabela 10	Informações sobre a utilização dos Tomógrafos do setor de Imagens..	71
Tabela 11	Quantidade de dias úteis do ano de 2016 e período de utilização do tomógrafo da Oncologia, separados mensalmente.....	74
Tabela 12	Quantidade de exames de TC realizados no setor Oncologia, em 2016.....	75
Tabela 13	Informações sobre a utilização do Tomógrafo do setor Oncologia, em 2016.....	75
Tabela 14	Concatenação dos problemas detectados na usabilidade do Tomógrafo de 64 canais do setor de Imagens.....	78
Tabela 15	Concatenação dos problemas detectados na usabilidade do Tomógrafo de 2 canais do setor de Imagens.....	81
Tabela 16	Resultado dos questionários EUS.....	84
Tabela 17	Média calculada para cada questão do questionário EUS.....	86
Tabela 18	Média calculada para os itens correspondentes a usabilidade dos Tomógrafos.....	86

## LISTA DE SÍMBOLOS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATS	Avaliação de Tecnologias em Saúde
CEP	Comitês de Ética em Pesquisa
CNES	Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde
CP	Capacidade de Produção
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DECIT	Departamento de Ciência e Tecnologia
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
EMA	Equipamento Médico-Assistencial
EMHO	Equipamentos Médicos Hospitalares e Odontológicos
EUS	Escala de Usabilidade do Sistema
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FJP	Fundação João Pinheiro
FNS	Fundo Nacional de Saúde
GU	Grau de Utilização
HAB	Habitantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
MEC	Ministério da Educação e Cultura
ONG	Organização Não Governamental
PIB	Produto Interno Bruto
PNGTS	Política Nacional de Gestão de Tecnologias em Saúde
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RDH	Relatório de Desenvolvimento Humano
REBRATS	Rede Brasileira de Avaliação de Tecnologia em Saúde

SOMASUS	Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde
SPDM	Associação Paulista para o Desenvolvimento da Medicina
SUS	Sistema Único de Saúde
TC	Tomografia Computadorizada
UFs	Unidades de Federação
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Objetivos.....	17
1.1.1. <i>Objetivo Principal.....</i>	17
1.1.2. <i>Objetivos Secundários.....</i>	17
1.2 Justificativa.....	17
<b>CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
2.1. Engenharia Clínica.....	20
2.2. Equipamentos de Saúde.....	22
2.2.1. <i>Tomógrafo.....</i>	24
2.3. Estabelecimentos Assistenciais em Saúde.....	27
2.4 Acessibilidade aos Serviços de Saúde.....	28
2.4.1. <i>Distribuição.....</i>	29
2.4.2. <i>Índice de Desenvolvimento Humano.....</i>	31
2.5. Parâmetros de cobertura assistencial.....	34
2.5.1. <i>Capacidade de Produção.....</i>	35
2.5.2. <i>Grau de Utilização.....</i>	36
2.6. Avaliação de Tecnologia em Saúde.....	37
2.7. Usabilidade.....	38
2.7.1. <i>Avaliação Heurística.....</i>	41
2.7.2. <i>System Usability Scale.....</i>	46
<b>CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>49</b>
3.1 Análise da Distribuição Geográfica dos Tomógrafos no Brasil.....	49
3.2 Estudo de caso: avaliação do Grau de Utilização e Usabilidade dos Tomógrafos de um EAS público.....	52
3.2.1. <i>Avaliação do grau de utilização dos tomógrafos.....</i>	52
3.2.2. <i>Avaliação da usabilidade dos tomógrafos.....</i>	53
<b>CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>55</b>
4.1. Distribuição Geográfica dos Tomógrafos no Brasil.....	55
4.2 Estudo de caso: Avaliação do Grau de Utilização e Usabilidade dos Tomógrafos de um EAS público.....	67

	<i>4.2.1. Grau de utilização dos Tomógrafos.....</i>	68
	<i>4.2.1.1 Grau de Utilização dos Tomógrafos do setor de Imagens.....</i>	68
	<i>4.2.1.2 Grau de Utilização do Tomógrafo da Oncologia.....</i>	73
	<i>4.2.2. Usabilidade dos Tomógrafos.....</i>	78
	<i>4.2.2.1 Avaliação Heurística.....</i>	78
	<i>4.2.2.2 Questionário EUS.....</i>	83
	<b>CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS..</b>	88
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	91
	<b>APÊNDICE A – Modelo Avaliação Heurística.....</b>	97
	<b>APÊNDICE B – Modelo Questionário EUS.....</b>	100

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o do Artigo 196 da Constituição Federal, assegura que (BRASIL, 1988):

A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.

A descentralização do poder decisório entre as esferas federativas foi instituída pela dificuldade de administrar um país em que a extensão territorial é enorme e a quantidade populacional é bastante expressiva.

Com essa descentralização, os responsáveis devem garantir um acesso à serviços de saúde de maneira igualitária e sem discriminação para toda a população brasileira.

Assim, os serviços de atenção à saúde oferecidos para a população brasileira, possuem caráter universal e igualitário, contando com atendimentos em serviços de saúde com atenção básica e atenção em média e alta complexidade.

A atenção básica ou atenção primária refere-se ao primeiro contato do paciente com o serviço de atenção à saúde. Neste caso, os EASs abrangem atendimentos para promoção, proteção, prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e a manutenção da saúde. Desta forma, os serviços de atenção básica são a base orientadora do sistema (BRASIL, 2007).

Por outro lado, os EASs de média e alta complexidade compreendem ações e serviços que visam atender aos principais problemas e agravos da saúde da população. Para isto, os EASs de média e alta complexidade, contam com a disponibilidade de profissionais especializados e com uma vasta gama de equipamentos tecnológicos, os quais possibilitem o apoio diagnóstico e tratamento (BRASIL, 2007).

Os gestores e/ou responsáveis pelos EASs, devem estar atentos a alguns parâmetros, os quais fornecem informações a respeito das necessidades da população.

Com intuito de auxiliar os gestores e/ou responsáveis pelos EASs no Brasil, foram estabelecidos parâmetros de cobertura assistencial do SUS, para subsidiar a melhor tomada de decisão. Com esses parâmetros torna-se possível analisar a necessidade de oferta de serviços de saúde à população.

Além disso, esses parâmetros auxiliam no mapeamento da capacidade de oferta dos serviços de saúde em todo o país, distribuindo melhor os recursos disponíveis para o SUS.

Um parâmetro de extrema importância para os gestores de EASs são os parâmetros de produtividade, o qual, pela Portaria nº1.101 de 12 de junho de 2012 define como sendo (BRASIL, 2002a):

Parâmetros de Produtividade – são aqueles destinados a estimar a capacidade de produção dos recursos, equipamentos e serviços de assistência à saúde, sejam eles, humanos, materiais ou físicos.

Por outro lado, com o rápido avanço de tecnologias em saúde tem sido um fator importante para os gestores dos EASs buscarem ferramentas que os auxiliem no momento da aquisição de Equipamentos de Saúde. A avaliação de tecnologia em saúde (ATS) é um método mais sistemático e racional que tem sido utilizado para subsidiar a tomada de decisão dos gestores e/ou responsáveis pelos EASs.

Um parâmetro de fundamental importância para os gestores é como está sendo a interação Homem-Máquina. Esse parâmetro é medido pela usabilidade.

Segundo a *International Organization for Standardization* (ISO) 9241-11, a usabilidade é definida como: “a capacidade de um produto ser usados por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso” (ISO, 1998).

A avaliação da usabilidade dos equipamentos de saúde é fator de extrema importância, pois mede a aceitação da tecnologia pelos usuários juntamente com a facilidade de uso, a efetividade e a eficiência.

Para medir a usabilidade do equipamento, deve-se monitorar se os usuários conseguem alcançar os objetivos desejados com maior facilidade e com uma boa relação de custo para obter esses resultados, além de avaliar a satisfação deles frente à tecnologia (BRASIL, 2014).

Percebe-se que esses parâmetros estão diretamente relacionados, uma vez que o grau de utilização de um equipamento depende de como está sendo a interação do usuário com a tecnologia e referente à quantidade disponível de equipamentos para uma determinada população.

Este capítulo apresenta quais são os objetivos deste estudo juntamente com a justificativa para realizar tal pesquisa, explicitando a contextualização e a formulação do problema referente às áreas de análise desta pesquisa.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 *Objetivo Principal*

Analisar a distribuição dos tomógrafos no Brasil e avaliar o grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) público.

### 1.1.2 *Objetivos Secundários*

- Identificar possíveis falhas de distribuição geográfica de tomógrafos no Brasil, no ano de 2015;
- Comparar os dados encontrados com os parâmetros aprovados na Portaria nº 1.631;
- Verificar se existe relação entre a quantidade de tomógrafos com o grau de desenvolvimento humano de cada localidade;
- Calcular o grau de utilização dos tomógrafos de um EAS público;
- Identificar se houve possíveis excessos na utilização ou subutilização dos tomógrafos de um EAS público, no ano de 2016;
- Verificar os fatores que contribuíram para uma utilização excessiva ou subutilização dos tomógrafos;
- Medir a usabilidade dos tomógrafos de um EAS público;
- Verificar a eficiência, eficácia e satisfação gerada pelos tomógrafos;
- Emitir um parecer sobre os tomógrafos do EAS analisado.

## 1.2 Justificativa

No Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) tem como princípios éticos a Universalidade, a Equidade e a Integralidade. Perante os desafios territoriais e populacionais, torna-se indispensável a realização de avaliações dos serviços de saúde que estão sendo oferecidos à população. Evidentemente, avaliar se toda a população possui acesso a todos os serviços de atenção à saúde é o primeiro passo para garantir a equidade desse serviço, além de avaliar a qualidade do serviço ofertado e se os profissionais da área da saúde estão satisfeitos com a tecnologia a qual opera.

Para os serviços de atenção à saúde de média e alta complexidade, os EASs brasileiros contam com uma vasta gama de equipamentos de alta complexidade. Entre esses equipamentos, os tomógrafos são de extrema importância para os EASs, pois fornecem informações que oferecem ao profissional da saúde um subsídio para garantir o melhor e mais adequado tratamento para cada paciente.

Perante a importância dos tomógrafos nos serviços de saúde, viu-se a necessidade de avaliar a distribuição geográfica desses equipamentos no Brasil, verificando se está de acordo com os parâmetros aprovados pela Portaria nº 1.631 (BRASIL, 2014). O intuito é subsidiar a tomada de decisão dos responsáveis para ofertar esse serviço para toda a população brasileira sem desigualdades no acesso.

Por outro lado, é essencial verificar como está sendo o manuseio dos tomógrafos, sobretudo, o grau de utilização dos mesmos, pois a partir dessa informação verifica-se se o equipamento está sendo sobrecarregado ou não. No caso de uma subutilização, deve-se verificar o motivo pelo qual este equipamento não está sendo utilizado, de maneira a melhorar a distribuição para que uma região não possua uma quantidade excessiva de tomógrafos. Em casos que há uma utilização excessiva dos tomógrafos, deve-se analisar se existe uma quantidade inferior do recomendado pela Portaria nº 1.631 (BRASIL, 2014).

Por fim, é indispensável verificar a relação entre o usuário e a tecnologia. Essa interação deve ser realizada de forma intuitiva e fácil de usar, garantindo satisfação ao usuário da tecnologia e oferecendo segurança, tanto para o paciente quanto para os profissionais envolvidos com os tomógrafos.

No contexto descrito, surgiu a proposta do presente trabalho, que visa identificar se a população brasileira está tendo acesso aos serviços de saúde que oferecem exames de TC de forma igualitária, além de verificar as condições de uso dos tomógrafos de um EAS público.

Este trabalho foi subdividido em outros quatro capítulos, conforme apresentado a seguir:

- Capítulo 2: Referências Bibliográficas a respeito do assunto discutido neste estudo, constituído por 6 subitens abrangendo os conceitos e definições gerais, sendo eles: Engenharia Clínica; Equipamentos de Saúde, com foco em Tomógrafos; Estabelecimentos Assistenciais de Saúde; Acessibilidade nos Serviços de Saúde, dando ênfase para o significado do termo Distribuição de Equipamentos de Saúde e sobre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); Parâmetros de Cobertura Assistencial, sobretudo Capacidade de Produção e Grau de Utilização; Avaliação de Tecnologias em Saúde e, por fim, Usabilidade, com foco na Avaliação Heurística e Questionário EUS.
- Capítulo 3: Procedimento experimental, o qual aborda a metodologia proposta para o desenvolvimento deste estudo, focando nas bases de dados utilizadas e o modo de execução da pesquisa. Este capítulo foi subdividido em dois tópicos. O primeiro aborda a metodologia utilizada para analisar a distribuição de tomógrafos no Brasil e o

segundo tópico aborda a metodologia utilizada em um estudo de caso para avaliar o grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um EAS público.

- Capítulo 4: Análise dos resultados encontrados e discussões a respeito do tema, sendo também divididos em dois tópicos.
- Capítulo 5: Conclusões e considerações finais acerca do tema, com sugestões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos necessários para desenvolvimento do trabalho, são eles: Engenharia Clínica e suas aplicações; Equipamentos de saúde, com ênfase nos tomógrafos; Acessibilidade aos serviços de saúde; Parâmetros de cobertura assistencial; Avaliação de Tecnologia em Saúde e Usabilidade.

#### 2.1 Engenharia Clínica

Com o crescente aumento do parque tecnológico dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs) e, conseqüentemente, da dependência tecnológica, tornou-se indispensável a presença de profissionais especializados para gerenciar as tecnologias de saúde. O responsável por essa gestão são os Engenheiros Clínicos, que possuem a responsabilidade de solucionar problemas encontrados nos serviços de saúde, aplicando metodologias conhecidas pela Engenharia Clínica (RAMIREZ & CALIL, 2000).

A década de 40 foi o ponto de partida da Engenharia Clínica quando surgiu nos Estados Unidos o primeiro curso destinado a manutenções de equipamentos médicos. As décadas de 60 e 70 foram marcadas pela evolução e a inserção cada vez mais ampla de tecnologias nos EASs, aumentando-se os gastos com saúde e incidentes durante o uso dos equipamentos. Tais problemas eram conseqüências de uma falta de legislação acerca da segurança elétrica ou certificação e pela falta de conhecimento tecnológico, proporcionando erros nas instalações e no manuseio destes equipamentos.

Foi a partir de então que surgiu a necessidade de uma interação entre o conhecimento tecnológico e a implementação deste, além de normas acerca da segurança para minimizar problemas de utilização. Em 1976, foi aprovado pelo presidente dos Estados Unidos, Gerard Ford, uma legislação (PL 94-295) para que os fabricantes de equipamentos médicos melhorassem os critérios de segurança e eficácia, submetendo os seus produtos à aprovação da *Food and Drug Administration* (FDA), antes que fossem para comercialização (CALDAS et al., 2015).

No Brasil, em meio a uma situação problemática enfrentada por diversos EASs, o qual parte dos equipamentos médicos encontravam-se desativados, na década de 80 surgiu a necessidade de incorporar grupos de Engenharia Clínica por todo o país. Posteriormente, o governo federal estimulou a criação de escolas de treinamento e, entre 1993 e 1995, foram implantados cursos anuais de Engenharia Clínica em universidades brasileiras destinadas aos engenheiros eletricitas que quisessem trabalhar em EASs. A partir de então, surgiu a primeira norma nacional, a ABNT NBR IEC 601-1 (ABNT, 1997), que dispunha sobre a segurança dos equipamentos eletro médicos (RAMIREZ & CALIL, 2000).

A Engenharia Clínica proporcionou aos profissionais envolvidos com tecnologias de saúde, a garantia de equipamentos médicos seguros, eficientes e confiáveis, através da gerência desses equipamentos. As atividades realizadas pelos engenheiros clínicos vão desde a aquisição do equipamento, passando pelo treinamento dos envolvidos com a tecnologia, instalação, manutenção, até os resultados, avaliando o desempenho e a eficiência do equipamento (GOMES & DALCOL, 2001).

Com a Engenharia Clínica, é possível conhecer o ciclo de vida das tecnologias para melhor planejamento dos recursos disponíveis, principalmente em SUS, como no caso do Brasil. Deve-se evitar investimentos em tecnologias em difusão, as quais não possuem evidências sobre sua eficácia e segurança, ou tecnologias obsoletas.

As fases do ciclo de vida de uma tecnologia são (SÔNEGO, 2007):

- Fase de inovação - compreende a etapa de desenvolvimento do projeto da nova tecnologia. A criação de um novo equipamento para a saúde, deve ser projetado por uma equipe multidisciplinar, de modo a ser uma tecnologia inovadora com eficácia, efetividade, segurança e, sobretudo, com uma boa relação Homem-Máquina.
- Fase de difusão – compreende a fase de teste do protótipo da tecnologia. Em um primeiro momento, ao realizar os testes, torna-se possível identificar ajustes para então serem corrigidas e, a partir de então, as tecnologias serem incorporadas nos sistemas de saúde.
- Fase de utilização – compreende a utilização da tecnologia no mercado. Nesta etapa, verifica-se a maior intensidade de uso.
- Fase de difusão – compreende a fase de obsolescência da tecnologia. Tecnologias na fase de difusão, devem ser desativadas, incorporando novas tecnologias nos sistemas de saúde.

A decisão de incorporar, excluir ou alterar tecnologias de saúde dos EASs, tornou-se uma tarefa menos árdua para os gestores de saúde, uma vez que agora possuem o auxílio da Engenharia Clínica.

## 2.2 Equipamentos de Saúde

O setor de equipamentos médicos hospitalares e odontológicos (EMHO) configura-se um setor de grande estabilidade financeira, mesmo em tempos de crise, uma vez que a constante inovação tecnológica e a grande dependência dos EASS em relação a estes equipamentos vêm crescendo cada vez mais, destacando-se a sua importância na prestação de serviços de atenção à saúde (MORELI et al., 2010).

De acordo com Maldonado (2009), em relação à distribuição do mercado mundial por classificação de EMHO no ano de 2008, destacou-se significativa participação dos equipamentos de diagnóstico por imagem e ortopédicos, sendo que cada um possui representatividade de aproximadamente 20% no mercado mundial. Pela ótica da distribuição do mercado mundial de EMHO por região, no ano de 2008, o autor revelou em seu estudo uma concentração significativa dos países americanos, sobretudo Estados Unidos que, sozinho, representa 40% de todo o mercado mundial e, ocupando a 11ª posição, encontra-se o Brasil, representando 1,4% de participação no mercado mundial.

No ano de 2008 os principais países exportadores de equipamentos médicos e materiais foram os países desenvolvidos, sendo que em primeiro lugar encontram-se os EUA, seguido de Japão, Alemanha, Grã-Bretanha e França. Com exceção dos EUA, os países europeus e Japão optaram pela estratégia de especialização, onde cada país possui em um segmento específico. As taxas de importações de equipamentos médicos subiram de 6,4% em 2002 para 12,4% em 2006, no caso das exportações a porcentagem passou de 26,6% para 10,4%. O aumento dos gastos dos setores públicos e privados com a saúde em vários países em conjunto com a ampliação dos sistemas nacionais de saúde explicam essas taxas médias de importação e exportação (MALDONADO, 2009; PIERONI et al., 2010).

No Brasil, com a abertura da economia na década de 1990, houve um aumento das importações deste tipo de produto. Embora exista uma grande prevalência de pequenas e médias empresas de equipamentos de saúde no país, a maior parte de faturamento é obtida pelas grandes empresas. Ainda assim, a competitividade das empresas brasileiras de EMHO é insatisfatória, conforme apontam dados econômicos levantados por diversas fontes, tais como a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Com relação ao tipo de equipamento, o Brasil é um grande importador de tecnologias mais sofisticadas e de alto valor agregado, como os equipamentos de ressonância, tomógrafos e de diagnósticos por imagem. Por outro lado, o Brasil é um grande exportador, principalmente para países como EUA, Alemanha, Bélgica e do Mercosul de equipamentos de menor complexidade e materiais de consumo (ABDI, 2008; MARQUES, 2013; PIERONI et al., 2010).

Os equipamentos de saúde são essenciais para a prestação de serviço de atenção à saúde, visando auxiliar o profissional da saúde para subsidiar decisões para o tratamento adequado de cada paciente, oferecendo-lhes o apoio necessário.

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), por meio da RDC nº 02, de 25 de janeiro de 2010, os equipamentos de saúde são subdivididos de acordo com a sua finalidade e definidos como (BRASIL, 2010):

Conjunto de aparelhos e máquinas, suas partes e acessórios utilizados por um estabelecimento de saúde onde são desenvolvidas ações de diagnose, terapia e monitoramento. São considerados equipamentos de saúde os equipamentos de apoio, os de infraestrutura, os gerais e os médico assistenciais.

Equipamento de apoio: equipamento ou sistema inclusive acessório e periférico que compõe uma unidade funcional, com características de apoio à área assistencial. São considerados equipamentos de apoio: cabine de segurança biológica, destilador, deionizador, liquidificador, batedeira, banho-maria, balanças, refrigerador, autoclave, dentre outros.

Equipamento de infraestrutura: equipamento ou sistema inclusive acessório e periférico que compõe as instalações elétrica, eletrônica, hidráulica, fluido-mecânica ou de climatização, de circulação vertical destinadas a dar suporte ao funcionamento adequado das unidades assistenciais e aos setores de apoio.

Equipamentos gerais: conjunto de móveis e utensílios com características de uso geral, e não específico, da área hospitalar. São considerados equipamentos gerais: mobiliário, máquinas de escritório, sistema de processamento de dados, sistema de telefonia, sistema de prevenção contra incêndio, dentre outros.

Equipamento médico-assistencial: equipamento ou sistema, inclusive seus acessórios e partes, de uso ou aplicação médica, odontológica ou laboratorial, utilizado direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia e monitoração na assistência à saúde da população, e que não utiliza meio farmacológico, imunológico ou metabólico para realizar sua principal função em seres humanos, podendo entretanto ser auxiliado em suas funções por tais meios.

Para os Equipamentos Médico-Assistenciais (EMAs), existem três classificações quanto à sua complexidade, que devem ser levadas em consideração para monitorar o desempenho dos profissionais que se relacionam com essas tecnologias.

Os EMAs são classificados em (BRASIL, 2014):

- Baixa complexidade – os profissionais não necessitam ser especializados e o treinamento é considerado simples;
- Média complexidade – exige dos profissionais uma formação básica e um treinamento adequado;
- Alta complexidade – os profissionais devem ser qualificados e possuir um treinamento técnico especializado.

Por esta ótica, percebe-se que quanto mais complexo for o equipamento, mais tempo será necessário para o treinamento e, conseqüentemente, mais gasto será demandado.

De acordo com as definições apresentadas, o equipamento de análise deste estudo, o Tomógrafo, é considerado um EMA de alta complexidade.

### 2.2.1 Tomógrafo

Introduzida na prática clínica em 1972, a Tomografia Computadorizada (TC) é uma modalidade da Radiologia que possui um alto potencial de diagnóstico, até então desconhecida pelos métodos convencionais, que substituiu exames que traziam desconfortos e procedimentos com alto risco para os pacientes (SANTOS & NACIF, 2009).

O objetivo principal do exame de tomografia é criar imagens seccionais da parte dos diferentes órgãos e partes do corpo humano que necessita de um diagnóstico mais preciso, utilizando técnicas de contrastes em tecidos moles e geração de visões na direção de propagação do feixe de raios-X. Para isto, o tomógrafo combina o uso de um computador digital juntamente a um dispositivo de radiografia giratório (*gantry*) (BRASIL, 2002b).

A Figura 1 mostra a mesa do paciente e o *gantry*, de um tomógrafo. O computador, com o software do tomógrafo fica localizado na sala de comando.

**Figura 1:** Tomógrafo



Fonte: Do autor.

Segundo o Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde (SOMASUS), o tomógrafo é classificado como equipamento médico-assistencial de diagnóstico e terapia e é definido como (BRASIL, 2017a):

Tomógrafo Computadorizado Helicoidal *Multislice*, composto por unidade de comando, *gantry*, mesa paciente móvel e demais acessórios. O sistema (*software*) deverá permitir operar com simultaneidade plena de operações distintas, como: exploração, reconstrução e demonstração de imagens. Deve

possuir pacote de *softwares* integrados que possibilitem imagens livres de artefatos e de alta resolução.

O tomógrafo utiliza um gerador de alta tensão que fornece energia para o tubo de raios-X, instalado no *gantry*. A mesa do paciente é controlada pelo computador e move tanto na vertical quanto na horizontal para acomodar o paciente dentro do *gantry* em várias posições. Na medida em que o tubo gira em torno do paciente, o computador recebe informações e efetua o processamento para reconstrução da imagem virtual do corpo do paciente (ECRI, 2002).

Com base na utilização dos raios X, o tomógrafo é capaz de captar imagens de alta definição para detectar quaisquer alterações que venham a prejudicar ossos, órgãos, tecidos e outras estruturas do corpo. A tomografia computadorizada é uma importante ferramenta para os profissionais da saúde pois detecta vasos pulmonares, lesões, nódulos, tumores, por mais pequenos que sejam. Além da utilização do tomógrafo com fins diagnósticos, a TC têm sido utilizada para planejamento radioterápico.

A radioterapia é a área que utiliza radiação ionizante com fins terapêuticos, sendo essa modalidade voltada principalmente para pacientes com câncer. A utilização da TC tem sido indicada para direcionar os feixes de radiação apenas para as células cancerígenas, diminuindo o tumor e matando ou prevenindo o espalhamento dessas células. Com a utilização dos tomógrafos no planejamento do tratamento do câncer, reduzem-se os efeitos colaterais e aumenta a chance de sucesso do tratamento, uma vez que torna-se possível calcular o volume tumoral e a dose efetiva para aquele tumor, além de proteger estruturas vizinhas (MICHELON & COLENCI & DE PAULA, 2012).

Os tomógrafos são classificados como equipamentos de alta complexidade, exigindo do profissional um amplo conhecimento na área, com intensos treinamentos para manusear de maneira correta e garantir a segurança ao paciente e a todos os envolvidos com a tecnologia.

Segundo o SOMASUS, deve-se dispor de alguns condicionantes ambientais para o bom funcionamento do tomógrafo, entre eles destaca-se que a temperatura ideal varie de 21 a 24°C, a umidade ideal deve estar entre 40 a 60%, dentre outros (BRASIL, 2017a). Esses aspectos devem ser levados em consideração para garantir a efetividade e segurança do equipamento.

Além disto, destaca-se a importância da realização das manutenções preventivas para garantir o bom funcionamento do equipamento. As manutenções preventivas são realizadas por profissionais qualificados e treinados, conforme um plano previamente elaborado e com intervalos de tempo definidos por cada fabricante do equipamento, podendo ser adaptada pelos profissionais de cada EAS conforme suas necessidades. O objetivo dessas manutenções é reduzir ou evitar falhas que comprometam o bom funcionamento e a

segurança dos pacientes e profissionais envolvidos com o tomógrafo. No caso do tomógrafo, o componente mais crítico é o tubo de raios-X, devendo ter uma atenção voltada para esse componente, porém, não se deve ignorar os demais componentes, sendo que as falhas mais comuns são devido à manipulação do *software*, tornando necessária a manutenção e gerencia do sistema computacional juntamente com o próprio equipamento.

Para assegurar a proteção e segurança dos profissionais envolvidos com os tomógrafos, a Portaria nº453, de 1 de julho de 1998 estabelece diretrizes básicas de proteção radiológica e dispõe sobre o uso dos raios-X diagnósticos em todo o território nacional. Segundo essa portaria, o ambiente em que os tomógrafos estão instalados devem ser blindado, de modo que a sala, as paredes e os vidros absorvam a radiação liberada durante o procedimento, além disto, as salas devem ser sinalizadas com luzes vermelhas na porta com o seguinte aviso de advertência: ‘Quando a luz vermelha estiver acesa, a entrada é proibida’, de modo que indique que o gerador está ligado e pode haver exposição (BRASIL, 1998).

Por meio da inovação tecnológica, os tomógrafos, estão sendo rapidamente aprimorados. Há uma necessidade de tornar o exame mais rápido e menos prejudicial à saúde do paciente, como por exemplo, a dosagem de radiação recebida pelo paciente, a qualidade da imagem e uma melhor usabilidade, para que o operador consiga alcançar seus objetivos com satisfação.

A evolução dos tomógrafos iniciou-se com a criação do primeiro tomógrafo, que utilizava apenas um fotomultiplicador e um único detector, medindo dessa forma uma projeção paralela por vez e chegando a demorar até 5 minutos para realizar uma fatia da região em análise. Perante esses desafios, viu-se a necessidade de melhorar as técnicas e, então, criaram os tomógrafos de segunda, terceira e quarta geração e os modelos helicoidais, reduzindo-se o tempo de varredura, evoluindo tanto no tempo de realização do exame quanto na qualidade da imagem. Atualmente, os tomógrafos mais sofisticados são os *multislices*, ou multicortes, os quais, após o disparo da ampola de raios-X, fornecem inúmeras imagens. Existem tomógrafos de 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 e até 320 canais, representando maior agilidade na aquisição dos dados, na qual essas fatias podem ser obtidas e exibidas em tempo real, dependendo da configuração do equipamento. A quantidade de fatias adquiridas simultaneamente depende da quantidade de canais que o tomógrafo possui, quanto maior o número de canais de um tomógrafo mais rápida será sua aquisição de dados e maior a quantidade de fatias adquiridas. Além dos exames oferecidos pelos tomógrafos anteriores, os tomógrafos *multislices* também são utilizados para exames cardíacos e estudos de grandes vasos sanguíneos (BRASIL, 2002b; ECRI, 2015; SANTOS & NACIF, 2009).

O Brasil ainda não produz tomógrafos em escala comercial, sendo o Japão, Alemanha e EUA os principais países exportadores dessa tecnologia. Estudos relatam que essa

incorporação está sendo cada vez mais crescente no país, embora haja desigualdade na distribuição desse tipo de equipamento (GUTIERREZ, 2009; VIANA et al., 2005).

Diante deste cenário, em que o mercado está cada vez mais competitivo e oferecendo uma vasta quantidade de modelos de tomógrafos com diferentes configurações, torna-se necessário avaliar se essa inovação tecnológica trará mais benefícios para os EASs, de modo a não comprometer as demais necessidades do hospital e que seja feita uma distribuição espacial igualitária, para que todos tenham acesso a esse tipo de serviço de saúde.

### **2.3 Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**

Baseado no Artigo 196 da Constituição Federal, o Brasil optou pelo sistema universal de saúde, (BRASIL, 1988):

A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.

Perante o desafio territorial que o Brasil apresenta e a quantidade populacional, optou-se pela descentralização do poder decisório e das responsabilidades e recursos entre as esferas federativas. Além do que foi citado no Art. 196 – universalidade e equidade - o sistema de saúde brasileiro deverá possuir gestão única em cada esfera de governo, integralidade da ação de saúde, participação comunitária por meio dos conselhos de saúde e de conferências de saúde, etc (BRASIL, 1994).

O Ministério da Saúde define Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) como sendo (BRASIL, 1994):

Qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde à população, que demande o acesso de pacientes, em regime de internação ou não, qualquer que seja o seu nível de complexidade.

Em vista do que foi dito, os EASs do SUS devem oferecer serviços de saúde gratuita e sem restrições, sendo o serviço prestado igual para todos e sem discriminação.

Tratando-se de SUS, no qual as necessidades são infinitas e os recursos limitados, os EASs devem dispor de equipamentos que sejam mais custo-efetivos para o sistema, ou seja, oferecer tecnologias com uma boa relação custo/efetividade.

Além dos hospitais públicos, ou seja, que atendem 100% pela rede pública de saúde, existem hospitais particulares que são conveniados ao SUS, os quais destinam uma porcentagem do seu serviço oferecido para pacientes do SUS, garantindo, desta forma, um maior acesso à saúde ao cidadão brasileiro.

## 2.4 Acessibilidade aos Serviços de Saúde

A incorporação da Avaliação de Tecnologia em Saúde (ATS) no Brasil, além de auxiliar os gestores na inclusão, alteração ou exclusão de uma tecnologia, avaliando as necessidades, os impactos, os custos e os benefícios desta tecnologia, torna-se possível também fazer um estudo avaliativo para verificar a real necessidade de uma determinada tecnologia para uma dada região, de modo que a distribuição dos recursos seja feita de forma adequada e que atenda toda a população.

A Portaria GM nº 2.690, de 5 de novembro de 2009, instituiu, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), a Política Nacional de Gestão de Tecnologias em Saúde (PNGTS) (BRASIL, 2009):

É objetivo geral da Política Nacional de Gestão de Tecnologias em Saúde maximizar os benefícios de saúde a serem obtidos com os recursos disponíveis, assegurando o acesso da população a tecnologias efetivas e seguras, em condições de equidade.

Conforme Aday e Andersen (1974) explicitam em seu estudo, por meio da literatura, o termo ‘acesso a serviços de saúde’ pode ter diferentes conceitos. O acesso se correlaciona às características da população, por meio do rendimento familiar, coberturas de saúde, entre outros, enquanto que a acessibilidade aos serviços de saúde está correlacionada com a oferta de serviços de saúde através da distribuição e organização dos recursos, sejam eles de profissionais, serviços ou tecnologias. Perante a importância do sistema de saúde, destaca-se como um dos sinônimos do termo ‘acesso’, a disponibilidade de recursos financeiros e do sistema de saúde, cujos serviços devem estar sempre disponíveis e onde o paciente necessitar daquele atendimento.

No estudo realizado por Travassos e Martins (2004), destaca-se a complexidade e a variedade entre diversos autores quanto à definição dos termos acesso e acessibilidade. Com base na revisão realizada, há algumas linhas de concordância entre os autores sobre o termo acesso e acessibilidade, sendo esta uma característica da oferta de serviços de saúde relacionados à sua adequação com a população, do ponto de vista geográfico, enquanto que o termo acesso está vinculado à entrada aos serviços de saúde e sua continuidade no tratamento.

Diante do conceito que foi apresentado, destaca-se uma desigualdade na acessibilidade dos serviços de saúde, pois, em buscas realizadas em bancos de dados do governo federal, como o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), em algumas regiões, verifica-se a disponibilidade de um equipamento de saúde superior àquela que realmente necessita e, em contrapartida, nota-se falta de equipamentos em outras regiões. É neste

contexto que se verifica a necessidade de realizar uma ATS para uma melhor distribuição dos recursos disponíveis, oferecendo serviços de saúde de maneira igualitária para toda a população.

Para avaliar a quantidade necessária de tomógrafos para um dado número de habitantes, foi elaborada a Portaria nº 1.631 de 1 de outubro de 2015 (BRASIL, 2015), que revogou a Portaria nº 1.101 de 12 de junho de 2002 (BRASIL, 2002a), a qual aprova novos critérios e parâmetros para o planejamento e programação de ações e serviços de saúde no âmbito do SUS.

O documento que define os parâmetros que trata a Portaria nº 1.631, de 1 de outubro de 2015 (BRASIL, 2015), destaca que:

Considera-se como área de cobertura máxima de um tomógrafo, para garantia do acesso ao exame principalmente em casos de urgência/emergência, um raio de 75 km ou 100 mil habitantes, o que for alcançado primeiro.

A partir de dados levantados, é possível verificar se as distribuições dos tomógrafos pelo SUS no Brasil estão ou não de acordo com os parâmetros aprovados pela Portaria nº 1.631. Sobretudo, a análise do desenvolvimento humano torna-se uma importante ferramenta para avaliar as principais regiões com um maior acesso a tecnologias como o tomógrafo, uma vez que, por meio de hospitais privados conveniados ao SUS, a distribuição torna-se desigual, sendo as regiões com maiores concentrações de tomógrafos aquelas que possuem os maiores índices de desenvolvimento humano (IDH), explicando grande parte da desigualdade na distribuição de tomógrafos no Brasil.

#### *2.4.1 Distribuição*

O termo distribuição usado neste estudo foi apresentado por Penchansky e Thomas (1981) e está diretamente relacionado ao termo acessibilidade, que se relaciona entre o ajustamento da distribuição geográfica dos serviços de saúde e a dos pacientes.

Ainda segundo os autores, o acesso reflete as expectativas dos pacientes em ajuste com as características que representam dimensões de acesso aos serviços de saúde. A disponibilidade e acessibilidade é uma das dimensões dessas características, sendo que a disponibilidade refere-se à adequação entre o volume/tipo de serviço com o volume/tipo de necessidade da população local e, a acessibilidade trata da localização geográfica do serviço de saúde e da população que necessita daquele serviço, considerando-se a distância, tempo de deslocamento, custo, entre outros (PENCHANSKY & THOMAS, 1981).

Desta forma, partindo-se do objetivo deste estudo de analisar a distribuição dos tomógrafos sob o ponto de vista da dimensão geográfica, tendo como foco as barreiras e/ou facilidades das regiões avaliadas e os parâmetros aprovados pela Portaria nº 1.631, o termo distribuição está conexo ao conceito de acessibilidade.

Andreazzi e Andreazzi (2009) relataram em seu estudo que, em 2009, 85% dos tomógrafos existentes no Brasil pertenciam ao setor privado, sendo que 50% desse total eram disponibilizados para atendimento do SUS, explicando parte das desigualdades da distribuição geográfica de tomógrafos, uma vez que os setores privados de alta tecnologia em saúde tendem a se instalarem em regiões com rendas mais elevadas.

Viana et al (2005), mostrou em seu estudo que, entre 1999 e 2002, houve um aumento nacional no déficit de tomógrafos em relação ao parâmetro 1/100.000 habitantes, sendo a Bahia o estado com maior carência de tomógrafos, seguida do Pará e Ceará. Em contrapartida, houve um excesso de tomógrafos principalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Goiás, Rio Grande do Sul e Distrito Federal. Embora tenha crescido o déficit de tomógrafos no Brasil no ano de 2002 em relação a 1999, os autores relataram uma redução das desigualdades de tomógrafos, indicando uma distribuição desses equipamentos mais homogênea.

Segundo o estudo de Freitas e Yoshimura (2005), por meio de um levantamento no estado de São Paulo nos anos de 2003/2004 sobre informações referentes a equipamentos de diagnóstico por imagem e exames radiológicos, apontam diferenças regionais significativas em relação à distribuição de tomógrafos no estado de São Paulo, mostrando que a região com maior concentração de tomógrafos foi a região de Assis e, em contrapartida, a região com menor concentração foi a região de Franco da Rocha.

Martins (2014) publicou um estudo sobre uma revisão da literatura e da análise dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e CNES, entre os anos de 2005 e 2009, sobre a oferta de tomógrafos, tanto em âmbito nacional quanto mundial. Para ele, além das desigualdades regionais sobre a oferta de equipamentos com fins diagnósticos no Brasil, notou-se um crescimento na oferta de tomógrafos na Região Nordeste, porém, em comparação com a média das outras regiões, a oferta ainda era consideravelmente restrita. Em relação ao cenário mundial, em 2009, o Brasil encontrava-se em 17ª colocação quanto à disponibilidade de tomógrafos, incluindo-se equipamentos tanto do setor privado quanto do setor público, com 15,8 equipamentos por milhão de habitantes. Em 2002, o Japão liderava o *ranking* de disponibilidades de tomógrafos, com um total de 92,6 tomógrafos por milhão de habitantes, seguido da Austrália e Bélgica.

Santos (2013) mostrou em seu estudo, a partir de dados levantados do ano de 2009, que a quantidade existente de tomógrafos no Brasil neste ano correspondia a 1,28 tomógrafos

para cada 100.000 habitantes. Entretanto, a quantidade dos tomógrafos disponíveis ao SUS, provenientes dos EASs da esfera pública e os privados conveniados ao SUS, representavam apenas 0,71 tomógrafos da média nacional, estando fora dos parâmetros de cobertura aprovados pela Portaria nº1.101. Os tomógrafos públicos representavam uma pequena porcentagem, 0,22 tomógrafos/100.000 habitantes, e os privados correspondiam a 1,06 tomógrafos /100.000 habitantes. Além disto, a autora relata que as regiões Norte e Nordeste foram as regiões que apresentaram média de tomógrafos disponíveis ao SUS e tomógrafos privados abaixo da média nacional. Com relação aos tomógrafos do setor privado, a maior concentração foi na região Sudeste, com 1,64 tomógrafos/100.000 habitantes, seguida da região Sul e Centro-Oeste.

Por meio dos estudos apresentados, verificou-se que houve uma má distribuição de tomógrafos no Brasil até o ano de 2009. Assim, viu-se a necessidade de realização de um estudo mais recente para verificar a atual situação correspondente à distribuição desses equipamentos na rede SUS, de forma a viabilizar uma melhor alocação dos recursos.

#### 2.4.2 *Índice de Desenvolvimento Humano*

De acordo com os conceitos apresentados sobre o termo acesso, sobretudo um dos apresentados por Aday e Andersen (1974), a acessibilidade aos serviços de saúde está correlacionada às características da população e, por esta ótica, destaca-se a importância da disponibilidade de dados a respeito do desenvolvimento das regiões do país, como por exemplo, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

No Brasil, por meio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) em parceria com o governo brasileiro, instituições financeiras internacionais, setor privado e sociedade civil, disponibilizam pesquisas com intuito de contribuir para o desenvolvimento humano, combate à pobreza e o crescimento do país nas áreas prioritárias. O IDH é um projeto executado pelo PNUD e refere-se a uma medida em relação a três dimensões básicas de desenvolvimento humano, sendo elas: renda, educação e saúde, que tem como objetivo medir o grau de desenvolvimento econômico do país e a qualidade de vida oferecida à população (URL 1, 2017).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) refere-se a uma medida geral do desenvolvimento humano, que engloba o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* medido em dólares, considerando as dimensões econômicas de desenvolvimento, a educação, mensurando o índice de analfabetismo e a taxa de matrícula em todos os níveis de ensino e, por fim, a saúde, que é medida por meio da longevidade, ou seja, indicador de expectativa de vida ao nascer (URL 1, 2017; GUTIERREZ, 2009).

A dimensão renda é o padrão de vida de uma determinada população, que é medido pela renda mensal *per capita*. Esse indicador mede a capacidade da população assegurar as necessidades básicas, como água, moradia e alimentação.

Já a dimensão educação é medida pelos indicadores de escolaridade da população adulta, sendo o percentual da população acima de 18 anos com ensino fundamental completo, e de fluxo escolar da população jovem, separados por faixa etária.

Por fim, a dimensão longevidade é medida pelo número médio de anos que as pessoas de uma determinada região viveriam a partir do nascimento. Esse indicador sintetiza as condições sociais, de saúde e de salubridade da população ao considerar as taxas de mortalidade em diferentes faixas etárias, sendo consideradas todas as causas de mortes, desde doenças até causas externas. Para calcular o IDH Longevidade foi utilizado parâmetros máximos e mínimos que normalizassem o indicador através da equação (URL 2, 2017):

$$IDH \text{ Longevidade} = \frac{(vobs - vmin)}{(vmax - vmin)} \quad \text{Equação 1}$$

Na equação (1), *vobs* representa a esperança de vida ao nascer de uma determinada região, *vmin* representa a idade mínima e *vmax* representa a idade máxima, sendo adotados o valor de 25 anos como valor mínimo e 85 anos como valor máximo.

No cálculo do IDH, as três dimensões (longevidade, renda e educação) possuem o mesmo peso, uma vez que são igualmente importantes e não são substituíveis. Assim, o cálculo do IDH é a média geométrica desses três indicadores, reduzindo assim o nível de substituição entre as dimensões.

O IDH pode variar entre 0 e 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior é o desenvolvimento humano daquele país. Os países que atingem menos de 0,499 pontos são considerados de muito baixo desenvolvimento, entre 0,500 até 0,599 são de baixo desenvolvimento, entre 0,600 a 0,699 são de médio desenvolvimento, de 0,700 a 0,799 são considerados de alto desenvolvimento e acima de 0,800 são os países de muito alto desenvolvimento (URL 3, 2017).

Por meio do PNUD, há uma publicação de Relatórios de Desenvolvimento Humano (RDHs) que, desde 1990, surgiu para conscientizar e informar a população a respeito do desenvolvimento humano em todo o mundo. O RDH inclui não somente o IDH em suas análises, mas como todas as questões políticas e públicas em que a população esteja no centro das estratégias de enfrentamento aos desafios humanos. No Brasil, o primeiro RDH foi publicado em 1996 e apresentava o panorama geral da situação social do Brasil. A partir de então, os RDHs do Brasil abordavam temas como violência, pobreza e racismo, discussões

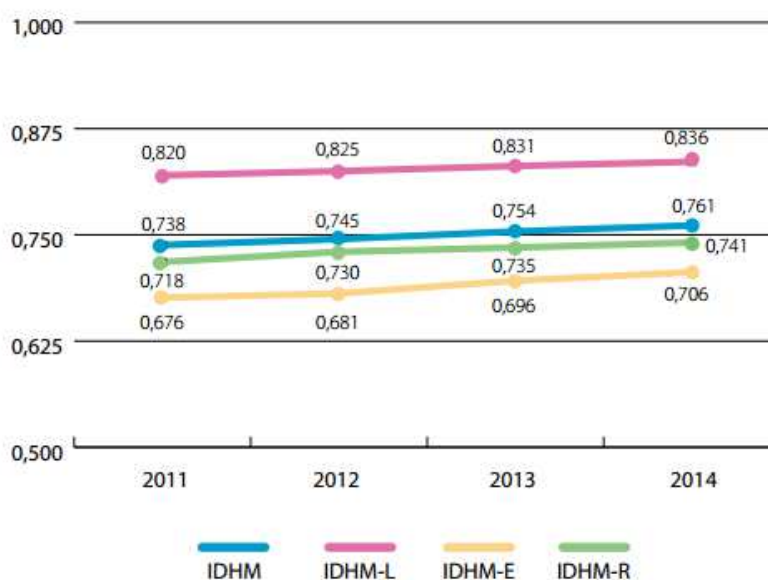
sobre a importância dos valores humanos no alcance do desenvolvimento humano, entre outros (URL 1, 2017).

Em 2012, o PNUD em parceria com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Fundação João Pinheiro (FJP), adaptaram a metodologia utilizada para medir o IDH global para calcular o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). A partir de então, foram disponibilizados dados dos IDHM dos anos 1991, 2000 e 2010, calculados com base nos censos demográficos do IBGE, por meio do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, disponível no sítio do IPEA (IPEA, 2016a).

Como estes dados são disponibilizados a cada 10 anos, uma vez que depende de informações dos censos demográficos, viu-se a necessidade de disponibilizar as tendências dos índices de desenvolvimento humano no Brasil anualmente e, então, foi criado o Radar IDHM. O Radar IDHMs utiliza informações da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (PNAD) que disponibiliza anualmente informações sobre a população e, em 2016, foram divulgadas projeções de IDHMs dos anos 2011, 2012, 2013 e 2014 (IPEA, 2016b).

A Figura 2 dispõe sobre a evolução do IDHM e suas componentes: educação (IDHM-E), renda (IDHM-R) e longevidade (IDHM-L), com base nas projeções dos anos 2011, 2012, 2013 e 2014. Pelo gráfico, observou-se que não houve uma grande evolução do IDHM no Brasil de um ano para outro, sendo a componente educação a que teve um maior crescimento e a longevidade o menor crescimento.

**Figura 2:** Evolução do IDHM e seus Índices componentes no Brasil (2011 a 2014)



Fonte: IPEA, 2016b.

Ditkun et al (2014) apresentou em seu trabalho a evolução do IDH brasileiro. De 1980 a 2007 percebeu-se um crescimento do IDH brasileiro, passando de 0,522 para 0,710. A partir

de então, esse índice de desenvolvimento cresceu, porém, em menores proporções, alcançando em 2012 o valor correspondente a 0,730.

Comparando-se os dados disponíveis sobre o IDHM ao longo dos anos, os dados revelaram que em 2010 houve uma redução das desigualdades, apontando uma diminuição entre as macrorregiões com maiores e com menores IDHM (IPEA, 2016a).

Em 2010, a região que apresentou maior IDHM foi a região Sudeste, apresentando valor de 0,766, seguida da região Centro-Oeste e Sul, com IDHM com valores de 0,757 e 0,754 respectivamente. Em contrapartida, as regiões com menores IDHM foram as regiões Norte e Nordeste, com valores de 0,667 e 0,663 respectivamente (IPEA, 2016a).

Analisando os dados disponíveis no Atlas de Desenvolvimento Humano nas macrorregiões brasileiras, nota-se que o maior crescimento de 1991 a 2010 foi na dimensão educação, embora não tenham alcançado nível alto ou muito alto no IDHM Educação (IPEA, 2016a).

Ao longo de 2 décadas, houve uma diminuição da desigualdade no Brasil e uma melhoria na classificação no *ranking* mundial de desenvolvimento humano. Ainda assim, é necessário continuar com projetos de melhorias sociais, para o país persistir na sua evolução.

## 2.5 Parâmetros de Cobertura Assistencial

No Brasil, por meio da Portaria nº1.101, de 12 de junho de 2002, estabeleceu-se parâmetros de cobertura assistencial do SUS para subsidiar a tomada de decisão dos gestores dos EASs de todo o país, expondo o cálculo para encontrar as variações de cobertura entre as regiões do país conforme unidade de medida e grupo de procedimentos. Esses parâmetros de cobertura assistencial ofereciam subsídio para analisar a necessidade da oferta de serviços assistenciais à população (BRASIL, 2002a).

Ainda por meio da Portaria nº1.101, esses parâmetros assistenciais se dividem em: parâmetro de cobertura e parâmetros de produção, que são definidos como (BRASIL, 2002a):

Parâmetros de Cobertura – são aqueles destinados a estimar as necessidades de atendimento a uma determinada população, em um determinado período, previamente estabelecido.

Parâmetros de Produtividade – são aqueles destinados a estimar a capacidade de produção dos recursos, equipamentos e serviços de assistência à saúde, sejam eles, humanos, materiais ou físicos.

Em 2015, o Ministério da Saúde revogou a Portaria nº1.101, entrando em vigor a Portaria nº1.631 que aprova novos critérios e parâmetros para o planejamento e programação de ações e serviços de saúde no âmbito do SUS, considerando a necessidade de subsidiar o cálculo das estimativas de necessidades da população. Entretanto, os parâmetros de

cobertura dos tomógrafos da Portaria nº1.631 se mantiveram conforme os parâmetros aprovados pela Portaria nº1.101.

Esses parâmetros são relevantes para a tomada de decisão, uma vez que auxilia no mapeamento da capacidade de oferta dos serviços de saúde em todo o país, distribuindo melhor os recursos disponíveis para o SUS.

#### *2.5.1 Capacidade de Produção*

Para este estudo, o termo Capacidade de Produção (CP) de um equipamento foi apresentado por Slack et al. (2002) e deve ser entendido como a máxima produção de um equipamento, considerando o tempo de jornada de trabalho de cada EAS e em condições normais de operação, ou seja, excluindo-se qualquer tipo de perda decorrente de problemas de quebra do equipamento, falta de material e/ou profissional, troca de turnos, dentre outras. Em outras palavras, a capacidade de produção é expressa em função do volume de exames realizados em condições normais de uso e o tempo em que o equipamento está em funcionamento.

Para gerar o indicador capacidade de produção dos tomógrafos, partiu-se da definição de capacidade de produção, das equações encontradas na Portaria nº 1.101 e Portaria nº 1.631 e das equações encontradas no Manual de Auditoria na Atenção Básica para avaliar a capacidade do potencial produtivo das unidades de saúde (BRASIL, 2004). Nos anexos do Manual de Auditoria na Atenção Básica, encontram-se equações para calcular a capacidade do potencial físico, do potencial de recursos humanos e o grau de utilização da capacidade potencial física e de recursos humanos. A partir dessas referências, foi possível construir a expressão matemática para calcular a capacidade de produção dos tomógrafos.

Portanto, os parâmetros considerados para calcular a capacidade de produção de um tomógrafo EAS foram:

- o tempo de jornada de trabalho do tomógrafo (podendo ser horário comercial – 8 horas, ou caráter de urgência/emergência – 24 horas);
- os dias em que o equipamento funciona (somente dias úteis ou não);
- tempo médio para realização do exame (incluindo desde a preparação do paciente até a conclusão do exame, sendo expresso por hora).

Para avaliar a capacidade de produção de um tomógrafo, é necessário verificar quantos exames de TC são realizados por hora, por isso, é necessário identificar o parâmetro tempo médio para realização do exame. Sendo assim, após confirmar quantos exames podem ser realizados por hora, verifica-se o tempo de funcionamento do equipamento, considerando a jornada de trabalho de cada EAS, para calcular sua capacidade de produção.

Por fim, é necessário informar-se sobre a quantidade de tomógrafos existentes e em uso de cada EAS, uma vez que os dados sobre a produção real de exames de TC realizados de um EAS, são referentes a todos os equipamentos em uso e não em relação a um equipamento individual.

Desta forma, a Equação 2 mostra o cálculo da capacidade de produção de exames de TC:

$$CP \text{ de exames de TC} = nt \times hr \times d \times q \quad \text{Equação 2}$$

Na equação (2), *nt* representa o número de tomógrafos em uso no EAS, *hr* representa as horas de funcionamento do(s) tomógrafo(s), *d* refere aos dias de funcionamento do(s) tomógrafo(s) e *q* a quantidade de exames de TC realizados por hora.

A partir do cálculo da capacidade de produção, é possível calcular o grau de utilização do equipamento, de modo que permita avaliar se a tecnologia está sendo subutilizada (por falta de demanda, falta de material e/ou profissional, manutenções, entre outras) ou se essa tecnologia está sendo utilizada em excesso (por exemplo, para atender uma grande demanda ou por falta de equipamentos).

### 2.5.2 Grau de Utilização

Entende-se por Grau de Utilização (GU) a relação entre a capacidade de produção do equipamento e o que realmente este equipamento produz. Com base nesse parâmetro, torna-se possível verificar o desempenho da produção de modo a não sobrecarregar o equipamento, excedendo a sua capacidade de produção, ou subutilizando o equipamento (SLACK et al., 2002).

A Equação 3 é utilizada para calcular o grau de utilização de um equipamento, fornecendo o resultado em porcentagem (BRASIL, 2004).

$$GU (\%) = \frac{\text{Produção Real}}{CP \text{ de exames de TC}} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Entende-se por produção real a capacidade de produção incluindo fatores de perda, como a quebra do equipamento, falta de material e/ou profissional, entre outros (SLACK et al., 2002). Em outras palavras, a produção real refere-se à quantidade de exames realizados em um determinado período de tempo.

Valores de grau de utilização abaixo de 100% indicam uma subutilização do equipamento, enquanto que valores acima de 100% indica uma utilização excessiva desta tecnologia.

Após avaliar o grau de utilização dos tomógrafos, é importante verificar os motivos que ocasionaram uma subutilização ou uma utilização em excesso, melhorando assim a distribuição e os serviços.

## **2.6 Avaliação de Tecnologia em Saúde**

Atualmente, a Engenharia Clínica engloba uma vasta área da saúde que avalia tecnologias de saúde. O intuito é subsidiar a tomada de decisão baseada em evidências científicas, em que, o gestor ou tomador de decisão, baseia-se em estudos acerca da tecnologia, sobre segurança, efetividade, eficácia, análise econômica, impacto orçamentário, entre outros aspectos.

Em outras palavras, a Avaliação de Tecnologias em Saúde (ATS) pode ser definida como o tipo de pesquisa que sintetiza as evidências científicas sobre determinada tecnologia acerca das consequências de sua utilização (SÔNEGO, 2007).

No Brasil, por meio da Rede Brasileira de Avaliação de Tecnologias em Saúde (REBRATS), sob coordenação do Departamento de Ciência e Tecnologia (DECIT), a área de ATS está aos poucos sendo implantada no país por meio de oficinas, workshops, núcleos de avaliação de tecnologia incorporados em hospitais do país, dentro outros. O intuito é disseminar esse tipo de avaliação para a melhor tomada de decisão.

A ATS é uma área que avalia todas as tecnologias em saúde, sejam elas medicamentos, procedimentos ou equipamentos. Sobretudo, o foco da ATS nesse estudo, é para os equipamentos médico-assistenciais, como o caso do tomógrafo.

Em 2014, o Ministério da Saúde (MS) em parceria com a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos (SCTIE), DECIT, Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e o Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina, publicou uma diretriz que auxilia a elaboração de Estudos para Avaliação de Equipamentos Médico-Assistenciais (BRASIL, 2014).

Essa diretriz contribui para que os gestores e responsáveis pela gestão dos equipamentos tomem decisões mais racionais, com evidências sobre a tecnologia que deverá ser alterada, incorporada ou excluída.

A diretriz é estruturada por domínios, sendo eles:

- Domínio Clínico – busca evidências e pesquisas clínicas que comprovem a eficácia e a segurança da tecnologia em estudo;
- Domínio Admissibilidade – apresenta subsídios legais e técnicos aos pareceristas para avaliarem a tecnologia;

- Domínio Técnico – avalia o princípio de funcionamento, aplicações e configurações das tecnologias, para verificar qual tecnologia possui mais recursos tecnológicos;
- Domínio Operacional – analisa variáveis externas e internas que influenciam na performance da tecnologia e do serviço que utiliza a tecnologia;
- Domínio Econômico – avalia os impactos orçamentários das tecnologias em análise, verificando qual possui melhoras na saúde ou de economia de recursos;
- Domínio Inovação – discute a importância da ATS em identificar possíveis tecnologias candidatas ao fomento de pesquisas voltadas para a área da saúde.

Para este estudo, será dada ênfase o Domínio Operacional, que irá avaliar a usabilidade dos tomógrafos do EAS incluído no estudo de caso.

## 2.7 Usabilidade

A Norma ABNT NBR IEC 62366 define Usabilidade como: “característica da interface operador-equipamento que estabelece eficácia, eficiência, facilidade de aprendizagem do operador e satisfação do operador” (ABNT, 2010).

Ou ainda, segundo a *International Organization for Standardization* (ISO) 9241-11, a usabilidade é definida como: “a capacidade de um produto ser usados por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso” (ISO, 1998).

De forma sucinta, a usabilidade é definida como a facilidade, comodidade e eficiência no uso da tecnologia, ou seja, uma interação entre o operador e a máquina de maneira eficiente e com o conforto necessário para operar aquela tecnologia (FERNANDES et al., 2013).

Segundo Jordan et al. (1996), a usabilidade destacou-se em projetos de computadores e sistemas de informática nas décadas de 1970 e 1980. A partir de então, essa área vem crescendo em diversos setores tecnológicos, uma vez que há uma dificuldade em se obter profissionais capacitados para operar os equipamentos de alta tecnologia. Para tanto, acredita-se que, para que uma empresa consiga manter a produção a níveis ideais perante um mercado cada vez mais competitivo e com profissionais qualificados, o desenvolvimento das tecnologias deve ser priorizado, de maneira que sejam eficientes e fáceis de operá-las (JORDAN et al., 1996; OKUYAMA, 2012).

A medicina é uma área que se beneficia da inovação tecnológica, com o propósito de tornar os tratamentos, diagnósticos e prevenções cada vez mais precisos e eficientes. Com o

rápido avanço das tecnologias em saúde, há uma necessidade de tornar a interação Homem-Máquina mais amigável, de modo que os desenvolvimentos dessas tecnologias alcancem uma alta usabilidade, permitindo que o operador possa realizar suas tarefas com satisfação, segurança e eficiência (FILARDI & TRAINA, 2008).

Nas áreas de diagnósticos por imagens, há uma grande preocupação em desenvolver novas técnicas que se preocupam com a recuperação de dados e o cruzamento de diagnósticos de imagens similares, para auxiliar o profissional da saúde na elaboração do laudo e o adequado tratamento para o paciente. Por esta ótica, torna-se indispensável que o equipamento possua uma interface interativa e intuitiva para que o usuário consiga operar tais funções (FILARDI & TRAINA, 2008).

Para Lucio e Paschoarelli (2009) há uma importância em estabelecer uma equipe multidisciplinar (diversos profissionais de diversas áreas) durante o desenvolvimento da tecnologia, definindo os parâmetros do projeto do equipamento voltado para os públicos específicos. Desta forma, entende-se que para melhorar as características dos equipamentos de saúde, de forma a alcançar o objetivo desejado com satisfação e eficiência, há uma necessidade de incorporar informações provenientes dos usuários da tecnologia no projeto e processo de desenvolvimento (LUCIO & PASCHOARELLI, 2009; BRASIL, 2014).

Para medir a usabilidade do equipamento, deve-se monitorar se usuários conseguem alcançar os objetivos desejados com maior facilidade e com uma boa relação de custo para obter esses resultados, além de avaliar a satisfação deles frente à tecnologia (BRASIL, 2014).

Para EMA, a avaliação da usabilidade é fator de extrema importância, pois mede a aceitação da tecnologia pelos usuários juntamente com a facilidade de uso, a efetividade, a eficiência e a segurança ao manusear a tecnologia (BRASIL, 2014).

Entende-se como efetividade, a capacidade de o usuário alcançar seus objetivos de interação em condições reais de uso. Eficiência é a quantidade de esforço necessário para alcançar os seus objetivos, ou seja, a relação entre a efetividade e o custo para obtê-la. A satisfação busca identificar o que os usuários da tecnologia percebem e sentem ao interagir com o equipamento, neste caso, é uma variável difícil de quantificar, pois relaciona-se com fatores subjetivos (BRASIL, 2014).

Sônego (2007) apresenta em seu estudo as definições para os principais termos utilizados para medir a usabilidade de um equipamento. Para o autor, segurança está relacionado com disponibilização de dados para auxiliar os gestores/responsáveis na aceitabilidade dos riscos perante os possíveis eventos adversos relacionados ao uso da tecnologia. A eficácia é a produção de melhorias na saúde sobre condições favoráveis de uso do equipamento, sendo essas condições controladas para maximizar o efeito da intervenção. A efetividade, que está relacionada com intervenção em situações não controladas, ou seja,

avalia o resultado da intervenção em condições reais de uso. A eficiência deve ser entendida como a medida entre os benefícios decorrentes do uso da tecnologia com os custos para tal, no caso em que duas tecnologias sejam igualmente eficazes e efetivas, a tecnologia que terá mais eficiência será àquela que possuir menor custo. E, por fim, a utilidade, que mede se o resultado da intervenção melhora a qualidade de vida do usuário.

A Figura 3 é um modelo de como especificar a usabilidade de equipamentos, sendo que, se necessário, a equipe de pareceristas pode recorrer a técnicas usuais de usabilidade, como por exemplo, a análise heurística.

**Figura 3:** Exemplo de medida de usabilidade: eficácia, eficiência e satisfação

Objetivos de usabilidade	Medidas de Eficácia	Medidas de Eficiência	Medidas de Satisfação
Usabilidade global	Porcentagem de objetivos alcançados	Tempo para completar uma tarefa	Escala de satisfação
	Porcentagem de usuários completando a tarefa com sucesso	Tarefas completadas por unidade de tempo	Frequência de uso
	Média das tarefas completas	Custo monetário de realização da tarefa	Frequência de reclamações

Fonte: BRASIL, 2014.

Existem diferentes métodos de avaliação da usabilidade. Os principais modelos utilizam dados dos usuários das tecnologias a serem avaliadas ou modelos que utilizam especialistas da área de usabilidade para avaliar a interface do equipamento durante toda fase do ciclo da tecnologia. Desta forma, existem três técnicas para medir a usabilidade de um equipamento, sendo elas: Técnicas Prospectivas que são aquelas que usam a opinião do usuário a respeito da tecnologia, Técnicas Preditivas ou Diagnósticas, que é realizada por meio de inspeções feitas por especialistas da área para prever possíveis problemas que os usuários possam vir a ter e, por fim, as Técnicas Objetivas ou Empíricas, que são aquelas observadas a partir da interação do usuário com a tecnologia (BOUCINHA & TAROUÇO, 2013; MARTINS et al., 2013).

A Figura 4 representa as técnicas disponíveis para avaliar a usabilidade e os métodos que cada técnica utiliza.

**Figura 4:** Técnicas para avaliação da usabilidade

Técnicas Prospectivas	Técnicas Preditivas	Técnicas Objetivas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionários</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação Analítica</li> <li>• Avaliação Heurística</li> <li>• Inspeções por Checklist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaios de Interação</li> <li>• Observação do usuário</li> </ul>

Fonte: BOUCINHA & TAROUCO, 2013.

Para encontrar os problemas de usabilidade de um EMA, não existe uma única técnica que possa fornecer todas as respostas, mas sim é preciso fazer uma combinação, considerando as limitações dos ambientes hospitalares e da disposição dos usuários (BRASIL, 2014).

Nas Seções 2.7.1 e 2.7.2 serão descritas as técnicas escolhidas para serem aplicadas neste estudo.

### 2.7.1 Avaliação Heurística

A avaliação heurística surgiu a partir da engenharia de usabilidade, idealizada por Jakob Nielsen, com o intuito de desenvolver sistemas com interfaces mais fáceis de serem manuseadas e amigáveis com os usuários, ou seja, com alta usabilidade. Para isto, Nielsen propôs vários métodos de avaliação de usabilidade, incluindo, dentre elas, a avaliação heurística.

O método de avaliação heurística foi desenvolvido por Nielsen e Molich (1990) em 1989, o qual ajuda a identificar problemas de *design* de interfaces de sistemas, por meio de inspeção do usuário durante a interação Homem-Máquina. Este método consiste basicamente em um julgamento da adequação da interface com relação aos princípios de usabilidade conhecidas, as denominadas heurísticas. Em outras palavras, na avaliação heurística, o usuário ao interagir com a interface do sistema, julga o que é bom e o que é ruim.

Nielsen (1994) especifica as 10 principais heurísticas de usabilidade que devem ser seguidas pelos projetistas de interface de sistemas para garantir uma boa interação Homem-Máquina, são elas:

- diálogo simples e natural, de forma que o usuário entenda as funções do sistema e que não tenham informações desnecessárias e irrelevantes para aquele usuário;

- falar o idioma do usuário, ou seja, o sistema deverá utilizar termos, palavras e/ou frases familiares aos dos usuários;
- não sobrecarregar a memória do usuário, de modo que as instruções de utilização do sistema devem ser visíveis e facilmente recuperáveis;
- consistência do sistema, o qual o usuário não deve se preocupar se diferentes palavras, ações ou situações significam a mesma coisa;
- *feedback*, onde por meio de mensagens, o usuário deverá estar sempre informado sobre o que está acontecendo em um tempo apropriado;
- saídas de emergências, para que, no caso de o usuário escolher uma função por engano, seja capaz de deixar o estado indesejado facilmente;
- o sistema deve conter atalhos para acelerar a interação do usuário com o sistema;
- conter mensagens de erros que devem ser expressas de maneira simples e fácil de serem entendidas, indicando onde e qual o problema;
- evitar erros, de modo que o sistema impeça que um problema aconteça;
- ajuda e documentação, onde as informações devem ser fáceis de pesquisar, concentrar-se na tarefa que o usuário esteja executando e listar as etapas concluídas.

Em se tratando de regras e/ou dicas para projetar sistemas com uma boa interação Homem-Máquina, além da avaliação heurística proposta por Jakob Nielsen, utilizando as 10 heurísticas citadas anteriormente, Shneiderman e Plaisant (1998) propôs 8 regras de ouro de *design* de interface para projetar um sistema com uma boa usabilidade, a partir dos princípios derivados das heurísticas. Para melhorar a usabilidade de um sistema/dispositivo, o autor cita que o sistema deverá possuir:

- consistência, ou seja, as sequências de ações devem ser consistentes; atalhos, de modo que ao aumentar a frequência de interação com o dispositivo, o usuário através das abreviaturas, teclas de funções, comandos ocultos, entre outros atalhos, o usuário especializado reduz o número de interações e aumenta o seu ritmo de interação;
- *feedback*; diálogos de design após encerrar uma função; tratamentos de erros simples, impedindo que o usuário cometa erros graves;
- reversão fácil das ações, desfazendo os erros cometidos pelos usuários, tranquilizando-o quanto às suas ações;
- suporte local de controle interno, para que o usuário sejam os iniciadores das ações e não os respondedores das ações;

- redução da carga de memória do usuário, obtendo uma interface intuitiva, com telas simples, por exemplo.

Com base nos trabalhos elaborados por Nielsen e Shneiderman e pela necessidade de expandir esse conhecimento para outras áreas, tornou-se possível avaliar novas tecnologias, como por exemplo, os equipamentos de saúde.

Através da engenharia de usabilidade, surgiram outras áreas para complementar os sistemas e auxiliar os desenvolvedores de sistemas médicos. A engenharia de fatores humanos surgiu para apoiar no desenvolvimento dos dispositivos médicos e sistemas de *softwares* para que, ao invés dos usuários se adaptarem ao projeto, eles participem durante a criação dos dispositivos, sistemas ou *software*, de modo que auxiliem os projetistas a criar um equipamento que seja capaz de atender as necessidades, capacidade e limitações dos usuários.

Para dispositivos médicos, uma análise de engenharia de fatores humanos deve avaliar desde os usuários que irão utilizar aquela tecnologia até a forma de representação da interface. A análise dos usuários corresponde a uma análise das características desses usuários, como por exemplo, experiência, habilidades e tempo disponível para aprendizagem e treinamento, esta etapa torna-se importante para auxiliar a projetar sistemas que tenham o conhecimento e a estrutura de informações correspondente às dos usuários. Outro componente importante é a análise das tarefas, para que seja feito o reconhecimento de todas as funções do sistema que devem ser realizadas, assegurando que o sistema seja capaz de fornecer as tarefas necessárias e suficientes correspondente às capacidades dos usuários. Além disto, torna-se indispensável identificar o formato de exibição das informações, tornando a interação Homem-Máquina mais fácil e transparente possível. Nesta análise, os usuários participam diretamente no processo de escolha para o melhor formato de interface. Para cada análise, utiliza-se um método de avaliação e, combinando todas essas análises torna-se mais fácil encontrar erros na usabilidade dos equipamentos (ZHANG et al., 2003).

Para avaliar a forma de representação da interface, um método eficaz é a avaliação heurística. Trata-se de uma técnica fácil de ser utilizada, de baixo custo e rápida para diagnosticar os principais problemas de usabilidade de um sistema.

A avaliação heurística é bastante conhecida para avaliação de usabilidade de equipamentos de saúde. Os especialistas interagem com a interface da tecnologia que está sendo avaliada e julga sua adequação, comparando com princípios de usabilidade reconhecidos, resultantes da decomposição da eficiência, eficácia, satisfação e dos componentes do contexto de uso, as denominadas heurísticas e fornece uma escala de

gravidade para cada heurística violada (GRAHAM et al., 2004; JASPERS, 2009; NIELSEN, 1994; ZHANG et al., 2003).

No trabalho de Zhang et al. (2003), o método de avaliação heurística foi modificado para avaliar três questões de usabilidade de dispositivos médicos: encontrar possíveis problemas na usabilidade que fossem susceptíveis a causar erros médicos, avaliar a segurança dos pacientes diante de uma intervenção com uma tecnologia e, por fim, auxiliar os fabricantes/desenvolvedores de tecnologias médicas para melhorar a segurança do paciente durante o projeto de desenvolvimento do equipamento.

Diante da necessidade de avaliar a usabilidade de equipamentos médicos utilizando a avaliação heurística, Zhang et al. (2003) baseou-se nas 10 principais heurísticas propostas por Nielsen e nas 8 regras de ouro de design de interface de Shneiderman, juntamente com as considerações que deveriam ser levadas em sua análise de equipamentos médicos e apresentaram 14 heurísticas para avaliar os equipamentos de saúde. Os autores nomearam as 14 heurísticas que apresentaram em seu estudo de Heurísticas Nielsen-Shneiderman, devido à importância destes autores na criação das 14 heurísticas. Como o propósito deste estudo é analisar a usabilidade dos tomógrafos, foram avaliadas 14 heurísticas de usabilidade proposta por Nielsen-Shneiderman (ZHANG et al., 2003):

- 1) Consistência e padrões: os operadores não devem ter que se preocupar se as palavras, situações ou ações significam a mesma coisa, se for adotado um padrão este deve ser seguido em todos os contextos do sistema;
- 2) Visibilidade do estado do sistema: o sistema deve manter o operador informado do que está ocorrendo, através de *feedback* apropriado, tendo em conta o tempo;
- 3) Correspondência entre o sistema e o mundo real: o sistema deve estar em conformidade com o modo que operador o idealiza, usar conceitos familiares e convencionais, tornando as informações naturais e lógicas;
- 4) Design minimalista: os diálogos devem conter somente a informação necessária para o bom entendimento do operador;
- 5) Reconhecer ao invés de lembrar: os operadores não devem ter necessidade de se lembrar de informação de uma parte para a outra do sistema, além disso, as instruções devem estar visíveis ou fáceis de localizar;
- 6) *Feedback* Informativo: aos operadores deve ser dado o feedback imediato e informativo sobre suas ações;
- 7) Flexibilidade e eficiência de uso: o sistema deve satisfazer tanto os operadores principiantes quanto os experientes. A disponibilização de atalhos é uma forma de ajustamento aos vários tipos de operador;

- 8) Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros: as mensagens de erro devem ser claras, objetivas, definir o problema e sugerir soluções;
- 9) Prevenção de erros: o sistema deve ser desenvolvido de maneira que impeça que os erros aconteçam em primeiro lugar;
- 10) Encerramento claro: cada tarefa tem um começo e um fim. Os operadores devem ser claramente notificados sobre a conclusão de uma tarefa;
- 11) Ações reversíveis: os operadores devem ter permissão para recuperar-se de erros. As ações reversíveis são as que incentivam aprendizagem exploratória;
- 12) Linguagem dos usuários: a linguagem deve sempre ser apresentada de forma compreensível pelos operadores pretendidos;
- 13) Controle do utilizador: o sistema deve ser concebido de tal forma que os operadores iniciem as ações, e não as respondam; o sistema deve evitar ações surpreendentes, resultados inesperados, sequências tediosas de ações, que aparentam que o operador está sob controle do sistema;
- 14) Ajuda e documentação: o sistema deve facultar ajuda e ter uma forma de pesquisa rápida, focada na tarefa do operador, listando concretamente os passos a serem seguidos, que não devem ser extensos. Deve estar presente nos diversos contextos do sistema.

Se alguma heurística for violada é dada uma classificação de gravidade, considerando a proporção de operadores que fazem uso da tecnologia avaliada, o impacto que tem sobre a sua experiência e se esse problema de usabilidade é permanente. A escala de gravidade varia de 0 a 4, sendo definida como (ZHANG, et al., 2003):

- 0. Nenhum problema de usabilidade, ou seja, não retrata um problema de usabilidade;
- 1. Problema superficial. Deverá ser corrigido desde que tenha tempo disponível;
- 2. Problema de usabilidade menor. Deverá ser solucionado, porém com prioridade baixa;
- 3. Grande problema de usabilidade. Deverá ser corrigida com alta prioridade;
- 4. Catástrofe de usabilidade. Obrigatoriedade de correção anterior à sua aplicação.

Nielsen mostrou que uma avaliação individual detecta apenas 35% dos problemas de usabilidade. Para detecção de uma percentagem maior de erros na interface da tecnologia, 60% a 75%, estudos relatam a necessidade de 3 a 5 avaliadores que possuam experiência

com o equipamento para que, desta forma, seja possível detectar problemas distintos durante a avaliação da usabilidade (GRAHAM et al., 2004; JASPERS, 2009; ZHANG et al., 2003).

Após cada avaliador gerar uma lista separada de violações heurísticas, os problemas encontrados por cada avaliador são reunidos em uma única tabela e devolvido para cada avaliador. Nesta etapa, cada avaliador fornece uma escala de gravidade para cada problema detectado, sendo a escala de gravidade final a média das notas dadas pelos avaliadores (MENDONÇA et al., 2014).

Embora seja um método rápido, fácil e de baixo custo, a avaliação heurística possui suas limitações. Além de não indicar os elementos da interface que estão corretos e de acordo com as diretrizes de usabilidade, esta técnica não identifica a funcionalidade mais adequada e não indica o que é certo com o sistema. Além disto, é importante que os avaliadores possuam uma compreensão mínima das heurísticas (ZHANG et al., 2003).

Devido à avaliação heurística se concentrar apenas no dispositivo de análise, torna-se necessário utilizar outras técnicas para que seja possível encontrar problemas que surjam devido ao ambiente de uso desta tecnologia.

### 2.7.2 Questionário System Usability Scale (EUS)<sup>1</sup>

O método de avaliação utilizando o questionário *System Usability Scale* (EUS) foi desenvolvido por John Brooke, no laboratório da *Digital Equipment Corporation*, no Reino Unido, em 1986. Esse método utiliza-se de dados dos usuários que operam o equipamento que está sendo avaliado, na qual são questionados quanto à usabilidade do equipamento. Trata-se de um método simples, que aborda uma visão global de estimativas subjetivas de usabilidade, sendo que os critérios que o EUS utiliza ajudam a avaliar efetividade, eficiência e satisfação, complementando outros métodos de avaliação de usabilidade (BOUCINHA & TAROUÇO, 2013; BROOKE et al., 1996; FILARDI & TRAINA, 2008).

O questionário EUS é uma técnica prospectiva, a qual utiliza a opinião do avaliador para fornecer medida subjetiva, não diagnosticando problemas de usabilidade do sistema.

O questionário consiste basicamente em 10 afirmações que utilizam o formato da escala *Likert*, em que o usuário mensura a intensidade de concordância dentro de uma escala de 5 pontos, a qual a resposta 1 significa que o usuário discorda completamente da afirmação, a resposta 2 significa que o usuário discorda da afirmação, 3 corresponde a uma resposta neutra, em casos em que o usuário ache que não pode responder aquela alternativa, 4

---

<sup>1</sup> Apesar do questionário *System Usability Scale* ser tradicionalmente referenciado pela sigla SUS, neste trabalho, será utilizada a sigla correspondendo à versão traduzida - Escala de Usabilidade do Sistema (EUS), como forma de evitar confusão com a sigla do Sistema Único de Saúde (SUS).

significa que o usuário concorda com a afirmação e, por último, a resposta 5 representa que o usuário concorda plenamente com aquela afirmação (BROOKE et al., 1996; FILARDI & TRAINA, 2008; SIMÕES & MORAES, 2010).

Cada afirmação do questionário EUS engloba um item correspondente a um assunto sobre a usabilidade do equipamento, sendo elas: facilidade de uso, complexidade do sistema, frequência de uso do sistema, funções integradas do sistema, rápida aprendizagem, inconsistência do sistema, assistências para usar o sistema, segurança e confiança da utilização, sistema é incômodo e complicado de ser utilizado e, por fim, aprendizagem de outras informações para usar o sistema (SIMÕES & MORAES, 2010).

Como o modelo foi criado na língua inglesa, Tenório et al. (2010) realizou em seu estudo uma elaborada tradução para língua portuguesa, na qual todas as perguntas foram traduzidas para o português e, após a realização desta tradução, um tradutor profissional realizou uma tradução do texto em português para o inglês. Após essa tradução reversa, observou-se que o texto traduzido em português estava bem próximo do original criado por John Brooke e, desta forma, neste estudo foi utilizada a versão traduzida.

Com a versão do questionário EUS em português, os participantes respondem cada alternativa correspondente a um item específico, assinalando o grau de concordância. Após o término do questionário, o parecerista analisa cada questionário respondido e o avalia matematicamente, de modo que a média somada indica o índice de satisfação do utilizador, sendo a variação desse resultado entre 0 e 100 (BOUCINHA & TAROUÇO, 2013; BROOKE et al., 1996).

As respostas são avaliadas matematicamente, conforme Brooke et al. (1996):

- para as perguntas ímpares (1, 3, 5, 7 e 9) é subtraído o valor um (1) da resposta do avaliador, ou seja, o *score* das perguntas ímpares é o valor da resposta do avaliador menos um (1);
- para as perguntas pares (2, 4, 6, 8 e 10), o *score* das perguntas é o valor cinco (5) menos a resposta do avaliador;
- após essa conversão, as respostas de cada pergunta são somadas e o valor multiplicado por 2.5, podendo variar entre 0 a 100.

Feita a análise matemática do questionário EUS, têm-se o índice de satisfação do operador baseado na média calculada.

Para Bangor et al. (2009), por meio de uma avaliação de diversos testes de usabilidade durante 10 anos, constataram que aqueles estudos que obtiveram média do questionário EUS abaixo de 70, apresentaram problemas de usabilidade, sendo motivo de preocupação e, por

esse motivo, o valor da média do EUS para estes autores é 70. Além disso, os autores estabeleceram faixas de pontuação de acordo com o *score* calculado, sendo:

- Usabilidade inaceitável: para as avaliações que o *score* calculado estejam até 50 pontos;
- Usabilidade Marginal: referem-se as avaliações com *scores* entre 50 à 70, a qual a usabilidade é considerada boa, porém com necessidades de melhorias;
- Usabilidade aceitável: *scores* acima de 70 pontos.

Por tratar-se de uma ferramenta rápida, fácil (tanto para o usuário que responde o questionário quanto para o parecerista que o avalia matematicamente) e de baixo custo, optou-se por aplicar o questionário EUS em combinação com a avaliação heurística para avaliar a usabilidade dos tomógrafos de um EAS público.

Por meio desses dois métodos de avaliação, avaliação heurística e questionário EUS, pretende-se identificar possíveis falhas na interface dos tomógrafos, que prejudique a efetividade, eficácia e satisfação do usuário. O objetivo é melhorar a interação Homem-Máquina, aumentando a produtividade do profissional envolvido com a tecnologia e a segurança no manuseio do equipamento.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

Este capítulo apresenta a metodologia proposta para análise da distribuição geográfica de tomógrafos no Brasil e um estudo de caso que avalia o grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um EAS público. Para melhor entendimento, foi feita uma divisão abordando cada análise deste trabalho, sendo que cada assunto será discutido em um tópico. Dessa forma, o presente capítulo é estruturado em duas partes:

- 3.1) Análise da Distribuição Geográfica dos Tomógrafos no Brasil;
- 3.2) Estudo de caso: avaliação do grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um EAS público.

#### **3.1 Análise da Distribuição Geográfica dos Tomógrafos no Brasil**

Trata-se de um estudo que tem como um dos objetivos avaliar a distribuição geográfica de tomógrafos no Brasil, no ano de 2015. O intuito é comparar os resultados encontrados com o parâmetro recomendado pela Portaria nº 1.631 e o IDHM de cada região.

Para obter dados mais recentes a respeito da distribuição geográfica dos tomógrafos no Brasil e, por falta de atualização dos dados sobre quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS separados por tipo de prestador no ano de 2016, foram utilizados dados de 2015.

Para isto, foi feita uma pesquisa acerca da quantidade populacional, quantidade total de tomógrafos disponíveis ao SUS e IDHM de cada região analisada. O intuito é verificar se existia a quantidade de tomógrafos necessária conforme recomenda a Portaria nº 1.631, ou seja, 1 tomógrafo para cada 100.000 habitantes. Além disso, verificar se existiu alguma relação entre o grau de desenvolvimento humano da região com a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS àquela população. Para tanto, foram utilizados bancos de dados do governo federal.

Primeiramente foi feito uma pesquisa no portal do IBGE (IBGE, 2015), a respeito da estimativa populacional em 2015 de cada região analisada.

Posteriormente, foi realizada uma pesquisa no IBGE e no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) (Brasil, 2017c) do Departamento de Informática do SUS

(DATASUS) (Brasil, 2017b), para buscar a quantidade de tomógrafos disponíveis no Brasil. Porém, verificou-se que o último dado divulgado no IBGE sobre a quantidade de tomógrafos disponíveis foi em 2009. Para verificar se houve uma atualização desses dados, foram contactados funcionários do IBGE, MS e do Fundo Nacional de Saúde (FNS), entretanto, verificou-se que não houve nenhuma atualização e disponibilização desses dados, apenas os dados divulgados no CNES.

Pesquisas realizadas previamente na plataforma do CNES e relatos no estudo de Gutierrez (2009), mostrou algumas inconsistências nos dados fornecidos pelo CNES. Por tratar-se de um site que as informações são alimentadas pelos próprios gestores de cada EAS do Brasil, percebeu-se indícios de ocorrência de falhas, seja por erro de digitação, como, por exemplo, cidades pequenas (exemplo o município de Barreiras/BA) possuía 200 tomógrafos, ou por falhas na interpretação por parte dos EAS, que nem sempre informam que disponibilizam tomógrafos ao SUS. Todavia, pela falta de informações em outros bancos de dados do governo federal, ainda assim optou-se por utilizar os dados divulgados no CNES.

Por meio da plataforma do CNES, foi possível realizar uma busca de dados sobre a quantidade total de tomógrafos de cada região analisada, separadas por tipo de prestador. Para este estudo, foram selecionados apenas os tomógrafos disponíveis ao SUS e dados referentes a outubro/2015. A seleção dos dados referentes a outubro/2015 deveu-se à última atualização dos dados no CNES referente a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS separados por tipo de prestador. Sendo assim, foi possível verificar a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS em relação aos EASs públicos e os não-públicos conveniados ao SUS, de modo a relacionar com o grau de desenvolvimento humano de cada região.

Como o objetivo é comparar a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS por habitantes de cada região com os parâmetros recomendados pela Portaria n° 1.631, que recomenda 1 tomógrafo para cada 100.000 habitantes, realizou-se um cálculo para verificar a relação da quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes utilizando a Equação 4.

$$Tomógrafo\ SUS/100.000\ hab = \frac{nt\ SUS * 100.000}{qp} \quad \text{Equação 4}$$

Na equação (4), *nt SUS* representa o número de tomógrafos disponíveis ao SUS e *qp* a quantidade populacional, de determinada região.

De maneira análoga ao que foi feito para encontrar o parâmetro Tomógrafo SUS/100.000 hab, foi realizado o mesmo cálculo para encontrar os parâmetros Tomógrafo/100.000 hab, separados por tipo de prestador. O parâmetro Tomógrafo público/100.000 hab refere-se à quantidade de tomógrafos públicos disponíveis para cada

100.000 habitantes e o parâmetro Tomógrafo não-público SUS/100.000 hab refere-se aos tomógrafos pertencentes aos setores privados e/ou filantrópicos conveniados ao SUS.

Após o cálculo dos parâmetros citados anteriormente, foi possível verificar se a distribuição de tomógrafos está adequada segundo a recomendação da Portaria nº 1.631, verificando assim, se existiu um excesso (Tomógrafo SUS/100.000 hab maior que 1) ou falta (Tomógrafo SUS/100.000 hab menor que 1) desses equipamentos nas regiões de análise deste estudo.

Na sequência, foi realizada uma pesquisa acerca do IDHM por meio do portal Programa de Nações Unidas para o Desenvolvimento no Brasil (PNUD) (URL 1, 2017).

Os dados referentes ao IDHM são disponibilizados a cada 10 anos, uma vez que dependem do censo demográfico do IBGE, sendo o último dado divulgado em 2010. Entretanto, em 2016, foi realizada uma análise de tendências do IDHM, por meio do PNAD, que divulgam dados anualmente, tornando-se possível calcular as tendências dos IDHMs das Unidades de Federação (UFs), DF e do Brasil, nos anos de 2011 a 2014.

Neste estudo, para as UFs, utilizou-se os dados referentes às tendências dos IDHMs do ano de 2014, pois refere-se ao último dado divulgado, sendo o mais próximo do ano de análise deste estudo (2015). Para tanto, recorreu-se aos dados da tendência do IDHM de 2014, divulgadas no Radar IDHM (IPEA, 2016b), pois notou-se que não há uma evolução muito significativa de um ano para outro a ponto de enviesar os resultados dessa pesquisa, conforme mostra a Figura 2.

Já os dados de IDHM das macrorregiões e do município de Uberlândia foram obtidos a partir do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (IPEA, 2016a), uma vez que não foram disponibilizadas as tendências do IDHM dessas regiões.

Por último, foi calculado a correlação ( $\rho$ ) entre as variáveis Tomógrafo SUS/100.000 hab e o IDHM das macrorregiões e das UFs, para verificar a relação entre elas.

Em suma, para avaliar a distribuição dos tomógrafos, foi necessário verificar a quantidade populacional e a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS de cada região, para calcular o parâmetro Tomógrafo SUS/100.000 hab. Após o cálculo de tal parâmetro, foi possível verificar se a distribuição dos tomógrafos no Brasil esteve de acordo com os parâmetros aprovados pela Portaria nº 1.631. Na sequência, foram pesquisados dados sobre o IDHM de cada região e realizados o cálculo da correlação para verificar se existiu uma relação entre a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS e o grau de desenvolvimento humano de cada região.

### **3.2 Estudo de caso: avaliação do grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um EAS público**

Para este estudo foi realizado um estudo de caso<sup>2</sup>, no qual foram avaliados o grau de utilização e a usabilidade dos tomógrafos de um EAS público.

Nas Seções 3.2.1 e 3.2.2 será descrita a metodologia utilizada para avaliar o grau de utilização e a usabilidade, respectivamente.

#### **3.2.1 Avaliação do grau de utilização**

Conforme citado na Seção 2.5.2, para avaliar o grau de utilização de um equipamento, primeiramente é necessário verificar a capacidade de produção desse equipamento.

Para tanto, foram solicitados dados aos funcionários do EAS incluídos nesse estudo.

O EAS em questão possui dois setores responsáveis pela realização de exames de TC, sendo o setor de Imagens o setor responsável pelos exames ambulatoriais<sup>3</sup> e de emergência com fins diagnósticos e, o setor Oncologia, responsável pelo diagnóstico e planejamento radioterápico para tratamentos em pacientes com câncer.

Primeiramente foram contactados funcionários dos setores de Imagens, sobretudo profissionais que atuam na Radiologia, e da Oncologia. Na pesquisa, foram questionados sobre a quantidade de tomógrafos existentes e em uso em cada setor e quais os horários e dias de funcionamento dos tomógrafos, no ano de 2016.

Para estimar o tempo médio de realização de exame de TC no setor de Imagens, foram realizadas buscas no setor responsável pelo agendamento de exames de alta complexidade, sendo possível ter acesso a programação de exames de TC ambulatoriais, separados semanalmente.

Com a quantidade disponibilizada de exames de TC semanalmente e o horário de atendimento aos exames ambulatoriais, foi possível calcular o tempo médio para realização dos exames de TC do setor de Imagens. Além disto, foram contactados usuários que operam os tomógrafos para verificar a coerência do dado calculado.

Com relação ao setor Oncologia, por falta de dados sobre a programação de exames de TC, para estimar o tempo médio para realização dos exames de TC foi necessário contactar os usuários responsáveis pela realização dos exames de TC no setor.

---

<sup>2</sup> Estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente, no caso deste estudo refere-se à um EAS público.

<sup>3</sup> Exames Ambulatoriais são os exames previamente agendados, que não possuem caráter de emergência e/ou urgência.

Após obter o tempo médio de realização dos exames de TC, foi possível verificar quantos exames podem ser realizados durante o período de uma hora.

A partir dos dados pesquisados, calculou-se a capacidade de produção de exames de TC, por meio da Equação 2.

Com relação à produção real, o setor de Estatísticas e Informações Hospitalares forneceu a quantidade de exames de TC realizados no setor de Imagens e, para o setor Oncologia, foi necessário verificar o controle interno realizado pelos usuários que operam os tomógrafos.

Após o levantamento de todos os dados necessários, calculou-se o grau de utilização dos tomógrafos do EAS, por meio da Equação 3. Com o cálculo do grau de utilização, foi possível verificar se existiu uma subutilização ou uma utilização excessiva dos tomógrafos.

Por fim, foram pesquisados os principais motivos que contribuíram para haver um excesso ou uma falta de utilização dos tomógrafos.

### 3.2.2 Avaliação da Usabilidade dos Tomógrafos

Para avaliar a efetividade, eficiência e satisfação do usuário em relação ao tomógrafo que opera, foram aplicados dois métodos de avaliação de usabilidade: a avaliação heurística e o questionário *System Usability Scale* (EUS).

De acordo com a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 (BRASIL, 2013), a qual aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, torna-se necessário a submissão de projeto de pesquisa que envolvam seres humanos em Comitês de Ética em Pesquisa (CEP).

Após a autorização do CEP para iniciar a pesquisa, primeiramente foram contactados usuários dos tomógrafos do EAS. Na abordagem foi explicado o propósito da pesquisa, como seria realizada a avaliação da usabilidade, apresentando os dois métodos de avaliação e transparecendo a não obrigação em participar da pesquisa.

Para esta avaliação, foram abordados usuários que operam os tomógrafos há pelo menos um ano, uma vez que Nielsen (1994) demonstrou a necessidade dos avaliadores possuírem experiência com a tecnologia de forma a detectar o máximo de problemas de usabilidade.

Os usuários dispostos a responder os questionários, interagiram com a interface do tomógrafo, avaliando a sua adequação e comparando com princípios de usabilidade reconhecidos, as denominadas heurísticas. Este método consiste em preencher uma lista em formato de tabela, na qual cada linha contém onde o problema foi detectado (local da ocorrência na interface), uma descrição desse problema, a heurística violada, em que o

usuário mensura o número referente à heurística e a classificação de gravidade do problema de usabilidade.

No Apêndice A encontra-se o modelo da tabela referente à avaliação heurística. A compreensão mínima das heurísticas é indispensável para fazer a avaliação heurística e, por isto, foi feita uma explicação prévia aos participantes e foram dispostas na tabela as descrições de cada heurística, de modo a auxiliar o avaliador no momento de preenchimento da tabela.

Para complementar a avaliação heurística, os usuários responderam o questionário EUS. Para isto, foram apresentadas 10 afirmações sobre o equipamento, na qual o usuário mensurou a intensidade de concordância dentro de uma escala de 5 pontos para cada afirmação. A resposta 1 significa 'Discordo Completamente' e 5 significa 'Concordo Completamente'. O modelo do questionário EUS encontra-se no Apêndice B.

As respostas foram avaliadas matematicamente de acordo com o disposto em Brooke et al., (1996):

- para as perguntas ímpares (1, 3, 5, 7 e 9) subtraiu-se o valor um (1) da resposta do avaliador, ou seja, o *score* das perguntas ímpares foi o valor da resposta do avaliador menos um (1);
- para as perguntas pares (2, 4, 6, 8 e 10), o *score* das perguntas foi o valor cinco (5) menos a resposta do avaliador;
- após essa conversão, as respostas de cada pergunta foram somadas e o valor foi multiplicado por 2.5.

Após aplicar os dois métodos de avaliação da usabilidade, foi avaliado minuciosamente cada avaliação heurística respondida, de forma a detectar falhas na interface dos tomógrafos segundo a classificação de gravidade dado pelos usuários. Posteriormente, foi avaliado matematicamente cada questionário EUS, verificando a média calculada.

Interface com classificação de gravidade 3 ou 4 e questionários EUS com médias abaixo de 70, devem possuir uma maior atenção para solucionar o problema de usabilidade encontrado, melhorando assim, a interação Homem-Máquina.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após apresentar os fundamentos teóricos e os procedimentos utilizados para análise deste estudo, serão apresentadas as discussões dos resultados encontrados. Para isto, este capítulo será dividido em dois tópicos, sendo que a Seção 4.1 aborda os resultados sobre a distribuição geográfica dos tomógrafos no Brasil; a Seção 4.2 aborda o estudo de caso que avalia os resultados acerca do grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um EAS público.

#### 4.1 Distribuição Geográfica dos Tomógrafos

Por intermédio de pesquisas realizadas nos sites do IBGE e CNES, foi possível encontrar as variáveis necessárias para calcular o parâmetro Tomógrafos SUS/100.000 hab.

A Tabela 1 demonstra cada uma das variáveis pesquisadas (população residente e tomógrafos disponíveis ao SUS) e o parâmetro calculado (Tomógrafos SUS/100.000 hab) por meio da Equação 4, separados por regiões de interesse.

**Tabela 1:** Dados pesquisados e parâmetro Tomógrafos SUS/100.000 hab do Brasil e regiões, em 2015.

REGIÃO	População Residente (estimativa)*	Quantidade de Tomógrafos Disponíveis ao SUS (Out/2015)**	Tomógrafos SUS/100.000 hab
Brasil	204.450.649	1.732	0,84
Norte	17.472.636	111	0,63
Nordeste	56.560.081	375	0,66
Centro-Oeste	15.442.232	154	0,99
Sudeste	85.745.520	711	0,82
Sul	29.230.180	381	1,30

\*Fonte: IBGE/estimativa 2015.

\*\*Fonte: Ministério da Saúde – Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES.

Por meio dos dados dispostos na Tabela 1, verificou-se que a média nacional foi de 0,84 tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, ou seja, 84% de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes. Sendo assim, conclui-se que, em 2015, o Brasil teve um déficit de 16% de tomógrafos para cada 100.000 habitantes, conforme recomenda a Portaria nº 1.631.

As regiões Norte, Nordeste e Sudeste apresentaram médias abaixo da média nacional, representando 0,63, 0,66 e 0,82 tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, respectivamente.

Por outro lado, a única região que esteve acima do parâmetro aprovado pela Portaria nº 1.631 foi a região Sul, com 1,30 Tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, possuindo, desta forma, 30% a mais do recomendado pela portaria. Bem próximo ao que a portaria recomenda, destaca-se a região Centro-Oeste, com 0,99 tomógrafos para cada 100.000 habitantes.

Para uma melhor visualização dos dados, foram dispostos na Tabela 2 a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS separados por tipo de prestador, sendo eles, públicos e não-públicos conveniados ao SUS. Além disto, a Tabela 2 dispõe os cálculos, por meio da Equação 4, dos parâmetros Tomógrafos Públicos/100.000 hab e Tomógrafos não-Públicos SUS/100.000 hab.

**Tabela 2:** Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab por Tipo de Prestador (público e não-público conveniado ao SUS) no Brasil e regiões, em 2015.

REGIÃO	Quantidade de Tomógrafos Públicos (Out/2015)*	Tomógrafos Públicos/100.000 hab	Quantidade de Tomógrafos não-Públicos disponíveis ao SUS (Out/2015)*	Tomógrafos não-Públicos SUS/100.000 hab
Brasil	452	0,22	1.280	0,62
Norte	36	0,20	75	0,42
Nordeste	111	0,19	264	0,46
Centro-Oeste	41	0,26	113	0,73
Sudeste	214	0,24	497	0,57
Sul	50	0,17	331	1,13

\*Fonte: Ministério da Saúde – Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES.

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que a maior quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS/100.000 hab no Brasil pertencia ao setor privado e/ou filantrópicos. Sendo que, dos 84% de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, 62% são provenientes do setor privado e/ou filantrópico contra 22% do setor público.

As regiões Norte e Nordeste apresentaram médias abaixo da média nacional, principalmente quando se trata de tomógrafos não-públicos.

A região Sul foi a região do país que apresentou a pior relação Tomógrafos Públicos/100.000 hab, com 0,17 tomógrafos públicos para cada 100.000 habitantes. Por outro lado, foi a região que apresentou a melhor relação Tomógrafos não-Públicos SUS/100.000 habitantes, com 1,13 tomógrafos não-públicos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes. Percebe-se que, apenas com a quantidade de tomógrafos não-públicos disponíveis ao SUS, já existia um excesso de tomógrafos disponíveis à população.

Assim como observado na região Sul, a região Centro-Oeste possuía uma quantidade de tomógrafos não-públicos expressiva, sendo que, dos 99% de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, 73% pertenciam ao setor privado e/ou filantrópicos conveniados ao SUS e 26% pertenciam ao setor público.

A região Sudeste apresentou uma média de Tomógrafos Públicos/100.000 hab acima da média nacional e, uma média de Tomógrafos não-Públicos SUS/100.000 hab, abaixo da média nacional.

Após comparar o parâmetro calculado Tomógrafos SUS/100.000 hab de cada região com o parâmetro recomendado pela Portaria nº 1.631, foi feita uma pesquisa acerca dos IDHMs de cada região, conforme mostra a Tabela 3.

**Tabela 3:** Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab x IDHM do Brasil e regiões.

<b>REGIÃO</b>	<b>Tomógrafos SUS/100.000 hab*</b>	<b>Tomógrafos Públicos /100.000 hab*</b>	<b>Tomógrafos não- Públicos SUS/100.000 hab*</b>	<b>IDHM**</b>
<b>Brasil</b>	0,84	0,22	0,62	0,727
<b>Norte</b>	0,63	0,20	0,42	0,667
<b>Nordeste</b>	0,66	0,19	0,46	0,663
<b>Centro-Oeste</b>	0,99	0,26	0,73	0,757
<b>Sudeste</b>	0,82	0,24	0,57	0,766
<b>Sul</b>	1,30	0,17	1,13	0,754

\*Dados provenientes das Tabelas 1 e 2.

\*\*Fonte: IPEA, 2016a.

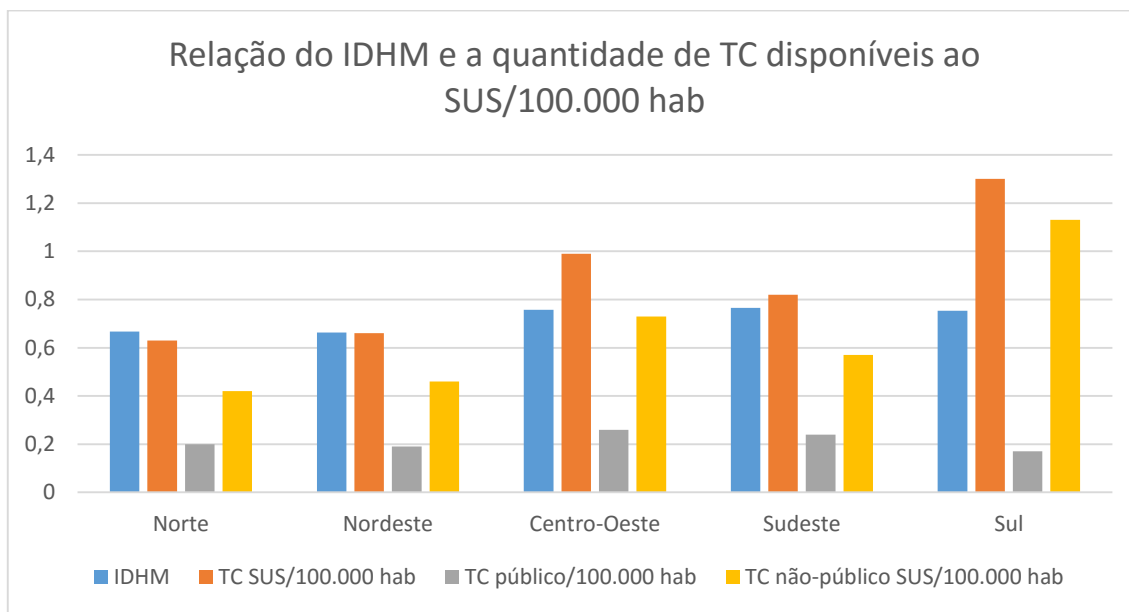
Por falta de dados sobre as tendências dos IDHMs das macrorregiões, foram utilizados os dados dos IDHMs de 2010 disponibilizados na plataforma de consulta dos IDHMs de municípios e UFs brasileiros – o Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (IPEA, 2016a).

Em 2010, o IDHM observado no Brasil era de 0,727, representando um alto desenvolvimento. Embora em 2010, as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul apresentassem um IDHM acima da média nacional, a faixa de desenvolvimento também era considerada de alto desenvolvimento, com 0,766, 0,757 e 0,754 respectivamente. Em contrapartida, as

regiões Norte e Nordeste apresentaram um médio desenvolvimento, com IDHM de 0,667 e 0,663 respectivamente.

Para melhor visualização dos dados, foi elaborado o Gráfico 1.

**Gráfico 1:** Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, por região



Fonte: Elaboração própria.

Pela Tabela 3 e Gráfico 1 observa-se que as regiões com maiores IDHM do país são aquelas que apresentaram também as melhores relações Tomógrafos não-Públicos conveniados ao SUS para cada 100.000 habitantes. Por outro lado, as regiões com os piores IDHMs apresentaram também a pior relação Tomógrafos SUS/100.000 hab, tanto públicos quanto não-públicos.

Para verificar a relação entre a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS com o grau de desenvolvimento das macrorregiões, foi realizado o cálculo da correlação entre essas variáveis (Tomógrafo SUS/100.000 hab e o IDHM). Como resultado obteve-se  $\rho = 0,721355$ , ou seja, uma correlação positiva forte entre essas duas variáveis, indicando uma variação diretamente proporcional.

Assim, pelo cálculo da correlação, as regiões com maiores índices de desenvolvimento humano tendem a apresentarem uma quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS superior às regiões com IDHM mais baixo.

Além disso, pode-se observar pela Tabela 3 e Gráfico 1, que as regiões com maiores IDHM apresentaram uma quantidade expressiva de tomógrafos pertencentes aos setores privados e/ou filantrópicos conveniados ao SUS. Desta forma, fica em evidência que, em grande parte do país, os setores privados de alta tecnologia em saúde encontravam-se em

regiões com rendas mais elevadas, explicando grande parte da desigualdade na acessibilidade aos tomógrafos.

Enfatiza-se que os resultados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 e Gráfico 1, representa um dado calculado para toda a região, sendo necessário verificar separadamente cada estado e município para confirmar se toda a população teve acesso ou não a esse tipo de serviço prestado.

Com intuito de analisar detalhadamente cada região, foi realizada uma pesquisa separada por UFs de cada região. O objetivo é identificar possíveis excessos ou falta de tomógrafos em um determinado estado, comparando-os com seu grau de desenvolvimento humano.

A Tabela 4 mostra separadamente cada região com seus respectivos estados. Foi disposto na Tabela 4 os dados pesquisados que são necessários para o cálculo dos parâmetros Tomógrafos/100.000 hab, separados por tipo de prestador.

**Tabela 4:** Quantidade populacional e quantidade de Tomógrafos Disponíveis ao SUS, separados por UFs (continua).

REGIÕES		População Residente (estimativa)*	Quantidade de Tomógrafos Disponíveis ao SUS (Out/2015)**	Quantidade de Tomógrafos Públicos (Out/2015)**	Quantidade de Tomógrafos não-Públicos conveniados ao SUS (Out/2015)**
<b>Brasil</b>		204.450.649	1.732	452	1.280
<b>Norte</b>	Rondônia	1.768.204	13	3	10
	Acre	803.513	4	3	1
	Amazonas	3.938.336	19	9	10
	Roraima	505.665	7	3	4
	Pará	8.175.113	47	13	34
	Amapá	766.679	6	2	4
	Tocantins	1.515.126	15	3	12
<b>Nordeste</b>	Maranhão	6.904.241	40	17	23
	Piauí	3.204.028	33	5	28
	Ceará	8.904.459	62	26	36
	Rio Grande do Norte	3.442.175	24	5	19
	Paraíba	3.972.202	37	12	25
	Pernambuco	9.345.173	57	14	43
	Alagoas	3.340.932	25	6	19
	Sergipe	2.242.937	14	2	12
	Bahia	15.203.934	83	24	59
<b>Centro-Oeste</b>	Mato Grosso do Sul	2.651.235	18	7	11
	Mato Grosso	3.265.486	37	7	30
	Goiás	6.610.681	75	13	62
	Distrito Federal	2.914.830	24	14	10

**Tabela 4:** Quantidade populacional e quantidade de Tomógrafos Disponíveis ao SUS, separados por UFs (conclusão).

REGIÕES		População Residente (estimativa)*	Quantidade de Tomógrafos Disponíveis ao SUS (Out/2015)**	Quantidade de Tomógrafos Públicos (Out/2015)**	Quantidade de Tomógrafos não-Públicos conveniados ao SUS (Out/2015)**
<b>Sudeste</b>	Minas Gerais	20.869.101	177	23	154
	Espírito Santo	3.929.911	39	9	30
	Rio de Janeiro	16.550.024	145	65	80
	São Paulo	44.396.484	350	117	233
<b>Sul</b>	Paraná	11.163.018	127	20	107
	Santa Catarina	6.819.190	94	13	81
	Rio Grande do Sul	11.247.972	160	17	143

\*Fonte: IBGE/estimativa 2015.

\*\*Fonte: Ministério da Saúde – Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES.

Com os dados dispostos na Tabela 4, torna-se possível calcular os parâmetros Tomógrafos SUS/100.000 hab, Tomógrafos Públicos/100.000 hab e Tomógrafos não-Públicos SUS/100.000 hab, por meio da Equação 4.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros calculados Tomógrafos/100.000 hab separados por tipo de prestador e os dados sobre a projeção de 2014 do IDHM de cada estado.

**Tabela 5:** Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab x IDHM, separados por UFs (continua).

REGIÕES		Tomógrafos SUS/100.000 hab*	Tomógrafos Público/100.000 hab*	Tomógrafos não-Público SUS/100.000 hab*	IDHM**
<b>Brasil</b>		0,84	0,22	0,62	0,761
<b>Norte</b>	Rondônia	0,73	0,16	0,56	0,715
	Acre	0,49	0,37	0,12	0,719
	Amazonas	0,48	0,22	0,25	0,709
	Roraima	1,38	0,59	0,79	0,732
	Pará	0,57	0,15	0,41	0,675
	Amapá	0,78	0,26	0,52	0,747
	Tocantins	0,99	0,19	0,79	0,732
<b>Nordeste</b>	Maranhão	0,57	0,24	0,33	0,678
	Piauí	1,02	0,15	0,87	0,678
	Ceará	0,69	0,29	0,40	0,716
	Rio Grande do Norte	0,69	0,14	0,55	0,717
	Paraíba	0,93	0,30	0,62	0,701
	Pernambuco	0,60	0,14	0,46	0,709
	Alagoas	0,74	0,17	0,56	0,667

**Tabela 5:** Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab x IDHM, separados por UFs (conclusão).

REGIÕES		Tomógrafos SUS/100.000 hab*	Tomógrafos Público/100.000 hab*	Tomógrafos não-Público SUS/100.000 hab*	IDHM**
<b>Nordeste</b>	Sergipe	0,62	0,08	0,53	0,681
	Bahia	0,54	0,15	0,38	0,703
<b>Centro-Oeste</b>	Mato Grosso do Sul	0,67	0,26	0,41	0,762
	Mato Grosso	1,13	0,21	0,91	0,767
	Goiás	1,13	0,19	0,93	0,750
	Distrito Federal	0,82	0,48	0,34	0,839
<b>Sudeste</b>	Minas Gerais	0,84	0,11	0,73	0,769
	Espírito Santo	0,99	0,22	0,76	0,771
	Rio de Janeiro	0,87	0,39	0,48	0,778
	São Paulo	0,78	0,26	0,52	0,819
<b>Sul</b>	Paraná	1,13	0,17	0,95	0,790
	Santa Catarina	1,37	0,19	1,18	0,813
	Rio Grande do Sul	1,42	0,15	1,27	0,779

\*Calculados com base nos dados do IBGE e CNES de 2015.

\*\*Fonte: IPEA, 2016b.

Para verificar a relação entre a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS com o IDHM das UFs, foi realizado o cálculo da correlação dessas variáveis.

Semelhante ao resultado da correlação para as macrorregiões, a correlação da quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS com o grau de desenvolvimento humano das UFs também foi positiva, porém, fraca, com valor de  $p = 0,485167$ . Esse valor indica uma variação diretamente proporcional entre as variáveis.

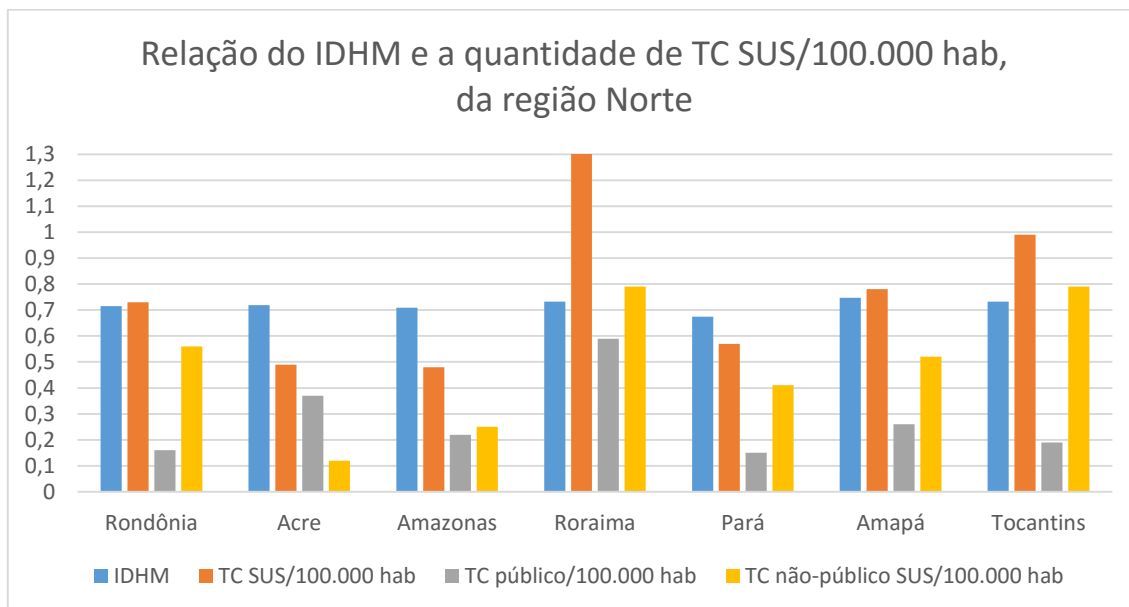
Para melhor visualização dos dados dispostos na Tabela 5, foram elaborados os Gráficos 2, 3, 4, 5 e 6, que dispõem, separadamente as UFs de cada região, a relação entre o IDHM com a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, separado por tipo de prestador.

O Gráfico 2 apresenta os dados referente à região Norte.

Perante os dados do Gráfico 2, referente à região Norte do Brasil, os estados que merecem destaque positivo são Roraima e Tocantins, os quais possuíam uma quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS por 100.000 habitantes iguais ou acima do recomendado pela Portaria nº 1.631, com 1,38 e 0,99 Tomógrafo SUS/100.000 hab respectivamente. Além disso, apresentaram também a melhor relação de tomógrafos não-públicos conveniados ao SUS para cada 100.000 habitantes e índices de desenvolvimento humano acima do que é

observado nos demais estados da região. Por outro lado, o destaque negativo desta região são os estados Acre, Amazonas e Pará que possuem entre 43 a 52% menos de tomógrafos do que é recomendado e localizam-se em regiões com um dos piores IDHMs da região.

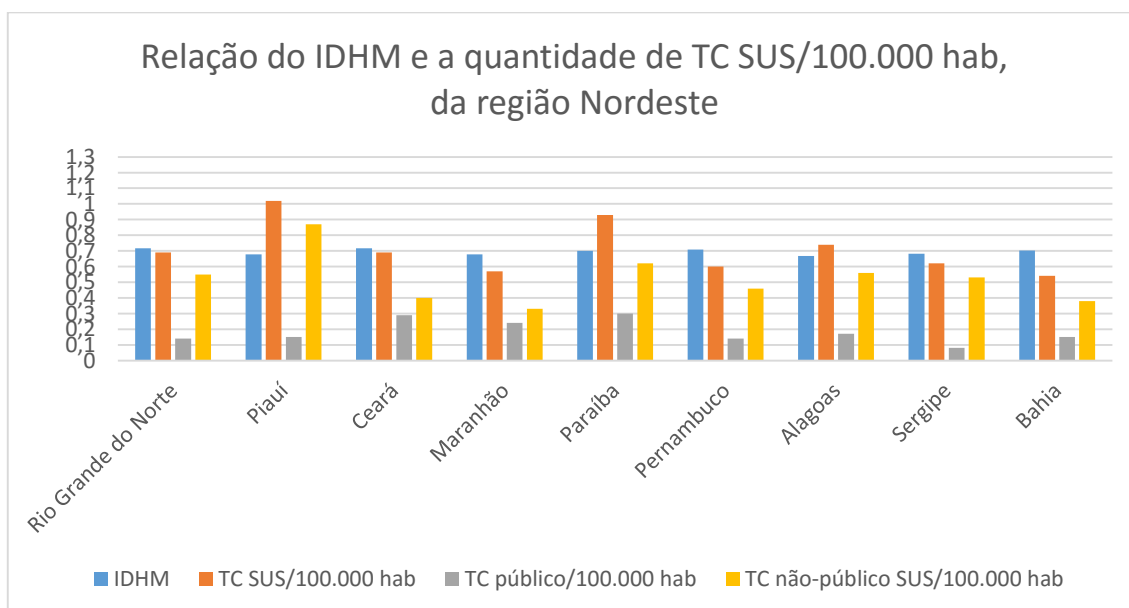
**Gráfico 2:** Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Norte



Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 3 apresenta os dados referente à região Nordeste.

**Gráfico 3:** Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Nordeste

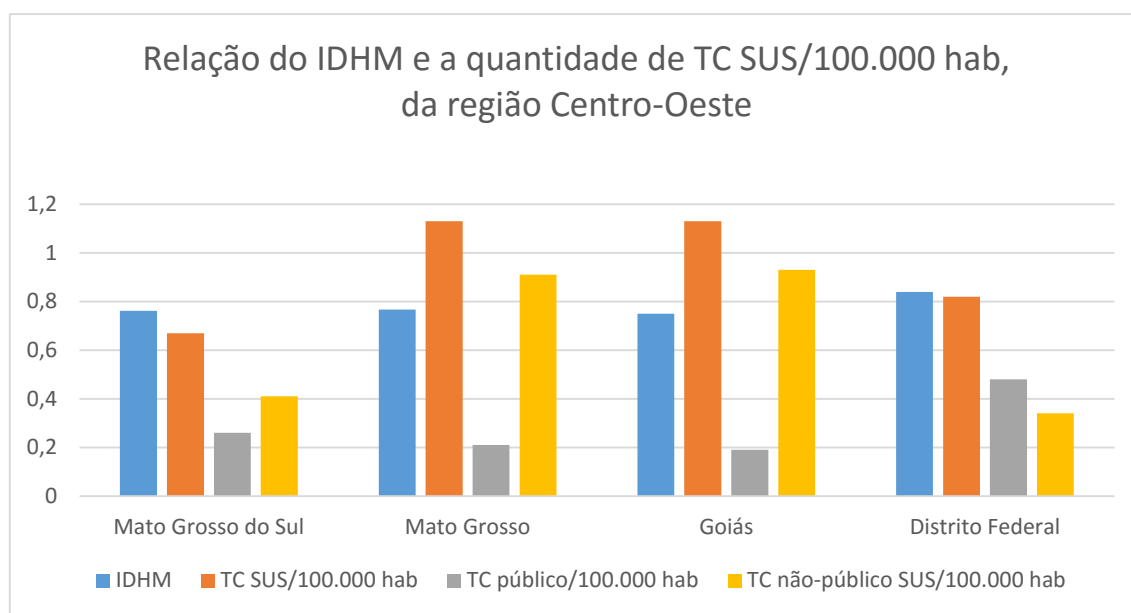


Fonte: Elaboração própria.

A região Nordeste é a região que apresenta os piores IDHMs do Brasil e as piores relações de tomógrafos não-públicos conveniados ao SUS para cada 100.000 habitantes, conforme disposto na Tabela 5. Com relação aos dados apresentados no Gráfico 3, embora o Piauí apresente um médio desenvolvimento, é o único estado que possui a quantidade de tomógrafos superior ao recomendado pela Portaria nº 1.631. Com 1,06 tomógrafos para cada 100.000 habitantes, 87% dos tomógrafos disponíveis ao SUS do Piauí pertenciam ao setor privado e/ou filantrópico. Outro destaque da região é a Paraíba, que possuía uma carência de apenas 7% de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes e um alto desenvolvimento. Além disso, foi o estado que apresentou a melhor relação de tomógrafos públicos da região. As demais UF's possuem mais de 26% de deficiência de tomógrafos disponíveis ao SUS e com IDHMs abaixo da média nacional.

O Gráfico 4 apresenta os dados referente à região Centro-Oeste.

**Gráfico 4:** Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Centro-Oeste



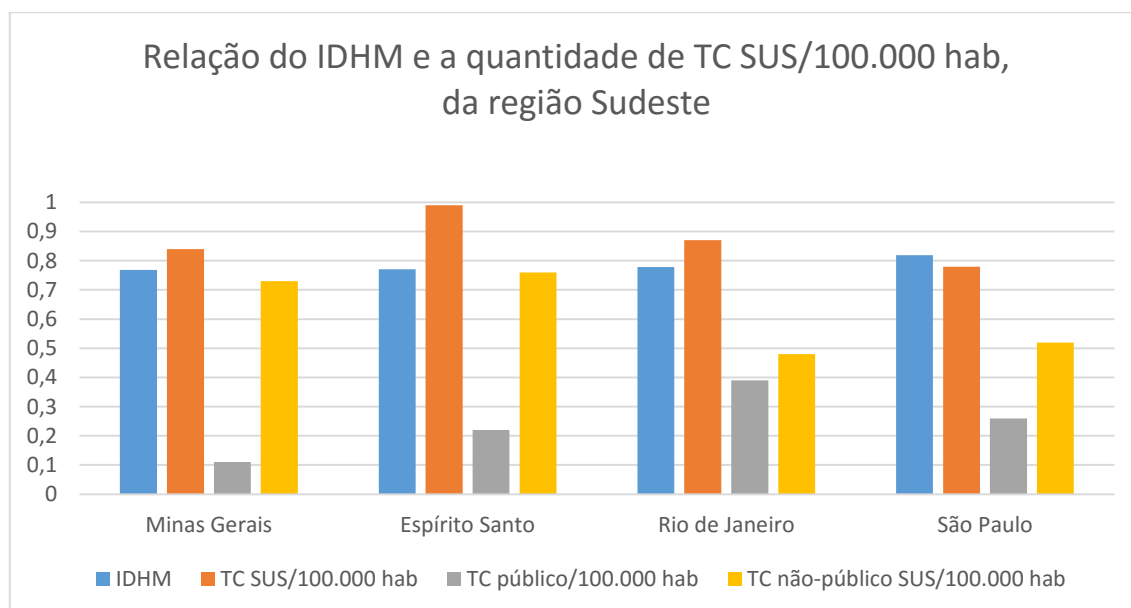
Fonte: Elaboração própria.

Com relação à região Centro-Oeste, em 2014, o DF possuía o melhor IDHM do país, com 0,839, classificado como muito alto desenvolvimento, conforme o Atlas de desenvolvimento humano no Brasil, descrito na Seção 2.4.2. Embora tenha apresentado 18% a menos da quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS por 100.000 habitantes, foi onde observou-se a melhor relação de tomógrafos públicos para cada 100.000 habitantes da região. Os estados do Mato Grosso e Goiás possuíam um alto desenvolvimento e uma quantidade de tomógrafos superior ao recomendado, ambos com 1,13 tomógrafos disponíveis

ao SUS para cada 100.000 habitantes, sendo que, dos 113% de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes mais de 90% desses tomógrafos pertenciam ao setor privado e/ou filantrópico. Por outro lado, embora possuísse um alto desenvolvimento humano, o Mato Grosso do Sul é o estado com a pior relação Tomógrafos SUS/100.000 hab da região, apresentando 33% a menos do que o recomendado.

O Gráfico 5 apresenta os dados referentes à região Sudeste.

**Gráfico 5:** Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Sudeste



Fonte: Elaboração própria.

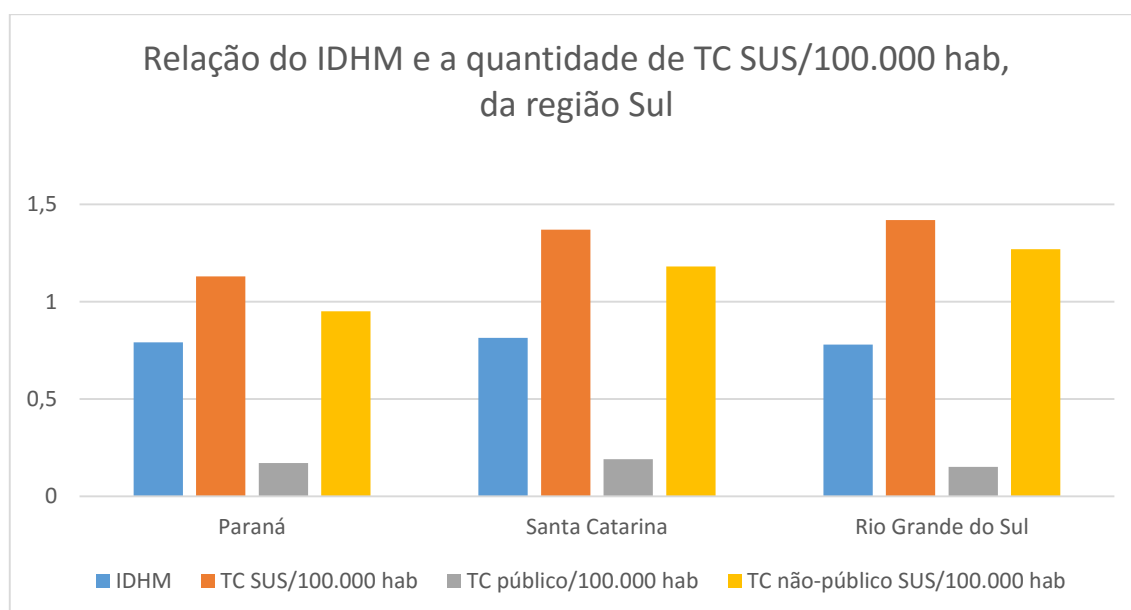
Com relação à região Sudeste, todos as UFs possuíam um IDHM acima da média nacional. Entretanto, conforme apresentado no Gráfico 5, apenas o estado do Espírito Santo possuía a quantidade ideal de tomógrafos disponíveis ao SUS por 100.000 habitantes (0,99), sendo que, dos 99% de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, 76% pertenciam ao setor privado e/ou filantrópico. São Paulo merece destaque por ter apresentado um muito alto desenvolvimento humano e a pior relação de tomógrafos por 100.000 habitantes da região, com 22% a menos do que é recomendado. Já o estado de Minas Gerais, verifica-se que há 84% de tomógrafos disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes, sendo 73% provenientes dos setores privados e/ou filantrópicos conveniados ao SUS e, apenas 11% pertenciam ao setor público.

O Gráfico 6 apresenta os dados referentes à região Sul.

A única região do país em que todas as UFs possuíam uma quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS por 100.000 habitantes acima do recomendado pela Portaria nº 1.631 foi a região Sul. Além disto, todos os estados desta região possuíam um IDHM acima da média

nacional. Santa Catarina merece destaque por apresentar uma faixa de desenvolvimento muito alto e 37% a mais de tomógrafos do que o recomendado. Embora todos os estados da região apresentaram uma relação de tomógrafos públicos para cada 100.000 habitantes abaixo da média nacional, o setor privado e/ou filantrópico conveniado ao SUS, disponibilizavam praticamente a quantidade necessária de tomógrafos para cada 100.000 habitantes, conforme Gráfico 6.

**Gráfico 6:** Relação do IDHM e da quantidade de TC disponíveis ao SUS para cada 100.000 habitantes separados por tipo de prestador, da região Sul



Fonte: Elaboração própria.

Para uma visualização específica de nossa cidade, foi realizada a análise da distribuição geográfica dos tomógrafos no município de Uberlândia. A Tabela 6 dispõe os dados necessários para o cálculo dos parâmetros Tomógrafos SUS/100.000 hab, separados por tipo de prestador.

**Tabela 6:** Quantidade populacional e quantidade de Tomógrafos disponíveis ao SUS do município de Uberlândia, em 2015.

MUNICÍPIO	População Residente (estimativa)*	Quantidade de Tomógrafos Disponíveis ao SUS (Out/2015)**	Quantidade de Tomógrafos Públicos (Out/2015)**	Quantidade de Tomógrafos não-Públicos conveniados ao SUS (Out/2015)**
Uberlândia	662.362	4	3	1

\*Fonte: IBGE/estimativa 2015.

\*\*Fonte: Ministério da Saúde – Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES.

Após os dados pesquisados dispostos na Tabela 6, foi possível calcular, por meio da Equação 4, os parâmetros Tomógrafos/100.000 hab.

A Tabela 7 dispõe os dados dos parâmetros calculados Tomógrafos/100.000 hab separados por tipo de prestador e o IDHM do município de Uberlândia.

**Tabela 7:** Parâmetros Tomógrafos/100.000 hab x IDHM do município de Uberlândia.

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>Tomógrafo SUS/100.000 hab</b>	<b>Tomógrafo público/100.000 hab</b>	<b>Tomógrafo não-público SUS/100.000 hab</b>	<b>IDHM*</b>
<b>Uberlândia</b>	0,60	0,45	0,15	0,789

\*Fonte: IPEA, 2016a.

Embora o município de Uberlândia esteja acima da média nacional em relação ao desenvolvimento humano, percebe-se que, ainda assim, existe um *déficit* de 40% de tomógrafos disponíveis ao SUS para a região, sendo necessária uma quantidade superior de tomógrafos para atender toda a população uberlandense.

Diferentemente do que se observou em todas as regiões do país e na maioria dos estados, o município de Uberlândia apresentou uma quantidade de tomógrafos públicos (0,45) bem superior aos tomógrafos não-públicos conveniados ao SUS (0,15). Portanto, aqueles equipamentos pertencentes aos setores privados e/ou filantrópicos não elevou a estatística da quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS para o município de Uberlândia, como observado em grande parte do país.

Perante o que foi apresentado e com base no cálculo das correlações entre as variáveis Tomógrafo SUS/100.000 hab e IDHM, das macrorregiões e das UFs, percebe-se que houve uma relação direta entre o grau de desenvolvimento humano das regiões com as quantidades de tomógrafos disponibilizados ao SUS.

A maioria das regiões e estados com IDHM de alto ou muito alto desenvolvimento apresentaram uma maior quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS, sobretudo os não-públicos conveniados ao SUS.

Vale ressaltar que os dados apresentados neste estudo referem-se apenas a área de cobertura do tomógrafo para cada 100.000 habitantes, conforme recomenda a Portaria nº 1.631. Excluiu-se o parâmetro de 1 tomógrafo em um raio de 75 km por ser um estudo que analisa regiões do país, tornando-se inviável analisar pelo raio de cobertura.

Além disso, para garantir acesso a toda população, é necessário avaliar as UFs separadamente, para encontrar possíveis excesso ou *déficit* na acessibilidade aos tomógrafos, de modo a distribuir melhor esses equipamentos.

Comparando os resultados apresentados nos estudos da Seção 2.4.1 com os resultados apresentados nesta Seção, verificou-se similaridade, demonstrando que os resultados constataram uma existência na desigualdade no acesso aos exames de TC no Brasil até o ano de 2015. Em contrapartida, verificou-se que houve uma diminuição nacional no déficit de tomógrafos em relação ao parâmetro 1/100.000 habitantes, uma vez que os dados calculados neste estudo apontaram uma quantidade de 0,84 tomógrafos SUS/100.000 habitantes e a análise do último dado calculado (2009) pelo estudo de Santos (2013) representava 0,71.

#### **4.2 Estudo de caso: avaliação do grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos de um EAS público**

O EAS incluído nessa pesquisa corresponde a um EAS de média e alta complexidade e tornou-se um importante elo da rede SUS para atender, principalmente, casos emergenciais, urgentes e de alta complexidade.

O EAS oferece atendimentos de emergência, urgência, ambulatorial, cirúrgico e internação, sendo subdividido em 22 setores. Para este estudo, os setores que terão foco serão os setores de Imagens e Oncologia, uma vez que correspondem aos setores que realizam exames de TC.

O Setor de Imagens é o setor responsável pelo diagnóstico por imagem, o qual foi subdividido em seis áreas, sendo elas: Radiologia, Ultrassom, Endoscopia, Cardiologia, Hemodinâmica e Neurologia. Sobretudo, para esta pesquisa, a Radiologia será a área de interesse, uma vez que corresponde aos exames de TC.

Atuando desde 2000, o setor Oncologia é referência para tratamento de pacientes com câncer, sendo o tratamento oferecido totalmente gratuito. Embora este setor pertença ao EAS em questão, grande parte dos recursos oferecidos pela Oncologia foram obtidos por Organizações Não Governamentais (ONGs). No fim do ano de 2015 foi adquirido e instalado um tomógrafo no setor para realização de diagnóstico e planejamento radioterápico no tratamento dos pacientes com câncer.

Nas Seções 4.2.1 e 4.2.2 serão apresentados os resultados sobre o grau de utilização e usabilidade dos tomógrafos do EAS incluído nesse estudo de caso.

#### 4.2.1 Grau de Utilização dos tomógrafos

Para melhor visualização dos dados, esta seção será subdividida em dois subtópicos, o qual o 4.2.1.1 aborda os resultados sobre o grau de utilização dos tomógrafos do setor de Imagens e a seção 4.2.1.2 aborda os resultados sobre o grau de utilização do tomógrafo da Oncologia.

##### 4.2.1.1 Grau de Utilização dos tomógrafos do setor de Imagens

Por meio de pesquisas realizadas com funcionários do EAS, constatou-se que em 2016, haviam 2 tomógrafos instalados e em uso no setor de Imagens, sendo um mais antigo com 2 canais e o outro com 64 canais.

Os tomógrafos eram utilizados todos os dias do ano e 24 horas por dia. Todavia, nos períodos noturnos, fins de semana e feriados, eram realizados apenas exames de emergência.

Para atendimento aos exames ambulatoriais, os tomógrafos funcionavam das 7 horas às 19 horas, entretanto, se houvesse a necessidade, também eram realizados exames de emergência nesse período. O período correspondente das 19 horas às 7 horas, eram realizados apenas os exames de emergência.

Com relação ao tempo médio para realização do exame de TC, vale ressaltar que a aquisição dos dados depende da quantidade de canais que o tomógrafo possui e qual anatomia do corpo humano será realizada o exame, sendo que, alguns exames duram mais tempo que outros. No caso dos tomógrafos do setor de Imagens, destaca-se que a aquisição de dados realizada pelo tomógrafo de 64 canais é muito mais rápida quando comparado ao de 2 canais.

Embora haja essa diferença na aquisição dos dados por partes dos tomógrafos, para calcular a capacidade de produção de exames de TC do setor de Imagens, foi realizada uma média do tempo para realização do exame de TC. Essa média foi calculada a partir da programação de exames de TC ambulatoriais, fornecida pelo setor responsável pelo agendamento dos exames de alta complexidade.

A Tabela 8 dispõe a programação de exames de TC ambulatoriais disponibilizados pelo setor de Imagens.

**Tabela 8:** Quantidade de exames de TC ambulatoriais disponibilizado pelo setor de Imagens, em 2016 (continua).

Período	Quantidade de exames de TC ambulatoriais*				
	Seg	Ter	Quar	Qui	Sex
<b>7:00 – 10:00</b>	16	15	15	16	22
<b>10:00 – 15:00</b>	24	25	25	25	17

**Tabela 8:** Quantidade de exames de TC ambulatoriais disponibilizado pelo setor de Imagens, em 2016 (conclusão).

Período	Quantidade de exames de TC ambulatoriais*				
	Seg	Ter	Quar	Qui	Sex
<b>15:00 – 19:00</b>	10	11	11	11	11
<b>Total</b>	50	51	51	52	50

\*Fonte: Ambulatório EAS.

Conforme disposto na Tabela 8, percebe-se que eram disponibilizados, em média, 50 exames ambulatoriais por dia, utilizando os 2 tomógrafos instalados. Portanto, eram realizados aproximadamente 25 exames de TC ambulatoriais por dia em cada um dos tomógrafos.

Como dito anteriormente, os tomógrafos funcionavam 12 horas seguidas (7 às 19 hrs) para atendimento ambulatorial. Sendo assim, eram realizados 25 exames de TC ambulatoriais a cada 12 horas em cada um dos tomógrafos. Desta forma, o tempo médio para realização dos exames de TC pelo setor de Imagens foi de aproximadamente 30 minutos, ou seja, 2 exames de TC ambulatoriais por hora.

Após pesquisar todos os dados necessário, torna-se possível calcular a capacidade de produção de exames de TC do setor de Imagens por meio da Equação 2:

$$CP \text{ de exames de TC} = nt \times hr \times d \times q$$

Para os meses de janeiro, março, maio, julho, agosto, outubro e dezembro, com 31 dias de funcionamento, a capacidade de produção de exame de TC em 2016 foi:

$$CP \text{ de exames de TC} = 2 \times 24 \times 31 \times 2$$

$$CP \text{ de exames de TC} = 2.976$$

Para o mês de fevereiro que, em 2016 contou com 29 dias, a capacidade de produção de exames de TC foi:

$$CP \text{ de exames de TC} = 2 \times 24 \times 29 \times 2$$

$$CP \text{ de exames de TC} = 2.784$$

Para os meses abril, junho, setembro e novembro, a capacidade de produção de exames de TC em 2016 foi:

$$CP \text{ de exames de TC} = 2 \times 24 \times 30 \times 2$$

$$CP \text{ de exames de TC} = 2.880$$

Após o cálculo da capacidade de produção, foi necessário pesquisar o dado sobre produção real de exames de TC, ou seja, a quantidade de exames de TC realizados pelo setor de Imagens em 2016.

A Tabela 9 fornece a quantidade de exames realizados pelo Setor de Imagens em 2016, separados mensalmente.

**Tabela 9:** Quantidade de exames de TC realizados pelo setor de Imagens, em 2016.

<b>MÊS</b>	<b>Quantidade de exames de TC realizados</b>
<b>Janeiro</b>	1.221
<b>Fevereiro</b>	1.496
<b>Março</b>	1.503
<b>Abril</b>	1.242
<b>Maio</b>	1.546
<b>Junho</b>	839
<b>Julho</b>	1.194
<b>Agosto</b>	934
<b>Setembro</b>	1.055
<b>Outubro*</b>	1.018
<b>Novembro*</b>	977
<b>Dezembro*</b>	1.732
<b>TOTAL</b>	14.757

Fonte: Sistema de Informação Hospitalar / Setor de Estatísticas e Informações Hospitalares.

(\*) período de greve.

Com o cálculo da capacidade de produção de exames de TC e a quantidade de exames realizados no ano de 2016, apresentado na Tabela 9, torna-se possível calcular o grau de utilização dos tomógrafos do setor de Imagens, a partir da Equação 3.

$$GU (\%) = \frac{\text{Produção Real}}{CP \text{ de exames de TC}} \times 100$$

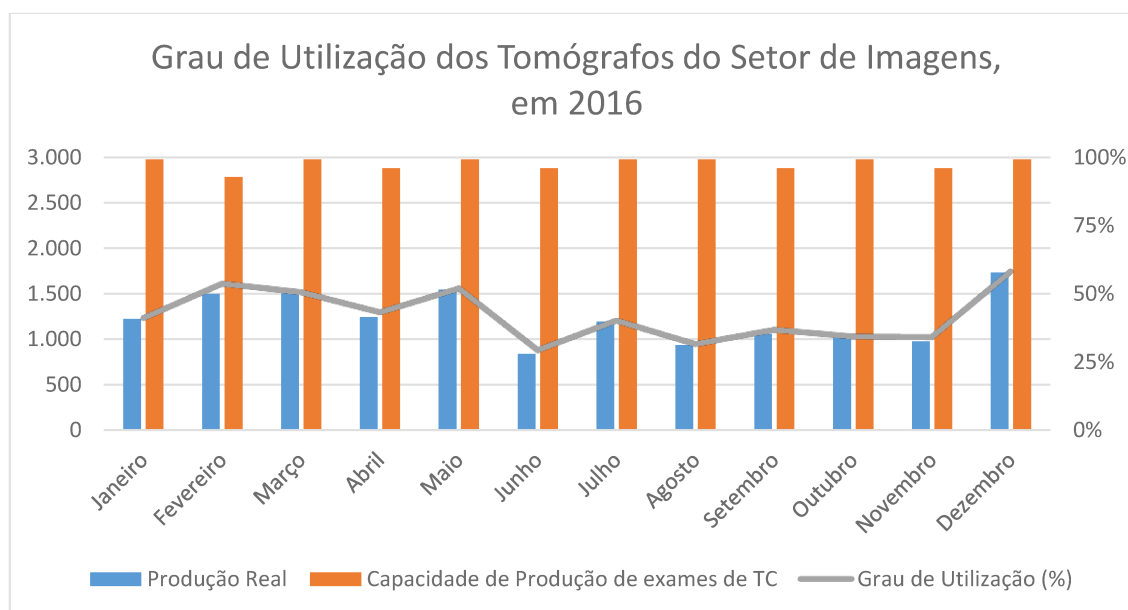
A Tabela 10 dispõe os dados calculados (capacidade de produção de exames de TC e o grau de utilização dos tomógrafos do setor de Imagens) e o dado pesquisado (produção real), separados mensalmente.

**Tabela 10:** Informações sobre a utilização dos Tomógrafos do setor de Imagens.

MÊS	Produção Real*	CP de exames de TC	GU (%)
Janeiro	1.221	2.976	41,0
Fevereiro	1.496	2.784	53,73
Março	1.503	2.976	50,5
Abril	1.242	2.880	43,12
Maio	1.546	2.976	51,94
Junho	839	2.880	29,13
Julho	1.194	2.976	40,12
Agosto	934	2.976	31,38
Setembro	1.055	2.880	36,63
Outubro	1.018	2.976	34,2
Novembro	977	2.880	33,92
Dezembro	1.732	2.976	58,19
<b>Total</b>	<b>14.757</b>	<b>35.136</b>	<b>-</b>

\*Fonte: Sistema de Informação Hospitalar / Setor de Estatísticas e Informações Hospitalares.

Para melhor visualização, os dados foram dispostos no Gráfico 7, exibindo as informações sobre a utilização dos tomógrafos do setor de Imagens no ano de 2016, separados mensalmente.

**Gráfico 7:** Grau de Utilização dos Tomógrafos do setor de Imagens, em 2016.

Fonte: Elaboração própria.

Por meio do Gráfico 7, percebe-se que houve uma subutilização dos tomógrafos do setor de Imagens durante todo o ano de 2016.

O principal motivo que ocasionou esse baixo GU dos tomógrafos deu-se por ocorrência de falhas. Segundo dados pesquisados por meio do sistema de pedidos de serviço de manutenção do EAS, houve períodos longos em que os tomógrafos ficaram indisponíveis com presença de falhas.

Dados do sistema indicam que durante o período de 26/02/2016 a 29/07/2016 o tomógrafo de 2 canais ficou indisponível com falha na ampola. Por outro lado, o tomógrafo de 64 canais apresentou falhas, também na ampola, e ficou indisponível do dia 07/07/2016 a 07/12/2016.

A partir dos dados extraídos do sistema, verificou-se que apenas nos meses de janeiro e dezembro os dois tomógrafos estavam em funcionamento. Em contrapartida, nos demais meses apenas um tomógrafo foi utilizado para realização dos exames.

Outro fator que contribuiu para um baixo GU foi devido ao período de greve. Segundo dados dos funcionários do setor, todos os operadores de tomógrafos aderiram à greve, sendo que, durante esse período, apenas os exames de emergência foram realizados. Todavia, todos os exames ambulatoriais disponibilizados foram cancelados, sendo aproximadamente 2.700 exames de TC ambulatoriais cancelados nos meses de outubro, novembro e dezembro.

Após mostrar a porcentagem mensal do GU dos tomógrafos do setor de Imagens, foi realizada uma análise do grau de utilização dos tomógrafos do setor de Imagens durante todo o ano de 2016.

Primeiramente foi realizado o cálculo da capacidade de produção de exames de TC para o ano de 2016.

$$\begin{aligned} CP \text{ de exames de TC} &= nt \times hr \times d \times q \\ CP \text{ de exames de TC} &= 2 \times 24 \times 366 \times 2 \\ CP \text{ de exames de TC} &= 35.136 \end{aligned}$$

O cálculo mostrado acima significa que, com os 2 tomógrafos em uso no setor de Imagens, seria possível realizar 35.136 exames de TC no ano de 2016, incluindo exames ambulatoriais e de emergência.

Com o cálculo da capacidade de produção de exames de TC e com o dado pesquisado sobre produção real, disposto na Tabela 9, torna-se possível calcular o grau de utilização dos tomógrafos do setor de Imagens no ano de 2016.

$$\begin{aligned} GU (\%) &= \frac{\text{Produção Real}}{CP \text{ de exames de TC}} \times 100 \\ GU (\%) &= \frac{14.757}{35.136} \times 100 \\ GU &= 42\% \end{aligned}$$

O cálculo mostrado acima significa que houve uma subutilização dos tomógrafos do setor de Imagens, os quais, com os 2 equipamentos em utilização no ano de 2016, apenas 42% da capacidade de produção dos tomógrafos foram utilizados.

O principal motivo que levou essa subutilização, foi pela presença de falhas nos tomógrafos durante quase todo o ano de 2016, conforme dito anteriormente. Nesse ano, o hospital contava com 2 tomógrafos para atender toda a demanda, porém, a capacidade de produção de exames de TC caiu pela metade quando, em períodos distintos, os tomógrafos estiveram em manutenção ou quando houve o período de greve.

Pode-se destacar também que, embora os períodos noturnos, feriados e fins de semana entrem na equação para o cálculo da CP de exames de TC do setor de Imagens, segundo dados dos funcionários, são realizados menos exames durante esses períodos. Todavia, não foi possível verificar quantos exames de emergência foram realizados durante o ano de 2016.

Em menor proporção, outro fator que contribuiu para a subutilização dos tomógrafos, segundo pesquisas realizadas com usuários que operam os tomógrafos, foi a falta de materiais necessários para alguns exames de TC, como, por exemplo, contraste iodado e bomba injetora.

Embora tenha sido possível verificar os principais motivos que contribuíram para a subutilização dos tomógrafos do setor de Imagens em 2016, não foi possível verificar a quantidade de exames de TC afetados separadamente.

#### *4.2.1.2 Grau de Utilização do Tomógrafo da Oncologia*

Com relação ao tomógrafo do setor Oncologia, dados mostraram que o equipamento foi adquirido e instalado no fim do ano de 2015. Por ter sido adquirido por uma ONG, todos os processos envolvendo manutenções, sejam elas corretivas ou preventivas, são de responsabilidade da ONG e não do setor de manutenção do EAS.

O objetivo da instalação do tomógrafo de 16 canais no setor foi para realização de diagnóstico por imagem e para planejamento de radioterapia.

O tomógrafo foi instalado para ser utilizado apenas nos dias úteis e no horário correspondente das 7 às 17. Entretanto, devido à uma sobrecarga elétrica, houve quedas da energia e, então, em alguns meses optou-se por utilizar o tomógrafo apenas um período.

Desta forma, em alguns meses do ano de 2016, optou-se por utilizar o tomógrafo apenas no período da manhã. Nos meses em que se utilizaram o tomógrafo em ambos períodos, foi necessário o desligamento de alguns equipamentos do setor, como por exemplo ar condicionado, para evitar problemas de queda de energia.

Conforme dados dos funcionários do setor, de março até dia 17 de setembro, o tomógrafo funcionou no período da manhã (horário correspondente das 7 às 12) para realização de diagnóstico e no período da tarde (horário correspondente das 13 às 17) para

planejamento radioterápico. Nos demais meses, o tomógrafo funcionou apenas um período, de manhã ou tarde.

Segundo os usuários responsáveis por esses exames no setor, a utilização do tomógrafo para planejamento radioterápico possui um tempo de duração maior quando comparado ao diagnóstico por imagem. Todavia, foi estimado, pelos usuários que operam o tomógrafo, um tempo médio para realização de exames de TC, incluindo exames de diagnóstico e planejamento radioterápico, de 30 minutos.

A Tabela 11 apresenta a quantidade de dias úteis do ano de 2016, o período de utilização do tomógrafo na Oncologia e o cálculo da capacidade de produção, realizada por meio da Equação 2.

$$CP \text{ de exames de TC} = nt \times hr \times d \times q$$

**Tabela 11:** Quantidade de dias úteis do ano de 2016 e períodos de utilização do tomógrafo da Oncologia, separados mensalmente.

MÊS	Quantidade de dias úteis	Período de utilização	CP de exames de TC
Janeiro	20	Tarde	200
Fevereiro	18	Tarde	180
Março	22	Manhã e Tarde	440
Abril	20	Manhã e Tarde	400
Maio	21	Manhã e Tarde	420
Junho	22	Manhã e Tarde	440
Julho	21	Manhã e Tarde	420
Agosto	21	Manhã e Tarde	420
Setembro(*)	21	Manhã e Tarde	320
		/Manhã	
Outubro	20	Manhã	200
Novembro	20	Manhã	200
Dezembro	17	Manhã	170

Para o mês de setembro, foi realizado o cálculo até dia 17 com horário de funcionamento do tomógrafo de 10 horas. Após essa data, foi realizado outro cálculo com horário de funcionamento de 5 horas. Por fim, foi realizada a somatória para obter a CP de exames de TC final do mês de setembro.

No mês de dezembro, o tomógrafo funcionou apenas até o dia 23, portanto, houve 17 dias de funcionamento do tomógrafo.

Após fazer o cálculo por mês da capacidade de produção de exames de TC da Oncologia, foi necessário buscar dados sobre a produção real de exames de TC no setor. Para isto foram realizadas buscas no próprio setor, o qual, cada exame realizado foi incluído manualmente por cada usuário.

Ao analisar o controle interno sobre a quantidade de exames de TC realizados pela Oncologia, verificou-se que a data do primeiro registro foi dia 22/02/2016. Portanto, para esta pesquisa, a avaliação do grau de utilização do tomógrafo da Oncologia começará a partir de tal data. Desta forma, a capacidade de produção do mês de fevereiro foi equivalente a 60 exames, uma vez que contabilizou apenas 6 dias de funcionamento.

A Tabela 12 dispõe a quantidade de exames de TC realizados pelo setor Oncologia do EAS, separados mensalmente.

**Tabela 12:** Quantidade de exames de TC realizados no setor Oncologia, em 2016.

<b>MÊS</b>	<b>Diagnóstico</b>	<b>Planejamento Radioterápico</b>	<b>Total da quantidade de exames de TC realizados</b>
<b>Fevereiro</b>	20	10	30
<b>Março</b>	61	53	114
<b>Abril</b>	113	50	163
<b>Maio</b>	124	41	165
<b>Junho</b>	132	42	174
<b>Julho</b>	145	60	205
<b>Agosto</b>	221	50	271
<b>Setembro</b>	192	46	238
<b>Outubro</b>	143	32	175
<b>Novembro</b>	182	42	224
<b>Dezembro</b>	156	20	176
<b>TOTAL</b>	1.469	436	1935

Com o cálculo da CP dos exames de TC e a quantidade de exames de TC produzidos pelo setor Oncologia, foi possível, por meio da Equação 3, calcular o grau de utilização do tomógrafo da Oncologia.

$$GU (\%) = \frac{\text{Produção Real}}{\text{CP de exames de TC}} \times 100$$

A Tabela 13 mostra todas as informações referentes à utilização do tomógrafo da Oncologia no ano de 2016, separadas por mês.

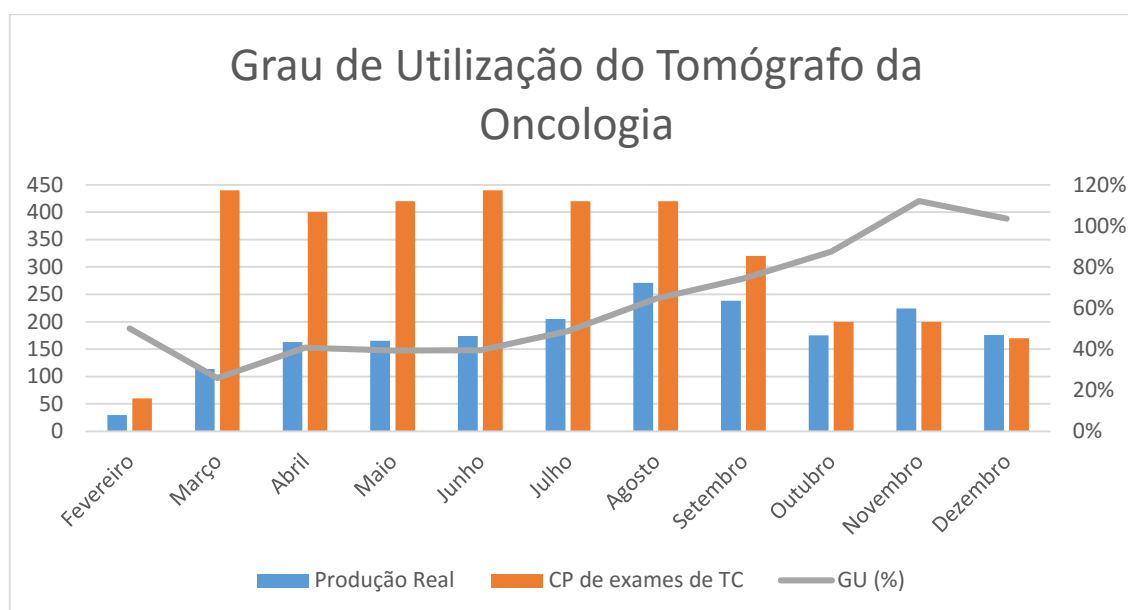
**Tabela 13:** Informações sobre a utilização do tomógrafo da Oncologia, em 2016 (continua).

<b>MÊS</b>	<b>Produção Real</b>	<b>CP de exames de TC</b>	<b>GU (%)</b>
<b>Fevereiro</b>	30	60	50
<b>Março</b>	114	440	25,90
<b>Abril</b>	163	400	40,75
<b>Maio</b>	165	420	39,28
<b>Junho</b>	174	440	39,54
<b>Julho</b>	205	420	48,80
<b>Agosto</b>	271	420	64,52
<b>Setembro</b>	238	320	74,37

**Tabela 13:** Informações sobre a utilização do tomógrafo da Oncologia, em 2016 (conclusão).

MÊS	Produção Real	CP de exames de TC	GU (%)
<b>Outubro</b>	175	200	87,5
<b>Novembro</b>	224	200	112
<b>Dezembro</b>	176	170	103,52
<b>Total</b>	1.935	3.490	-

Para uma melhor visualização dos dados sobre a utilização dos tomógrafos da Oncologia, foi criado o Gráfico 8.

**Gráfico 8:** Grau de Utilização do tomógrafo da Oncologia, em 2016.

Fonte: Elaboração própria

A partir da Tabela 13 e do Gráfico 8, percebe-se que houve uma subutilização em praticamente todos os meses de 2016, com exceção de novembro e dezembro.

Foram realizadas buscas para encontrar os fatores que contribuíram para essa subutilização nos meses de fevereiro à outubro e pela utilização excessiva nos meses de novembro e dezembro.

Com relação ao mês de fevereiro, a baixa subutilização foi devido a uma fase inicial de utilização do tomógrafo. Para os meses de março à setembro, o principal fator que contribuiu para a subutilização foi devido à sobrecarga elétrica. Embora o tomógrafo estivesse sendo utilizado no período da manhã e tarde, eram agendados uma quantidade de exames inferior à sua capacidade, de modo que o tomógrafo não fosse utilizado durante todo o tempo, como forma de evitar problemas de queda de energia no setor.

Percebe-se nos dados dispostos na Tabela 13 e Gráfico 8 que a partir do mês de setembro começou a aumentar o grau de utilização dos tomógrafos, devido à utilização do equipamento apenas no período da manhã, diminuindo assim, sua capacidade de produção.

Por outro lado, nos meses de novembro e dezembro, houve uma utilização excessiva, sendo que o grau de utilização foi de 112% 103,52% respectivamente. Para atender às necessidades devido ao aumento da demanda, foram realizados um maior número de exames de TC, aumentando assim as estatísticas na quantidade de exames produzidos.

Após fazer uma análise mensal do grau de utilização do tomógrafo da Oncologia, foi feito o cálculo da capacidade de produção de exames de TC pelo setor Oncologia durante todo o ano de 2016. A Tabela 13 apresenta a quantidade total de exames de TC realizados e a capacidade de produção de exames de TC total na Oncologia, sendo possível calcular o grau de utilização do tomógrafo da Oncologia no ano de 2016, por meio da Equação 3.

$$GU (\%) = \frac{\text{Produção Real}}{CP \text{ de exames de TC}} \times 100$$

$$GU (\%) = \frac{1935}{3.490} \times 100$$

$$GU = 55,44\%$$

O GU em 2016 foi de 55,44%, indicando um baixo grau de utilização do tomógrafo do setor Oncologia.

Por fim, foram realizadas buscas no setor que justificassem a subutilização do tomógrafo na Oncologia no ano de 2016.

Por meio de levantamento de dados, verificou-se que os funcionários do setor Oncologia nunca aderiram à greves, não prejudicando, desta forma, a produção de exames de TC. Além disso, por tratar de um equipamento novo e por apresentar todas as manutenções preventivas em dia, verificou-se que em nenhum momento o tomógrafo esteve indisponível por questões de falhas, não prejudicando a realização dos exames de TC no ano de 2016. Portanto, esses fatores não contribuíram para o baixo grau de utilização do tomógrafo no ano de 2016 na Oncologia.

Por outro lado, com uma maior capacidade de produção apresentado nos meses em que o equipamento esteve em utilização no período da manhã e tarde, a quantidade de exames agendados eram menores quando comparado à sua capacidade de produção devido à sobrecarga elétrica no setor. Sendo assim, a estatística anual apresentou um baixo grau de utilização do tomógrafo.

#### 4.2.2 Usabilidade dos Tomógrafos

Para a análise da usabilidade, foram aplicados questionários aos usuários<sup>4</sup> dos tomógrafos do EAS. Para esta pesquisa foram respondidos um total de doze (12) avaliações da usabilidade dos tomógrafos, sendo quatro (4) avaliações para cada tomógrafo.

Com relação ao setor de Imagens, os usuários manuseiam ambos os tomógrafos, desta forma, cada técnico do setor de Imagens respondeu dois questionários, um avaliando o tomógrafo de 64 canais e outro avaliando o tomógrafo de 2 canais.

Neste estudo foram obtidas quatro (4) avaliações para cada um dos tomógrafos do EAS. Tratando-se da avaliação heurística, a quantidade de usuários esteve dentro do recomendado por Nielsen (1994), sendo possível detectar uma maior porcentagem de erros e problemas distintos na interface dos tomógrafos.

Vale ressaltar que os resultados apresentados neste estudo não podem ser generalizados, pois refere-se a um estudo de caso. Desta forma, os resultados e conclusões aplicam-se somente ao EAS incluído nessa pesquisa.

Após coletar todos os questionários respondidos, foi realizada a análise de cada método de avaliação de usabilidade. O resultado da avaliação heurística está apresentada na seção 4.2.2.1 e o resultado do questionário EUS na seção 4.2.2.2.

##### 4.2.2.1 Avaliação Heurística

Cada avaliação heurística foi avaliada minuciosamente e realizada a concatenação dos problemas detectados por cada técnico em uma única lista. A escala de gravidade resultante para cada violação foi dada pela média entre as avaliações individuais de cada técnico.

A Tabela 14 dispõe a concatenação dos problemas detectados por cada técnico e a média das escalas de gravidade, referente ao tomógrafo de 64 canais do setor de Imagens.

**Tabela 14:** Concatenação dos problemas detectados na usabilidade do Tomógrafo de 64 canais do setor de Imagens (continua).

<b>Avaliação Heurística dos Tomógrafos</b>					
Local de Ocorrência	Descrição do Problema de Usabilidade	Heurística(s) Violada(s)			Média da Classificação da Gravidade de Violação
1 - Cadastro do paciente	Não deixa o cadastro do paciente disponível	7	9		2.25
2 - Reconstrução 3D	Impossibilidade de retirada da parte óssea no crânio 3D	7			3.25

<sup>4</sup> Neste estudo, os usuários são os avaliadores do tomógrafo e referem-se aos operadores desses equipamentos.

**Tabela 14:** Concatenação dos problemas detectados na usabilidade do Tomógrafo de 64 canais do setor de Imagens (conclusão).

<b>Avaliação Heurística dos Tomógrafos</b>					
Local de Ocorrência	Descrição do Problema de Usabilidade	Heurística(s) Violada(s)			Média da Classificação da Gravidade de Violação
3 - Janelas	Inconsistência de janelas quando fica muitos dias sem reiniciar ou desligar	2	8	9	2.25
4 - Sistema	Dificuldade no conhecimento do comando	3	12		2
5 - Sistema	Falta de atalhos	7			2.75
6 - Sistema	Falta de mensagens indicando erro de armazenagem	8			2
7 - Sistema	Linguagem do sistema todo em inglês	3	12		3
8 - Sistema	Dificuldade em reconhecer e recuperar erros	8	11		2.75
9 - Sistema	Não listagem dos passos a serem seguidos	14			2.75

De acordo com os usuários, foram detectados 9 problemas, todos detectados na interface digital do tomógrafo, com 15 heurísticas violadas, as quais tiveram escalas de gravidade entre 2 e 3.25, representando problemas de usabilidade.

Os problemas com classificações de gravidade igual ou superior a 3 foram:

- Impossibilidade de retirada da parte óssea do crânio em 3D;
- Linguagem do sistema ser toda em inglês.

Perante as classificações dadas pelos usuários, os problemas citados acima devem ser solucionados com alta prioridade. Segundo os usuários, a impossibilidade de retirada da parte óssea do crânio impede uma melhor visualização das estruturas. Com relação à linguagem do sistema, embora os usuários tenham uma boa experiência com o tomógrafo, em alguns casos são necessários recursos para os auxiliar a entender algumas mensagens ou comandos em inglês, desta forma, há a necessidade do sistema ser oferecido também com versão em português.

Cabe ressaltar que três problemas possuem valores médios de classificação de gravidade igual a 2,75, portanto, bem próximos da gravidade 3, sendo eles a falta de atalhos, a dificuldade em recuperar e diagnosticar erros e a não listagem dos passos a serem seguidos.

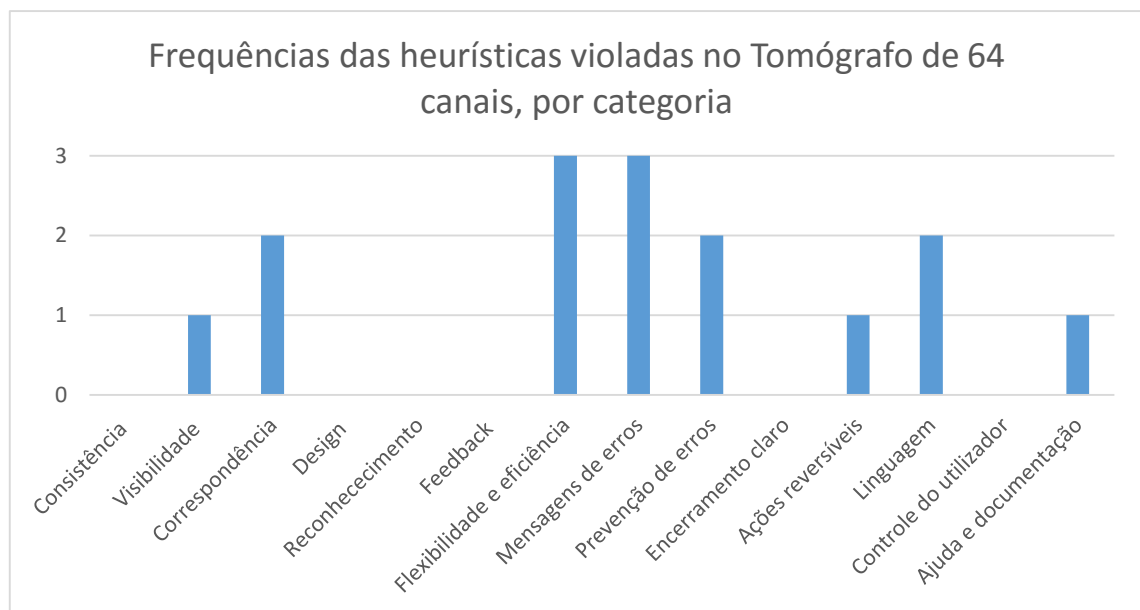
Embora tenham obtido classificação de gravidade menor do que os problemas citados acima, os demais problemas apresentados na Tabela 14 possuem necessidade de correção, porém em menor prioridade, uma vez que na avaliação heurística indicou problemas de usabilidade.

Diante dos dados apresentados na Tabela 14, nota-se que todos os problemas detectados devem ser solucionados, uma vez que possuem escala de gravidade entre 2 e 3.25, sendo que alguns possuem maiores prioridades que outros.

O Gráfico 9 mostra o número de violações das 14 heurísticas de acordo com os questionários respondidos.

Percebe-se pelo Gráfico 9 que não detectou-se nenhuma violação em relação à consistência e padrões, design, reconhecimento, feedback informativo, encerramento claro das atividades e controle do utilizador. Em menor frequência, foram detectadas 1 violação nas heurísticas correspondentes a visibilidade do estado do sistema, ações reversíveis, ajuda e documentação e 2 violações nas heurísticas relacionadas à correspondência entre o sistema e o mundo real, prevenção de erros e linguagem do sistema. Por fim, as heurísticas que foram detectadas com maior frequência de violação estão relacionadas à flexibilidade e eficiência do uso e mensagens de erros que auxiliam os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar os erros.

**Gráfico 9:** Frequência das heurísticas violadas no tomógrafo de 64 canais, separados por categoria.



Fonte: Elaboração própria.

Por meio da avaliação heurística, percebe-se que a quantidade de usuários que avaliaram o tomógrafo de 64 canais possibilitou uma maior porcentagem de detecção de problemas, sendo possível encontrar problemas distintos. Além disso, nota-se problemas na usabilidade do tomógrafo, sendo necessária melhorias para garantir uma melhor interação Homem-Máquina.

Com relação ao tomógrafo de 2 canais, a avaliação heurística detectou problemas de usabilidade. A Tabela 15 dispõe a reunião dos problemas detectados por cada técnico e a média das escalas de gravidade.

**Tabela 15:** Concatenação dos problemas detectados na usabilidade do Tomógrafo de 2 canais do setor de Imagens.

<b>Avaliação Heurística dos Tomógrafos</b>				
Local de Ocorrência	Descrição do Problema de Usabilidade	Heurística(s) Violada(s)		Classificação da Gravidade de Violação
1 - Cadastro do paciente	Não deixa o cadastro do paciente disponível	7	9	2.25
2 - Reconstrução 3D	Reconstruções distorcidas	7		3
3 - Aquisição da Imagem	Apresenta aquecimento prematuro	2	8	3.75
4 - Quando liga o tomógrafo	Apresenta falha de software, travando-o	8		2.75
5 - Tela Inicial	Demora para execução de exames consecutivos	3	12	2.25
6 - Sistema	Falta de atalhos	7		2.5
7 - <i>Gantry</i>	Dificuldade de visibilidade na altura da mesa	8		2.25
8 - Sistema	Linguagem do sistema todo em inglês	3	12	3
9 - Sistema	Dificuldade em reconhecer e recuperar erros	8	11	2.75
10 - Sistema	Não listagem dos passos a serem seguidos	14		2.75

De acordo com os usuários, foram detectados 10 problemas com 15 heurísticas violadas, as quais tiveram escalas de gravidade entre 2.25 e 3.75, representando problemas de usabilidade. Foram detectados problemas na interface digital do tomógrafo e no *gantry*.

Os problemas com classificações de gravidade igual ou superior a três foram:

- Reconstruções 3D distorcidas;
- Aquecimento prematuro durante a aquisição da imagem;
- Linguagem do sistema todo em inglês.

Para os problemas citados acima, há uma prioridade maior para corrigi-los. Segundo os usuários, as reconstruções em 3D ficam distorcidas, dificultando a visualização da imagem. Destacando-se entre eles o problema de aquecimento prematuro durante a aquisição da imagem com média de 3,75, logo bem próxima do valor de gravidade 4 que de acordo com (ZHANG, et al., 2003) indica catástrofe de usabilidade com obrigatoriedade de correção

anterior à sua aplicação. Por fim, a linguagem do sistema em inglês que dificulta o entendimento de algumas partes do sistema.

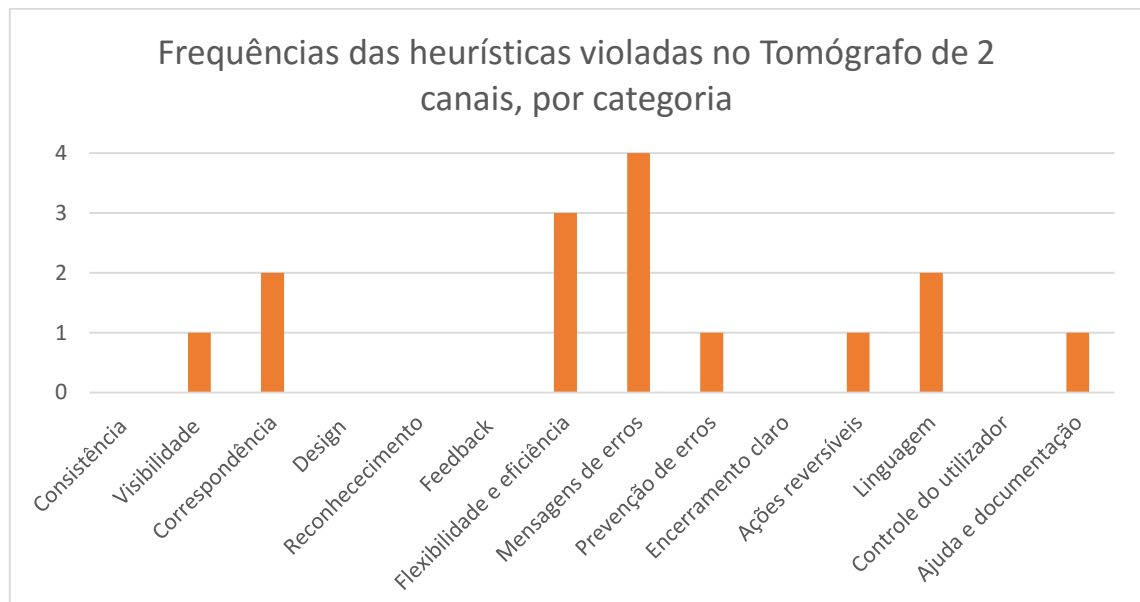
A classificação de gravidade dos demais problemas detectados, dispostos na Tabela 15, demonstra problemas na usabilidade do tomógrafo, sendo necessária correção, porém, em menor prioridade em relação aos problemas citados acima.

Por tratar-se de um equipamento mais antigo, percebe-se que alguns problemas detectados no tomógrafo de 2 canais não foram detectados no tomógrafo de 64 canais. Por outro lado, alguns problemas persistiram e foram também detectados no tomógrafo de 64 canais. Assim, nota-se uma evolução dos tomógrafos, porém, ainda há necessidade de melhorias para alcançar a melhor interação Homem-Máquina, aumentando a eficiência, efetividade e a satisfação do usuário frente ao equipamento.

O problema detectado no cadastro do paciente, em ambos os tomógrafos, refere-se a uma necessidade de incluir dados dos pacientes. Segundo os usuários, em outros tomógrafos o qual operam, os dados do paciente são vinculados ao tomógrafo, já disponibilizando todos os dados necessários. Entretanto, deve-se primeiramente incluir prontuários eletrônicos no EAS para tornar-se possível o vínculo dos dados.

O Gráfico 10 apresenta a frequência das 14 heurísticas violadas no tomógrafo de 2 canais.

**Gráfico 10:** Frequência das heurísticas violadas no tomógrafo de 2 canais, separados por categoria.



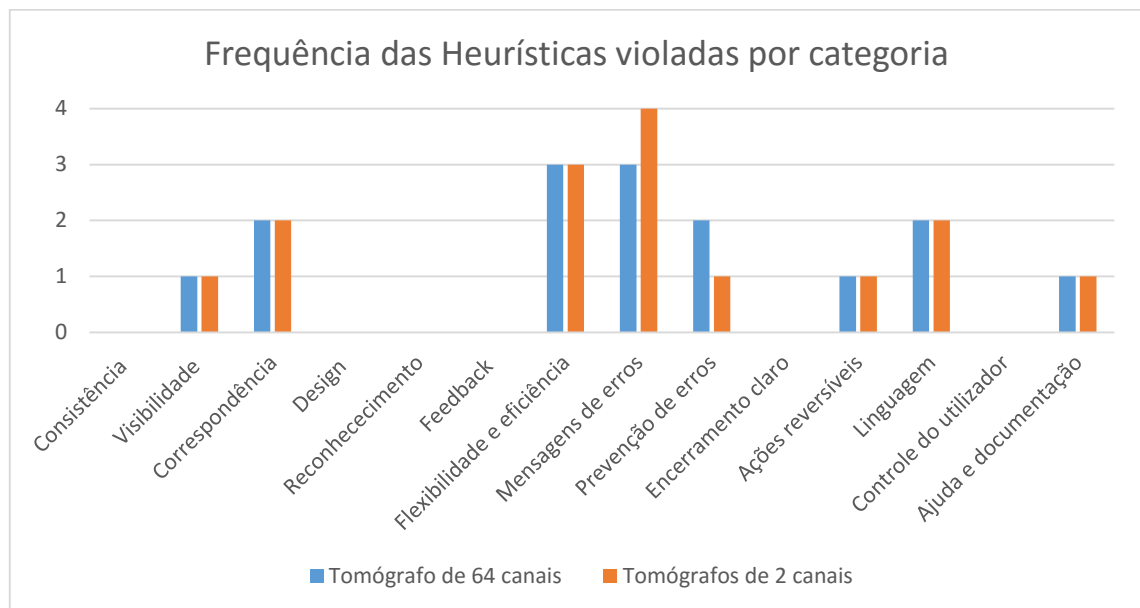
Fonte: Elaboração própria.

Similarmente ao que detectou no tomógrafo de 64 canais, percebe-se que foram violadas as mesmas heurísticas no tomógrafo de 2 canais. Entretanto, a frequência da heurística de mensagens de erros foi maior no tomógrafo de 2 canais e a heurística

relacionada à prevenção de erros teve menor frequência no tomógrafo de 2 canais quando comparado ao de 64 canais, conforme demonstra o Gráfico 11.

Perante os dados apresentados no Gráficos 11, nota-se uma preocupação nas heurísticas 2, 3, 7, 8, 9, 11, 12 e 14 resultantes da avaliação dos tomógrafos. Desta forma, há uma necessidade de melhorar essas questões para aumentar a produtividade do usuário e oferecer à ele uma maior satisfação ao manusear o equipamento.

**Gráfico 11:** Comparação entre os tomógrafos do setor de Imagens em relação à frequências das heurísticas violadas, separados por categoria



Fonte: Elaboração própria.

Com relação ao setor Oncologia, nenhum dos usuários preencheu a tabela de avaliação heurística. Foram questionados cada usuário sobre o motivo pelo não preenchimento, além de destacar alguns problemas detectados no setor de Imagens que poderia ser encontrado também no tomógrafo da Oncologia. Porém, segundo eles, não foram detectados nenhum problema de usabilidade.

Portanto, a avaliação da usabilidade do tomógrafo da Oncologia foi medido apenas pelo questionário EUS.

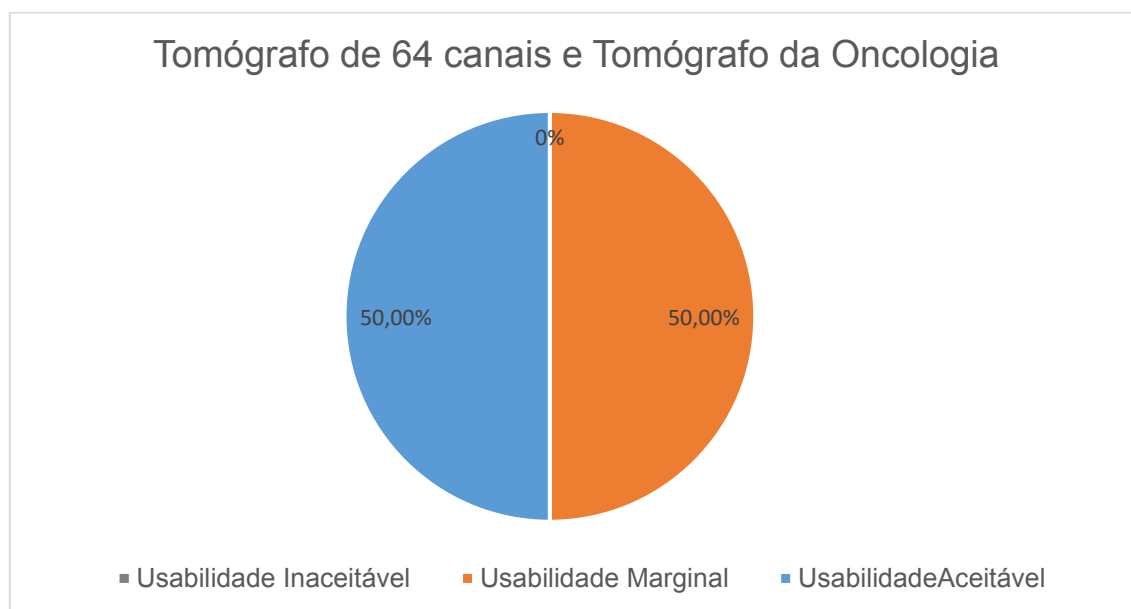
#### 4.2.2.2 Questionário EUS

Foram calculados o índice de satisfação de cada usuário de acordo com Brooke et al. (1996). Os resultados estão dispostos na Tabela 16.

**Tabela 16:** Resultado dos questionários EUS.

		Resultado Questionário EUS	
		Usuários	Score EUS
<b>Setor de Imagens</b>	Tomógrafo de 64 canais	Usuário 1	70
		Usuário 2	87,5
		Usuário 3	60
		Usuário 4	62,5
	Tomógrafo de 2 canais	Usuário 5	57,5
		Usuário 6	87,5
		Usuário 7	67,5
		Usuário 8	67,5
<b>Oncologia</b>		Usuário 9	62,5
		Usuário 10	67,5
		Usuário 11	90
		Usuário 12	75

Para Bangor et al. (2009) as faixas de pontuação são usabilidade inaceitável (score EUS entre 0-50), usabilidade Marginal (scores EUS entre 50 à 70) e usabilidade aceitável (scores acima de 70 pontos). Os Gráficos 12 e 13 apresentam a porcentagem de cada faixa de pontuação para cada um dos tomógrafos, de acordo com o índice de satisfação de cada usuário.

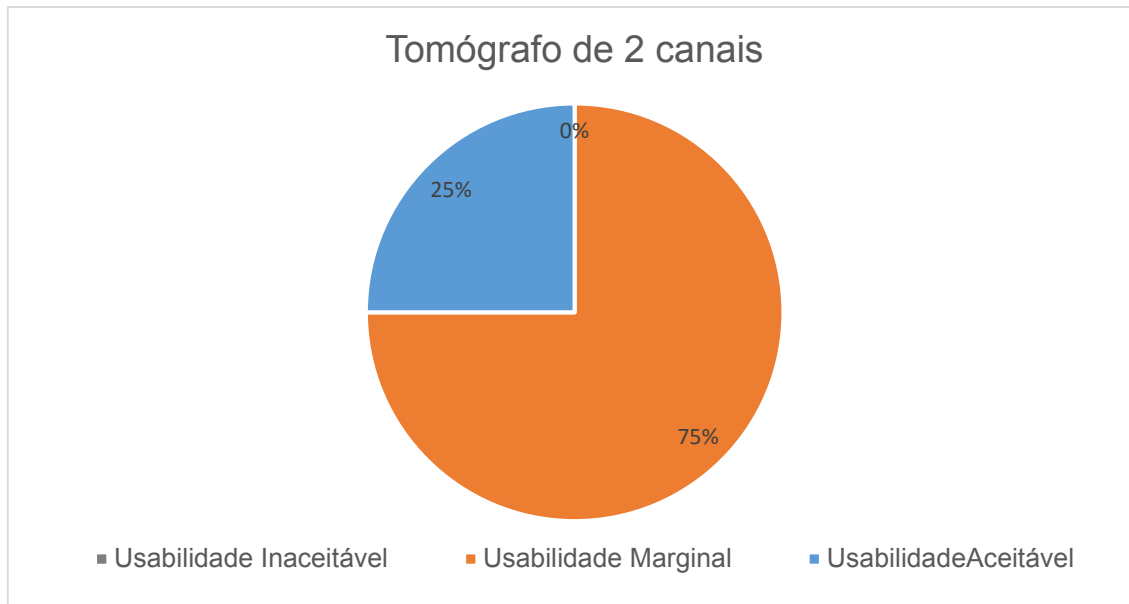
**Gráfico 12:** Faixa de pontuação do Tomógrafo de 64 canais e da Oncologia, de acordo com o score EUS

Fonte: Elaboração própria.

Perante os dados calculados disposto no Gráfico 12, percebe-se que, para os usuários do tomógrafo de 64 canais e do tomógrafo da Oncologia, metade indica uma usabilidade

aceitável e metade indica uma usabilidade marginal, a qual considera-se boa usabilidade, porém com necessidade de melhorias.

**Gráfico 13:** Faixa de pontuação do Tomógrafo de 2 canais, de acordo com o *score* EUS



Fonte: Elaboração própria.

Já em relação em tomógrafo de 2 canais, 75% dos usuários indicou uma usabilidade marginal, enquanto 25% indicou uma usabilidade aceitável.

Por tratar-se de uma medida subjetiva, percebe-se que há divergências no índice de satisfação de cada usuário. Todavia, nenhum tomógrafo avaliado obteve usabilidade inaceitável, embora tenha apresentado valores abaixo da média (70), os *scores* ficaram entre as faixas de usabilidade aceitável e marginal, que são consideradas boas mas com necessidade de melhorias.

Após calcular o índice de satisfação de cada usuário, foi avaliada cada questão separadamente, verificando a média com relação à satisfação, eficiência, efetividade e facilidade de aprendizagem dos tomógrafos, conforme mostra a Tabela 17.

A porcentagem das questões ímpares (de impacto positivo) referem-se à concordância com a pergunta. Por outro lado, a porcentagem das questões pares (impacto negativo), referem-se à discordância da pergunta.

O cálculo da porcentagem foi realizado de forma que, para o *score* máximo calculado, (para as questões ímpares todos os usuários responderam 5 na escala *Likert* e, para as questões pares todos os usuários responderam 1) corresponderia à 100%. Assim, após calcular o *score* de cada pergunta, foi realizada uma proporção para obter a porcentagem correspondente.

**Tabela 17:** Média calculada para cada questão do questionário EUS.

	Média Calculada		
	Tomógrafo de 64 canais	Tomógrafo de 2 canais	Tomógrafo Oncologia
1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.	93,75%	81,25%	75%
2. Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.	62,5%	81,25%	68,75%
3. Eu achei o sistema fácil de usar.	68,75%	81,25%	68,75%
4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.	43,75%	93,75%	56,25%
5. Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.	93,75%	31,25%	68,75%
6. Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.	93,75%	56,25%	100%
7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.	31,25%	62,5%	62,5%
8. Eu achei o sistema atrapalhado de usar.	93,75%	87,5%	100%
9. Eu me senti confiante ao usar o sistema.	93,75%	93,75%	93,75%
10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.	25%	31,25%	43,75%
<b>Resultado Final</b>	<b>70%</b>	<b>70%</b>	<b>73,75%</b>

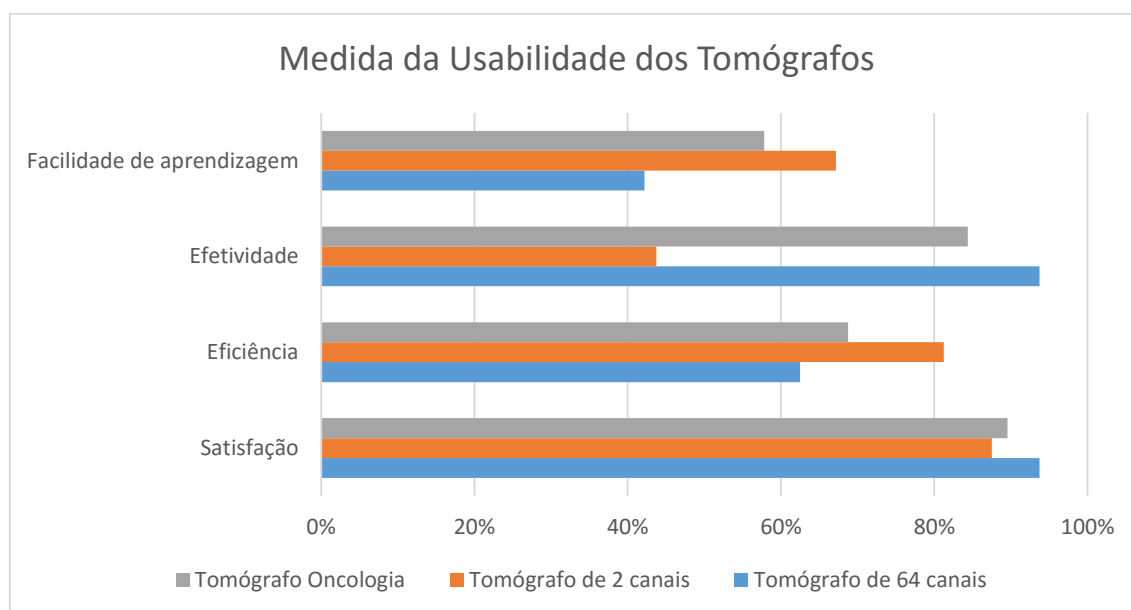
Analisando cada uma das perguntas nota-se que as perguntas 1, 8 e 9 medem à satisfação do usuário frente ao tomógrafo, a pergunta 2 refere-se à eficiência do sistema, as perguntas 5 e 6 são em relação à efetividade e, por último, as questões 3, 4, 7 e 10 referem-se à facilidade de aprendizagem.

Após agrupar as questões em cada item correspondente a usabilidade, foi realizada a média dos resultados, de forma a medir a satisfação, eficiência, efetividade e facilidade de aprendizagem dos usuários em relação aos tomógrafos. A Tabela 18 mostra os resultados calculados para cada item da usabilidade.

**Tabela 18:** Média calculada para os itens correspondentes a usabilidade dos tomógrafos.

	Tomógrafo de 64 canais	Tomógrafo de 2 canais	Tomógrafo Oncologia
<b>Satisfação</b>	93,75%	87,5%	89,58%
<b>Eficiência</b>	62,5%	81,25%	68,75%
<b>Efetividade</b>	93,75%	43,75%	84,37%
<b>Facilidade de aprendizagem</b>	42,18%	67,18%	57,81%

Para melhor visualização dos dados calculados, foi construído o Gráfico 14, que representa a medida de usabilidade dos tomógrafos, separados por itens de correspondência.

**Gráfico 14:** Medida da usabilidade dos tomógrafos, separados por itens de correspondência.

Fonte: Elaboração própria.

Com relação ao tomógrafo de 64 canais do setor de Imagens e o tomógrafo da Oncologia, percebe-se que a satisfação gerada pelos tomógrafos foi alta. Por outro lado, a média calculada para a eficiência do sistema demonstra uma significativa necessidade de esforço necessário para alcançar os seus objetivos, porém, a alta efetividade relata que os usuários conseguem alcançar seus objetivos. Por fim, percebe-se que por tratar-se de um equipamento de alta complexidade, a facilidade de aprendizagem foi relativamente baixa (42,18% e 57,81% respectivamente), relatando uma dificuldade em aprender a utilizar o sistema.

Já para o tomógrafo de 2 canais, percebe-se que a satisfação gerada pelo equipamento é alta, e que não são necessários tantos recursos para alcançar os objetivos, uma vez que a eficiência representou uma alta porcentagem (81,25%). Entretanto, a baixa efetividade calculada demonstra que os usuários nem sempre conseguem alcançar seus objetivos. Por último, o resultado calculado referente à facilidade de aprendizagem demonstra uma certa facilidade em aprender a utilizar o tomógrafo.

Perante os resultados dispostos na Tabela 17 e 18 percebe-se que a interação Homem-Máquina teve boa relação. Além disso, pelo cálculo da média final dos resultados, percebe-se que nenhum tomógrafo esteve abaixo da média (70), indicando assim uma boa usabilidade.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Seguindo a mesma linha dos resultados relatados nos estudos anteriores, descritos na Seção 2.4.1, percebe-se por meio dos resultados apresentados neste estudo, que a distribuição geográfica dos tomógrafos no Brasil continua com desigualdades na distribuição desses equipamentos, havendo uma necessidade de realocar melhor os recursos disponibilizados ao SUS. Todavia, houve uma diminuição nacional no déficit de tomógrafos em relação ao parâmetro 1/100.000 habitantes.

Os resultados apresentados apontam que as regiões Sul e Centro-Oeste possuem uma quantidade de tomógrafos igual ou superior ao recomendado pela Portaria nº 1.631. Essa quantidade deveu-se principalmente aos tomógrafos proveniente dos setores privados conveniados ao SUS.

Por outro lado, as demais regiões do Brasil apresentaram uma deficiência na oferta dos serviços de TC, principalmente as regiões Norte e Nordeste, as quais possuem uma quantidade de tomógrafos privados conveniados ao SUS bem inferior à média nacional.

Além disto, esse estudo relata uma relação entre a quantidade de tomógrafos disponíveis ao SUS e o grau de desenvolvimento de uma região. Essa relação pode ser observada pelo cálculo da correlação entre as variáveis Tomógrafo SUS/100.000 hab e o IDHM. Como resultado obteve uma correlação positiva, tanto para as macrorregiões quanto para as UF's, indicando uma variação diretamente proporcional entre as variáveis.

Essa correlação positiva entre as variáveis pode ser observada nas Tabelas 3 e 5, na qual percebe-se que há uma tendência das regiões que possuem maiores IDHM disponibilizarem uma maior quantidade de tomógrafos para a população.

Por fim, por meio do parâmetro calculado Tomógrafos não-Públicos SUS/100.000 hab e o IDHM das regiões, confirma que os setores privados conveniados ao SUS tendem a se instalarem em regiões com rendas mais elevadas, aumentando assim, a desigualdade na acessibilidade aos serviços que oferecem exames de TC.

Embora tenha sido possível realizar essa pesquisa, houve dificuldades no acesso às informações e divergências sobre a veracidade dos dados. Sendo assim, torna-se interessante realizar um trabalho para verificar criticamente as fontes de dados do governo federal, verificando as limitações para alimentar as informações disponibilizadas nas

plataformas do governo federal, planejando estratégias que facilitem o controle das informações de saúde do SUS.

Com relação ao estudo de caso apresentado nesse estudo, os dados apontam uma subutilização dos tomógrafos, tanto do setor de Imagens quanto da Oncologia. Todavia, os fatores que levaram essa subutilização foram diferentes.

Enquanto para os tomógrafos do setor de Imagens o principal fator que contribuiu para a subutilização durante todo o ano de 2016 foi devido a ocorrência de falhas nos tomógrafos, para o tomógrafo da Oncologia foi devido à impossibilidade de utilização do tomógrafo nos dois períodos, como forma de evitar uma sobrecarga elétrica e, conseqüentemente, queda de energia no setor.

Diferentemente do que observa-se no tomógrafo da Oncologia, o qual foi possível verificar o grau de utilização do equipamento, no setor de Imagens a avaliação do grau de utilização foi realizada em conjunto. Desta forma, não pode-se afirmar que os tomógrafos tiveram o mesmo grau de utilização.

Segundo dados, a maioria dos exames são realizados no tomógrafo de 64 canais. A preferência deve-se pela rapidez na aquisição dos dados, mais conforto para o paciente, melhor qualidade da imagem e mais opções de exames, como por exemplo os exames cardíacos.

Portanto, por não haver um controle sobre a quantidade de exames de TC realizados no tomógrafo de 64 canais e no de 2 canais, não foi possível calcular separadamente o grau de utilização de cada tomógrafo.

Com relação à medida de usabilidade, embora os dados calculados do questionário EUS tenham sido satisfatórios para todos os tomógrafos, a avaliação heurística realizada para o tomógrafo de 2 e 64 canais, apontaram problemas de usabilidade com necessidades de correção.

Nas avaliações heurísticas realizadas pelos usuários do setor de Imagens foram detectados problemas de usabilidade com classificações de gravidade entre 2 à 3.75, representando uma necessidade de melhorias no equipamento.

A quantidade de usuários que avaliaram os tomógrafos do setor de Imagens esteve dentro do recomendado por Nielsen (1994), sendo possível detectar uma maior porcentagem de erros e problemas distintos na interface do equipamento.

Comparando-se os problemas detectados em ambos os tomógrafos, percebe-se que com a evolução desses equipamentos, alguns problemas detectados no tomógrafo de 2 canais não foram encontrados no de 64 canais, todavia, alguns problemas persistiram. Destaca-se que a linguagem do sistema é um problema recorrente, sendo importante ter uma versão do sistema em português, para assim aumentar a efetividade, eficiência e satisfação do usuário frente ao tomógrafo.

Já os dados provenientes dos questionários EUS apontam uma medida subjetiva, a qual, cada um dos usuários apresentaram a sua relação com o tomógrafo. Perante as médias calculadas, observou-se que todos os tomógrafos possuem uma boa usabilidade, com *score* EUS igual ou superior a 70. Além disso, dados mostram a boa interação Homem-Máquina por meio do cálculo da satisfação, eficiência e efetividade.

Para este estudo de caso, foram encontradas algumas dificuldades para realização das avaliações dos tomógrafos. Embora tenha sido possível ter acesso à quantidade de exames de TC realizados pela Oncologia, encontrou-se dificuldade no acesso à essas informações, uma vez que os dados estavam dispostos em um controle manual, sendo necessária realizar a contagem de cada exame.

Vale ressaltar que, por tratar-se de um estudo de caso, os resultados apresentados neste estudo não podem ser generalizados. Desta forma, os resultados e conclusões aplicam-se somente ao EAS incluído nessa pesquisa.

Para trabalhos futuros, destaca-se a importância de avaliar cada região separadamente que ofereça atendimentos de tomografia computadorizada. Para isto, a pesquisa deve ser realizada por meio de fontes de dados confiáveis e fidedignos.

A análise da quantidade de tomógrafos disponíveis para uma dada região está diretamente relacionada com o grau de utilização do tomógrafo, ou seja, regiões com excesso de tomógrafos tendem a ter uma subutilização desses equipamentos, por outro lado, uma região com falta de tomógrafos disponíveis para uma dada população tende a ter uma utilização excessiva desses equipamentos.

Outra questão importante é avaliar a interação Homem-Tomógrafo. Esta avaliação também está diretamente relacionada com o grau de utilização, ou seja, quando a interface é fácil de usar e intuitiva, o grau de utilização é melhor quando comparado com as interfaces que apresentam problemas de usabilidade.

Assim, ao avaliar cada aspecto e reunir todas as evidências encontradas, torna-se possível realocar melhor os recursos disponibilizados ao SUS, além de melhorar a produtividade e oferecer um atendimento de melhor qualidade e de forma igualitária para toda a população brasileira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Panorama setorial: equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos.** / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. – Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2008.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Produtos para a saúde – Aplicação da engenharia de usabilidade a produtos para a saúde.** NBR IEC 62366, 2010.

ADAY Lu Ann.; ANDERSEN Ronald. **A framework for the study of access to medical care.** Health services research, v. 9, n. 3, p. 208, 1974.

ANDREAZZI, M. A. R. de; ANDREAZZI, M. F. S. de. **Escassez e fartura: distribuição da oferta de equipamentos de diagnóstico por imagem no Brasil.** INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Indicadores sociodemográficos e de saúde no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

BANGOR, Aaron; KORTUM, Philip; MILLER, James. **Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale.** Journal of usability studies, v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009.

BOUCINHA, Rafael Marimon; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. **Avaliação de ambiente virtual de aprendizagem com o uso do SUS – System Usability Scale.** RENOTE, v. 11, n.3, 2013.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. **Art.196-200.** Brasília/DF, 1988.

BRASIL. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. **Assistência de Média e Alta Complexidade no SUS** /Conselho Nacional de Secretários de Saúde. – Brasília: CONASS, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.** Brasília: Diário Oficial da União, 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. **Coordenação Geral de Normas para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.** Brasília/DF, 1994. 136 p (Série: Saúde %Tecnologia).

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico.** Portaria nº 453. Brasília: Diário oficial da União, 1/6/1998.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº1.101, de 12 de junho de 2002. Estabelece parâmetros de cobertura assistencial no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS.** Diário Oficial da União 2002a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: capacitação à distância** / Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde, Projeto REFORSUS. – Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002b.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Departamento Nacional de auditoria do SUS. **Orientações para proceder Auditoria na Atenção Básica.** Brasília/DF; 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.690, de 5 de novembro de 2009. Nacional de Gestão de Tecnologias em Saúde.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 10 de setembro de 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 2, de 25 de Janeiro de 2010. Dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 26 jan. 2010. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Diretrizes Metodológicas – Elaboração de Estudos para Avaliação de Equipamentos médico-assistenciais.** Brasília – DF, 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº 1.631, de 1 de outubro de 2015. Critérios e Parâmetros para o Planejamento e Programação de Ações e Serviços de Saúde no Âmbito do Sistema Único de Saúde parâmetros SUS.** Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em saúde – SomaSUS.** 2017a. Disponível em: < <http://portalsaude.saude.gov.br>>. Acesso em: 25 de fevereiro 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Departamento de Informática do SUS – DataSUS.** 2017b. Disponível em: < <http://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 04 de maio de 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Cadastro Nacional de Estabelecimentos em Saúde – CNES.** 2017c. Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/cadastros-nacionais/cnes>>. Acesso em: 04 de maio de 2017.

BROOKE, Jhon et al. **SUS – A quick and dirty usability scale.** Usability evaluation on industry. V. 189, n. 194, p 4-7, 1996.

CALDAS, FILHO JS; CALDAS AJM; COSTA - NETO ML. **A importância da Engenharia Clínica nas instituições de saúde: experiência em um hospital público federal.** Revista Pesquisa Saúde, 16(2): 75-79, mai-ago. 2015.

CARDOSO, V. F. **Análise de um sistema de reabilitação para membros superiores utilizando ambiente de realidade virtual baseado em Kinect e sEMG.** Vitória, 2016.

DITKUN, Sérgio et al. **O Brasil no ranking da competitividade mundial. Um estudo de sua evolução no período de 2003 a 2013.** Revista ESPACIOS| Vol. 35 (Nº 10) Año 2014, 2014.

ECRI Institute. **Multislices computed tomography systems.** Health Devices 2002; 31(5):161-88.

ECRI Institute. **CT Scanners.** Device Overviews & Specifications. 2015.

FERNANDES, Carlos Aparecido et al. **Diretrizes de usabilidade para equipamento de proteção individual.** In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 2013.

FILARDI, Ana Lúcia; TRAINA, Agma Juci Machado. **Montando questionário para medir a satisfação do usuário: avaliação de interface de um sistema que utiliza técnicas de recuperação de imagens por conteúdo.** In: Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Sociedade Brasileira de Computação, 2008. p. 176-185.

FREITAS, Marcelo Baptista de; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Levantamento da distribuição de equipamentos de diagnóstico por imagem e frequência de exames radiológicos no estado de São Paulo.** Radiol Bras, v. 38, n. 5, p. 347-54, 2005.

GOMES, L.; DALCOL, P. **O papel da Engenharia Clínica nos programas de gerência de equipamentos médicos: estudo em duas unidades hospitalares.** In: Memórias do II Congresso Latino Americano de Engenharia Biomédica, Maio de 2001, Havana, Cuba. 2001.

GRAHAM, Mark J. et al. **Heuristic evaluation of infusion pumps: implications for patient safety in Intensive Care Units.** International Journal of medical Informatics, v. 73, n. 11, p. 771-779, 2004.

GUTIERREZ, M. **A Oferta de Tomógrafo Computadorizado para o Tratamento do Acidente Vascular Cerebral Agudo, no Brasil, sob o Ponto de Vista das Desigualdades Sociais e Geográficas.** 61f. 2009. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Brasília/DF, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas Populacionais para os Municípios e para as Unidades de Federação brasileiros 2015.** IBGE, 2015. Disponível

em:

[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm)>.

Acesso em: 03 de maio de 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9241-11: ergonomic requirements for office work with Visual Display Terminals (VDTs): part 11: guidance on usability**. Genebra: ISO, 1998.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Desenvolvimento humano nas macrorregiões brasileiras**: 2016. – Brasília: PNUD: IPEA: FJP. 2016a.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Radar IDHM. Análise Geral da Tendência de Evolução do IDHM no Brasil: 2016**. – Brasília: PNUD: IPEA: FJP. 2016b.

JASPERS, Monique WM. **A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: Methodological aspects and empirical evidence**. *Internacional Journal of medical Informatics*, v. 8, n 5, p. 340-353, 2009.

JORDAN, Patrick W. et al. **Usability evaluation in industry**. CRC Press, 1996.

LUCIO, C. do C.; PASCHOARELLI, Luis Carlos. **Usabilidade e acessibilidade de equipamentos médico-hospitalares: um estudo de caso com pacientes obesos**. *Design e ergonomia: aspectos tecnológicos*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

MALDONADO, J. Documento Setorial: Equipamentos Médicos. **Projeto Perspectivas do Investimento no Brasil (PIB)**. Bloco: Economia do Conhecimento. Sistema Produtivo: Complexo Industrial da Saúde. UFRJ e UNICAMP, 2009.

MARQUES, A. B., ANTUNES, A. M. S., ALVES, F. C. **Equipamentos Médico-Hospitalares: Uma análise do ambiente de negócio e da estrutura industrial**. Artigo apresentado no XVI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, São Paulo. Available at: [http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2013/artigos/E2013\\_T00231\\_PCN72834.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2013/artigos/E2013_T00231_PCN72834.pdf) (acesso em: 20 de Fevereiro, 2017), 2013.

MARTINS, Ana Isabel et al. **Avaliação da Usabilidade: uma revisão sistemática da literatura**. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, n. 11, p. 31-43, 2013.

MARTINS, Leandro Ortigoza. **O segmento da medicina diagnóstica no Brasil**. *Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba*. ISSN eletrônico 1984-4840, v. 16, n. 3, p. 139-145, 2014.

MENDONÇA, G. S. et al. **Detecção de problemas de usabilidade em um monitor multiparamétrico através de avaliação heurística**. Uberlândia, 2014.

MICHELON, Elisane; COLENCI, Beatriz; DE PAULA, Valnir. **Diferenças entre os exames de tomografia computadorizada realizados para fins diagnósticos e para planejamento radioterápico.** *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 13, n. 1, pg. 81-91, 2012.

MORELI, E. C., FIGLIOLO, A., OLIVEIRA, J. P. L., PORTO, G. S. **Cenários Internacional e Nacional do Setor de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos/** E. Moreli, A. Figlioli, J. P. L. Oliveira; coordenadora G. S. Porto. – Ribeirão Preto: [s.n.], 2010. 36 p.: il.

NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. **Heuristic evaluation of user interfaces.** In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.* ACM, 1990. p. 249-256.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering.** Elsevier, 1994.

OKUYAMA, Marcelo Pompermaier et al. **Engenharia de usabilidade aplicada no desenvolvimento de um sistema interativo para soldagem robotizada.** *Soldagem & Inspeção*, p.288-7, 2012.

PENCHANSKY R, THOMAS J. **The concept of Access: definition and relationship to consumer satisfaction.** *Medical Care* 1981; 19 (2): 127-40.

PIERONI, João Paulo; SOUZA, José Oswaldo Barros; REIS, Carla. **A indústria de equipamentos e materiais médicos, hospitalares e odontológicos: uma proposta de atuação do BNDES.** *BNDES Setorial*, n. 31, mar. 2010, p. 185-226, 2010.

RAMIREZ, E. F. F; CALIL, S. J. **Engenharia Clínica: Parte I - Origens (1942 - 1996).** *Semina: Ci. Exatas/ Tecnol.* Londrina, v. 24, n. 4, p. 27-33, dez. 2000.

SANTOS, D. L. dos. **Distribuição da tomografia computadorizada e do grau de utilização do tomógrafo computadorizado no SUS/** Diana Lima dos Santos. – Salvador, 2013.

SANTOS, Edvaldo Severo dos; NACIF, Marcelo. **Manual de Técnicas em Tomografia Computadorizada.** Rio de Janeiro: Rubio, 2009.

SCHNEIDERMAN, Ben; PLAISANT, Catherine. **Designing the user interface.** 1998.

SIMÕES, A. MORAES, A. **Aplicação do questionário SUS para avaliar a usabilidade e a satisfação do software de EaD.** In: *USIHC: 10º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Computador.* 2010. p. 2.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SÔNEGO, Fernando Santos. **Estudo de métodos de avaliação de tecnologias em saúde aplicada a equipamentos eletromédicos**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TENÓRIO, Josceli Maria et al. **Desenvolvimento e avaliação de um protocolo eletrônico para atendimento e monitoramento do paciente com doença celíaca**. Revista de Informática Teórica e Aplicada. v. 17, n. 2, p. 210-220, 2010.

Travassos C, Martins M. **Uma revisão sobre os conceitos de acesso e utilização de serviços de saúde**. Cad. Saúde Pública 2004; 20(2):S190-S198.

URL 1 – **PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Desenvolvimento Humano e IDH**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/idh/>>. Acesso em: 21 de março de 2017.

URL 2 – **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Metodologia**. Disponível em: <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o\\_atlas/metodologia/idhm\\_longevidade/](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/idhm_longevidade/)>. Acesso em: 21 de março de 2017.

URL 3 – **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Ranking**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking>>. Acesso em: 21 de março de 2017.

VIANA, Sólton Magalhães et al. **Atenção de alta complexidade no SUS: desigualdades no acesso e financiamento**. Projeto economia da saúde. Brasília: Ministério da Saúde/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2005.

ZHANG, Jiajie et al. **Using usability heuristics to evaluate patient safety of medical devices**. Journal of biomedical informatics, v. 36, n.1, p. 23-30, 2003.



## HEURÍSTICAS

- 1) **Consistência e padrões:** os operadores não devem ter que se preocupar se as palavras, situações ou ações significam a mesma coisa, se for adotado um padrão este deve ser seguido em todos os contextos do sistema;
- 2) **Visibilidade do estado do sistema:** o sistema deve manter o operador informado do que está ocorrendo, através de *feedback* apropriado, tendo em conta o tempo;
- 3) **Correspondência entre o sistema e o mundo real:** o sistema deve estar em conformidade com o modo que operador o idealiza, usar conceitos familiares e convencionais, tornando as informações naturais e lógicas;
- 4) **Design minimalista:** os diálogos devem conter somente a informação necessária para o bom entendimento do operador;
- 5) **Reconhecer ao invés de lembrar:** os operadores não devem ter necessidade de se lembrar de informação de uma parte para a outra do sistema, além disso, as instruções devem estar visíveis ou fáceis de localizar;
- 6) **Feedback Informativo:** aos operadores deve ser dado o feedback imediato e informativo sobre suas ações;
- 7) **Flexibilidade e eficiência de uso:** o sistema deve satisfazer tanto os operadores principiantes quanto os experientes. A disponibilização de atalhos é uma forma de ajustamento aos vários tipos de operador;
- 8) **Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros:** as mensagens de erro devem ser claras, objetivas, definir o problema e sugerir soluções;
- 9) **Prevenção de erros:** o sistema deve ser desenvolvido de maneira que impeça que os erros aconteçam em primeiro lugar;
- 10) **Encerramento claro:** cada tarefa tem um começo e um fim. Os operadores devem ser claramente notificados sobre a conclusão de uma tarefa;
- 11) **Ações reversíveis:** os operadores devem ter permissão para recuperar-se de erros. As ações reversíveis são as que incentivam aprendizagem exploratória;
- 12) **Linguagem dos usuários:** a linguagem deve sempre ser apresentada de forma compreensível pelos operadores pretendidos;
- 13) **Controle do utilizador:** o sistema deve ser concebido de tal forma que os operadores iniciem as ações, e não as respondam; o sistema deve evitar ações surpreendentes, resultados inesperados, sequências tediosas de ações, que aparentam que o operador está sob controle do sistema;
- 14) **Ajuda e documentação:** o sistema deve facultar ajuda e ter uma forma de pesquisa rápida, focada na tarefa do operador, listando concretamente os passos a

serem seguidos, que não devem ser extensos. Deve estar presente nos diversos contextos do sistema.

**Classificação de gravidade** considerando-se: a proporção de usuários que fazem uso do equipamento, o impacto que isso terá sobre a sua experiência com o produto, e se o problema de usabilidade será permanente. Um problema persistente com um grande impacto para a maioria dos usuários irá obter a classificação mais alta de gravidade. As escalas a serem utilizadas são as descritas em:

- **0. Nenhum problema de usabilidade**, ou seja, não retrata um problema de usabilidade;
- **1. Problema superficial**. Deverá ser corrigido desde que tenha tempo disponível;
- **2. Problema de usabilidade menor**. Deverá ser solucionado, porém com prioridade baixa;
- **3. Grande problema de usabilidade**. Deverá ser corrigida com alta prioridade;
- **4. Catástrofe de usabilidade**. Obrigatoriedade de correção anterior à sua aplicação.

## APÊNDICE B

### MODELO QUESTIONÁRIO EUS

1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.
- Discordo Completamente Concordo Completamente
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
2. Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.
- Discordo Completamente Concordo Completamente
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
3. Eu achei o sistema fácil de usar.
- Discordo Completamente Concordo Completamente
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.
- Discordo Completamente Concordo Completamente
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
5. Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.
- Discordo Completamente Concordo Completamente
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
6. Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.
- Discordo Completamente Concordo Completamente
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.

Discordo			Concordo	
Completamente			Completamente	
1	2	3	4	5

8. Eu achei o sistema atrapalhado de usar.

Discordo			Concordo	
Completamente			Completamente	
1	2	3	4	5

9. Eu me senti confiante ao usar o sistema.

Discordo			Concordo	
Completamente			Completamente	
1	2	3	4	5

10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.

Discordo			Concordo	
Completamente			Completamente	
1	2	3	4	5