

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PARAÍBA
CENTRO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

**Formação de uma infraestrutura de informação
para telerradiologia: uma série de estudos de
caso baseados na teoria de projeto para
complexidade dinâmica**

MÁRCIO ADAMEC LOPES OLIVEIRA

**João Pessoa, PB
Outubro – 2015**

MÁRCIO ADAMEC LOPES OLIVEIRA

**Formação de uma infraestrutura de informação
para telerradiologia: uma série de estudos de caso
baseados na teoria de projeto para complexidade dinâmica**

Dissertação apresentada ao Centro de
Informática da Universidade Federal da
Paraíba para obtenção do título de
Mestre em Informática (Sistemas de
Computação).

Área de Concentração: Computação
Distribuída

Orientador: Professor Dr. Gustavo
Henrique Matos Bezerra Motta

**João Pessoa, PB
Outubro – 2015**

O48f Oliveira, Márcio Adamec Lopes.
 Formação de uma infraestrutura de informação para
 telerradiologia: uma série de estudos de caso na teoria de
 projeto para complexidade dinâmica / Márcio Adamec Lopes
 Oliveira.- João Pessoa, 2015.
 123f. : il.
 Orientador: Gustavo Henrique Matos Bezerra Motta
 Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI
 1. Informática. 2. Telerradiologia. 3. DICOM. 4. PACS.
 5. Teoria de Projeto. 6. Infraestrutura de informação.
 7. Sistemas sociotécnicos.

UFPB/BC

CDU: 004(043)

OLIVEIRA, M. A. L. Formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia: uma série de estudos de caso baseados na teoria de projeto para complexidade dinâmica. 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015. Dissertação apresentada ao Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba para obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr.: Gustavo Henrique M. Bezerra Motta Instituição: UFPB

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: Ed Porto Bezerra Instituição: UFPB

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: Leonardo Vidal Batista Instituição: UFPB

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: Paulo Mazzoncini de A. Marques Instituição: USP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

OLIVEIRA, M. A. L. Formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia: uma série de estudos de caso baseados na teoria de projeto para complexidade dinâmica. 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

RESUMO

A evolução tecnológica tem fornecido uma variedade de ferramentas que quando integradas favorecem o surgimento de soluções de tecnologia da informação e, conseqüentemente, o aparecimento de novas infraestruturas, embora haja um crescimento na complexidade dessas soluções. A telerradiologia e as soluções locais para distribuição de imagens médicas são evidências dessa evolução tecnológica. Apesar disso, ainda não se observou uma infraestrutura para teleradiologia com características das denominadas infraestruturas de informação (II), a saber: capacidade de organização dinâmica, constituída por uma quantidade crescente e heterogênea de elementos técnicos e sociais, com elevados níveis de adaptação e variação de componentes, possuindo ainda controle descentralizado e episódico e que evolui de forma não limitada e sob condições diversas. Tais infraestruturas, se aplicadas a soluções locais e globais para telerradiologia, favoreceriam o aparecimento de um espaço social público para práticas radiológicas, derrubando as fronteiras entre o local e o global. O objetivo desse trabalho é buscar compreender quais obstáculos dificultam a formação de tal II. Para isso, utilizou-se a teoria de projeto para complexidade dinâmica (TPCD) em infraestrutura de informação, baseada na teoria dos sistemas adaptativos complexos (SAC), como referência principal na investigação de uma série de estudos de caso em telerradiologia. Para alcançar tal objetivo, foi realizada uma pesquisa baseada em descrições empíricas de soluções para telerradiologia, buscando evidências em cada caso, resultando em um conjunto compilado de conhecimento acerca de qualidades, deficiências e obstáculos mapeados para o conjunto de regras de projeto da TPCD. O resultado dessa investigação evidencia a deficiência técnica e social em torno da capacidade de adaptação como um importante fator para dificultar a expansão da telerradiologia e, conseqüentemente, a formação de uma infraestrutura de informação. Finalmente, concluiu-se que, apesar da crescente quantidade de soluções para telerradiologia, não foi possível observar tal II; e que a chave para a formação desta II está em projetar visando a máxima flexibilidade sociotécnica, isto é, a capacidade de adaptação, de modo contínuo, com alto nível de independência entre os elementos constituintes e a capacidade de lidar com contextos sociais e técnicos diversificados.

Palavras-Chave: Telerradiologia, DICOM, PACS, Teoria de Projeto, Infraestrutura de Informação, Sistemas Sociotécnicos.

OLIVEIRA, M. A. L. Forming an information infrastructure for teleradiology: a series of case studies based on the design theory for dynamic complexity. 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

ABSTRACT

Technological developments have provided a variety of integrated tools that favor the emergence of information technology solutions and hence the arising of new infrastructures, although there is an increase in the complexity of these solutions. Teleradiology and local solutions for distribution of medical images are evidences of such technological developments. However, it is not known the existence of an infrastructure for teleradiology with characteristics of the so called Information Infrastructures (II), such as: capacity for dynamic organization, built by a growing and heterogeneous technical and social elements with high levels of adaptation and variation, and also holding decentralized and episodic control, that can evolve unbounded and under various conditions. Such infrastructure, if applied to local and global solutions for teleradiology, favors the emergence of a public social space for radiology practices, breaking down the boundaries between the local and the global. This work aims to understand what obstacles hinder the formation of such an information infrastructure. For this, we used the design theory for dynamic complexity (DTDC) in information infrastructure, based on the theory of complex adaptive systems (CAS), as the main reference in the investigation of a series of case studies in teleradiology. To achieve this goal, a study was conducted based on empirical descriptions of solutions for teleradiology, seeking for evidence in each case, resulting in a compiled set of knowledge qualities, shortcomings and obstacles mapped to a set of design rules of the DTDC. The result of this investigation shows the technical and social disability around the adaptability as a major factor to hinder the expansion of teleradiology and hence the formation of an information infrastructure. Finally, it was concluded that despite the growing number of solutions for teleradiology, it was not observed an II for teleradiology; and that the key to the formation of such an II is designing to enable the maximum sociotechnical flexibility, i.e., the ability to adapt continuously with high level of independence between the elements and able to deal with diverse social and technical contexts.

Keywords: Teleradiology, DICOM, PACS, Design Theory, Information Infrastructure, Sociotechnical Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Os dois computadores de cima têm IP estático, portanto permitem a comunicação DICOM, diferentemente dos dois abaixo, que tem IP dinâmico, o que dificulta a comunicação.	14
Figura 2	Polarização devido à tensão entre as demandas locais e globais para práticas radiológicas.	21
Figura 3	<i>Path Dependence</i> : Acontece quando sistemas diferentes, mesmo inicializados no mesmo ponto, podem ter resultados diferentes no final.	25
Figura 4	Redes livres de escala são caracterizadas por possuir poucos pontos focais e uma quantidade ilimitada de conexões.	25
Figura 5	Comportamento emergente surge da união das forças dos vários componentes de um sistema.	26
Figura 6	<i>Feedback</i> é visto como um processo de realimentação, ou seja, os resultados na saída do sistema são colocados na entrada.	26
Figura 7	Driver JDBC permite a conexão com vários bancos de dados. No topo do organograma está a aplica Java, logo abaixo o JDBC.	31
Figura 8	Os dois tipos de gateways para integração do DICOM e-mail com PACS e sem PACS	47
Figura 9	Rede DICOM e-mail Rhein-Neckar-Dreieck na Alemanha	48
Figura 10	Incidência das regras de projeto para o problema do Bootstrap no caso da Alemanha.	56
Figura 11	Incidência das regras de projeto para o problema da Adaptabilidade no caso da Alemanha.	56
Figura 12	Os 5 Clusters regionais na Inglaterra	60
Figura 13	Incidência das regras de projeto para o problema do Bootstrap no caso do Reino Unido.	70
Figura 14	Incidência das regras de projeto para o problema da Adaptabilidade no caso do Reino Unido.	71
Figura 15	Modelo de integração de ferramentas para acesso ao Portal de Telemedicina	77
Figura 16	Interoperabilidade na rede de Telemedicina. O HL7 trabalha como um gateway entre a camada de aplicação e o banco de dados.	83
Figura 17	Incidência das regras de projeto para o problema do Bootstrap no caso de Santa Catarina.	84
Figura 18	Incidência das regras de projeto para o problema da Adaptabilidade no caso de Santa Catarina.	85
Figura 19	Mapa da expansão até 2009	85
Figura 20	Variação das regras de projeto relativas ao problema do bootstrap evidenciadas em cada caso.	100
Figura 21	Variação das regras de projeto relativas ao problema da adaptabilidade evidenciadas em cada caso.	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Diferenças entre tecnologias para telerradiologia e PACS	20
Tabela 2	Princípios e regras de projeto para o problema do Bootstrap	34
Tabela 3	Princípios e regras de projeto para o problema da Adaptabilidade'	35
Tabela 4	Interpretação das regras relativa aos problemas do <i>Bootstrap</i> e Adaptabilidade para o estudo de caso do DICOM e-mail na Alemanha	51
Tabela 4	Interpretação das regras relativa aos problemas do Bootstrap e Adaptabilidade para o estudo de caso do Dicom e-mail na Alemanha	52
Tabela 4	Interpretação das regras relativa aos problemas do <i>Bootstrap</i> e Adaptabilidade para o estudo de caso do Dicom e-mail na Alemanha	53
Tabela 5	Interpretação das regras relativa ao problema do <i>Bootstrap</i> e Adaptabilidade para o estudo de caso do PACS no Reino Unido	65
Tabela 5	Interpretação das regras relativa ao problema do <i>Bootstrap</i> e Adaptabilidade para o estudo de caso do PACS no Reino Unido	66
Tabela 6	Interpretação das regras relativa ao problema do <i>Bootstrap</i> e Adaptabilidade para o estudo de caso da Rede de Telemedicina de Santa Catarina	80
Tabela 6	Interpretação das regras relativa ao problema do <i>Bootstrap</i> e Adaptabilidade para o estudo de caso da Rede de Telemedicina de Santa Catarina	81
Tabela 6	Interpretação das regras relativa ao problema do <i>Bootstrap</i> e Adaptabilidade para o estudo de caso da Rede de Telemedicina de Santa Catarina	82
Tabela 7	Distribuição das regras de projeto pelos casos	99

LISTA DE SIGLAS

AET	Application Entity Title
CAS	Complex Adaptive Systems
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DIMSE	Dicom Message Services Elements
DNS	Domain Name Server
HL7	Health Level Seven
IHE	Integrating Healthcare Enterprise
II	Infraestrutura de Informação
IP	Internet Protocol
JDBC	Java Database Connectivity
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
PP	Princípio de Projeto
RCTM	Rede Catarinense de Telemedicina
RP	Regra de Projeto
SAC	Sistemas Adaptativos Complexos
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
SIR	Sistema de Informação Radiológica
SOP	Service Object Pair
TI	Tecnologia da Informação
TPCD	Teoria de Projeto para Complexidade Dinâmica
VPN	Rede Virtual Privada
WADO	Web Access to DICOM
XDS-I	Cross-enterprise Document Sharing for Imaging

SUMÁRIO

1.Introdução	1
1.1 Objetivo Geral.....	7
1.1.1 Objetivos Específicos	7
1.2 Justificativa	7
1.3 Organização do trabalho	9
2. Referencial Teórico.....	10
2.1 Visão geral.....	11
2.2 Infraestrutura de Informação	16
2.2.1 Infraestrutura de Informação para telerradiologia.....	19
2.3 Sistemas Adaptativos Complexos (SAC).....	23
2.4 Teoria de Projeto para Complexidade Dinâmica	27
2.4.1 O problema do <i>bootstrap</i>	28
2.4.2 O problema da adaptabilidade.....	30
2.4.3 Princípios e Regras para resolução da Complexidade Dinâmica das II	31
2.5 Considerações Finais	37
3. Metodologia	38
3.1 A estratégia de estudo de caso como método de pesquisa	38
3.2 Critérios para escolha dos casos para estudo	41
3.3 Coleta de documentos.....	42
3.4 Escala de referência.....	43
3.5 Considerações finais	44
4. Estudos de caso	45
4.1 Estudo de caso: DICOM e-mail na Alemanha	45
4.1.1 Descrição.....	46

4.1.2 Resultados – Princípios de projeto evidenciados, não evidenciados e contraditórios.	49
4.1.3 Discussão	57
4.2 Estudo de caso: Implantação PACS no Reino Unido	59
4.2.1 Descrição.....	59
4.2.2 Resultados – Princípios de projeto evidenciados, não evidenciados e contraditórios	61
4.2.3 Discussão	71
4.3 Estudo de caso: A rede de telemedicina de Santa Catarina.....	73
4.3.1 Descrição.....	73
4.3.2 Resultados – Princípios de projeto evidenciados, não evidenciados e contraditórios	75
4.3.3 Discussão	85
5. Discussão Final	92
6. Conclusão.....	104

1. INTRODUÇÃO

O compartilhamento de estudos de imagens entre profissionais de saúde, em particular radiologistas, de uma forma fácil e efetiva tem sido uma meta de longo prazo da telerradiologia (BINKHUYSEN, 2011). Entretanto, mesmo com a demanda crescente por exames de imagem, ainda não se tem conhecimento da existência de uma infraestrutura de informação (II) (BOWKER et al., 2010) capaz de lidar com tal compartilhamento de forma abrangente, além dos limites do local onde as imagens se originaram. A infraestrutura dos sistemas *Picture Archive and Communication System* (PACS) que emprega o padrão *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) (HUANG, 2010) oferece uma plataforma eficaz de compartilhamento, mas restrita a um domínio local. Quando se precisa de um acesso remoto e uma solução de telerradiologia é adotada, ela geralmente satisfaz demandas locais para compartilhamento à distância. Por exemplo, adotando *Virtual Private Network* (VPN) para que radiologistas acessem remotamente o PACS ou para prover serviços de interpretação de imagem para lugares previamente definidos, como parte de um serviço de telerradiologia localmente gerenciado. Contudo, a necessidade de cuidado com o paciente pode gerar demandas de compartilhamento que envolvam a formação espontânea de grupos de cooperação de profissionais e organizações de saúde de uma forma dinâmica e imprevisível (PAINA e PETERS, 2012), requerendo da infraestrutura local de telerradiologia uma flexibilidade que ela não é capaz de suportar.

Dispor de uma infraestrutura para telerradiologia como uma II é um caminho para dotá-la de tal flexibilidade, visto que as II favorecem a associação espontânea entre pessoas, organizações e componentes tecnológicos com atividades e estruturas situadas em contextos geográficos distintos (BOWKER et al., 2010), a fim de formar um espaço social para a prática radiológica (MOTTA, 2014), oferecendo compartilhamento de imagens e colaboração. Tal favorecimento ocorre à medida que a II se torna compartilhada, aberta, heterogênea, segura e evolutiva, formando um sistema sociotécnico de tecnologia da informação (TI) (HANSETH e LYYTINEN, 2010; MOTTA, 2014).

O desafio é como induzir um movimento para construção de uma II para telerradiologia, visto que métodos tradicionais da engenharia de software e de sistemas têm enfoques altamente centralizados e rigidamente hierarquizados, incapazes de lidar com a complexidade das II, tais como ausência de autoridade central e o fato de ser projetada sem especificação conhecida (PAINA e PETERS, 2012; SHEARD e MOSTASHARI, 2009). Em face disso, os recentes avanços na pesquisa em II (BOWKER et al., 2010; EDWARDS et al., 2013; GRISOT, HANSETH, THORSENG, 2014; HANSETH e LYYTINEN, 2010), notadamente em teorias de projeto (GREGOR e JONES, 2007) para II, são promissores para uso na construção de II, em particular para telerradiologia. A teoria de projeto para complexidade dinâmica (TPCD) em II (HANSETH e LYYTINEN, 2010), aplicada neste trabalho, é uma teoria normativa sistematizada a partir de descrições empíricas da evolução de II, em especial a Internet, que considera a complexidade dinâmica no projeto de uma II, visto como um sistema sociotécnico de TI com características de sistemas adaptativos complexos, do inglês *complex adaptive systems* (CAS) (HOLLAND, 1995). Consiste em princípios e regras, envolvendo elementos técnicos, sociais e seus relacionamentos, visando guiar o projeto de modo a permitir o crescimento e a adaptação da II como um sistema auto-organizável. Em vez de seguir o enfoque majoritário de outras teorias e métodos que se baseiam na máxima de projetar do zero, ela adota a abordagem de cultivar uma base instalada para promover seu crescimento dinâmico por meio de regras de projeto para *bootstrap* e crescimento adaptativo (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Isto é, o desenvolvimento de uma II lida em como criar uma infraestrutura que se auto reforça (*bootstrap*) a partir de uma base instalada e em como sustentar seu crescimento (adaptação) para evitar ficar paralisado devido à inércia da própria base instalada.

Nos últimos anos muitas abordagens para o problema de distribuição de imagens à distância foram propostas, relatadas com as mais diversificadas estruturas. CZEKIERDA et al. (2012) propuseram um ambiente para colaboração médica remota, o TELEDICOM, um sistema aplicado em teleconsulta e tele-educação. HUANG et al. (2009) propuseram o SOMICAS, um sistema síncrono colaborativo para análise de imagens médicas baseado na infraestrutura da Internet. PADHY et al. (2012) sugeriram um modelo baseado em nuvem para um sistema de informação em saúde com o objetivo de auxiliar o cuidado à saúde principalmente

nas áreas rurais. YANG et al. (2010), encoraja à adoção do uso de computação em grid, com estratégias de segurança, estabilidade e confiabilidade. WEISSER et al. (2007) relataram a integração de mais de 60 instituições utilizando o DICOM via email na Alemanha. VALENTE et al. (2012), por outro lado, incluíram um *gateway* a um PACS com o objetivo de mediar as buscas e recuperações de exames entre diferentes redes, distantes geograficamente. SILVA et al. (2013) propuseram uma abordagem que teve como base o conceito de *Cloud Computing*, pelo qual uma das vantagens foi a de transferir a responsabilidade sobre a infraestrutura base para empresas terceirizadas, como é o caso da *Amazon* (Integrating Amazon Web Services. In: *beginning asp.net e-commerce in C#*, 2009). RIBEIRO; COSTA e OLIVEIRA (2012) exploraram o conceito de redes ponto-a-ponto para aumentar a disponibilidade, a tolerância a falhas e a velocidade na recuperação de imagens. LIPTON; NAGY e SEVINC (2012) descreveram a evolução do WADO (DICOM Supplement 148) – *Web Access to DICOM*, que trata da recuperação de objetos DICOM sobre o protocolo HTTP. FIGUEIREDO e MOTTA (2013) relataram a reunião de várias soluções de infraestruturais com o objetivo de promover a aproximação de profissionais de saúde e instituições de saúde favorecendo o cuidado aos pacientes.

Apesar dessa gama de soluções para telerradiologia, existem dois questionamentos: por que não se tem conhecimento até hoje de uma II para distribuição de imagens que possibilite reunir e conectar uma crescente quantidade de componentes de naturezas diversas com abrangência *a priori* ilimitada, e que consiga evoluir e se adaptar continuamente em decorrência da ascensão tecnológica e de mudanças no contexto socioeconômico? Quais elementos, sejam sociais ou técnicos, dificultam; ou de outra forma, quais elementos estão faltando à atual infraestrutura de telerradiologia, que possam desencadear a formação espontânea de comunidades de cooperação a qualquer momento em qualquer lugar? Tais indagações não renegam a existência de soluções para telerradiologia, de fato existem modelos para telerradiologia que estão atualmente em uso, entretanto, esses questionamentos persistem porque, ou os modelos atuais ainda não conseguem se acomodar na definição de infraestrutura de informação ou ainda não é possível perceber a sua existência por ainda estarem em um nível inicial de formação. Por outro lado, são perceptíveis as dificuldades e impedimentos à sua implantação, expansão e disseminação entre comunidades que praticam a

radiologia, especialmente naquelas em que conexões arbitrárias são necessárias. Portanto, falta conhecer as condições que venham a desencadear seu processo de crescimento sustentado, ilimitado e de forma flexível.

Um modelo de telerradiologia como uma II poderá emergir a partir de algum dos modelos existentes ou poderá ser resultado da mesclagem de alguns desses modelos.

Por enquanto, não se tem uma resposta sobre essas questões, o que demanda a realização de investigações empíricas visando saber se os atuais modelos de infraestrutura para telerradiologia se encaminham para formação de uma infraestrutura de informação para prática radiológica. A ideia desta pesquisa, portanto, é aplicar a teoria para complexidade dinâmica em II na investigação do atual cenário das infraestruturas para telerradiologia, visando explicar *a posteriori* se os processos de projeto dessas infraestruturas atenderam ou não aos princípios e regras da teoria. Baseado nesta explicação, espera-se um melhor entendimento das lacunas, salientes reversos, gargalos e desvios em relação ao previsto na teoria que, se tratadas adequadamente, podem contribuir para o surgimento de uma II para telerradiologia.

Por exemplo, a identificação de salientes reversos (HUGHES, 1983) é importante para lidar com o crescimento sustentável da infraestrutura para telerradiologia. Durante o crescimento de um sistema, salientes reversos emergem quando alguns de seus componentes ficam para trás ou ficam fora de fase em relação aos outros, limitando de algum modo a expansão do sistema. Uma base instalada que tenha sido construída à frente de suas alternativas para se tornar cumulativamente atrativa, pode ter em um momento posterior, salientes reversos devido a decisões de projeto cegas e precoces, chamadas de armadilhas tecnológicas, limitantes da expansão futura do sistema. É importante destacar que salientes reversos sempre emergem inesperadamente, devido a, por exemplo, mudanças em trajetórias sociais ou tecnológicas. Entretanto, a correção de salientes reversos na busca do equilíbrio do sistema é uma ação voluntária que envolve também aspectos técnicos e sociais (HUGHES, 1983). Desse modo, a investigação do panorama atual da infraestrutura para telerradiologia, de acordo com a teoria de projeto para complexidade dinâmica em II, pode contribuir para revelar salientes

reversos, dentre outros fenômenos relacionados ao desenvolvimento de infraestruturas de informação.

Um problema que se coloca para uma investigação como essa, está na quantidade de informação a ser coletada e analisada relativa ao panorama atual das infraestruturas para telerradiologia. A fim de tornar este problema mais tratável, decidiu-se realizar a investigação a partir da realização de uma série de estudos de caso de infraestruturas para telerradiologia. NETO (2002 apud CESAR, 2005) afirma que:

Enquanto possibilidade para sua aplicação, um estudo de caso vai além do contar uma história: pode ser utilizado para testar hipóteses como, por exemplo, para testar a falseabilidade de teorias, de acordo com o conceito de Popper. [...] Pode-se dizer que os estudos de caso têm algumas características em comum: são descrições complexas e holísticas de uma realidade, que envolvem um grande conjunto de dados; os dados são obtidos basicamente por observação pessoal. [...]

A teoria de projeto para complexidade dinâmica em infraestrutura de informação, usada nesse trabalho, é utilizada como referência principal para investigação em busca de uma resposta para esses questionamentos, a partir da análise de estudos de casos. Assim, ela ajudará a compreender as soluções de TI envolvidas nos estudos de caso analisados, em direção à possibilidade de generalização de alguma solução, de modo a tornar a telerradiologia uma infraestrutura de informação não limitada, com soluções que ampliem seu horizonte e atraia usuários, visando à radiologia social (MOTTA, 2014). Tal teoria foi escolhida porque considera o comportamento desse tipo de infraestrutura ao longo do tempo, com capacidade de crescimento e adaptação enquanto se auto-organiza (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Segundo GRISOT et al. (2014), implementar soluções de TI em ambientes de saúde é uma tarefa complexa devido ao envolvimento de diferentes atores, como pacientes (com necessidades e características diversas), profissionais de saúde (com diferentes funções e experiências) e tratamentos médicos (que inclui uma diversidade de abordagens). Ademais, descrevem que um mesmo sistema pode conduzir a resultados diferentes quando implantados em organizações diferentes, de modo que um deles pode ser guiado ao sucesso e o outro pode falhar. Dessa

forma, reconhecer e entender essa complexidade tende a aumentar a probabilidade de sucesso de uma solução de TI.

PAINA e PETERS (2012) reforçam essa dificuldade, descrevendo que as abordagens usuais de projeto encontradas nos sistemas de saúde que objetivam a ampliação da prestação de serviços de cuidado ao paciente, não são capazes de lidar com tal complexidade e imprevisibilidade, o que dificulta a promoção de sua sustentabilidade e expansão. Eles ainda recomendam analisar esse obstáculo sob as lentes dos sistemas adaptativos complexos, pois lidam melhor com as mudanças que ocorrem nos sistemas de saúde.

Assim, a teoria de projeto para complexidade dinâmica em II é a base para este trabalho, uma vez que se observou nos artigos analisados nessa investigação que a maior parte das soluções propostas conduz a configurações que, ou demandam a adoção de novos recursos de TI ou norteiam a organização ou profissionais de saúde a alterar de forma significativa as configurações do sistema local, obrigando a comunidade local a reaprender, reorganizar ou reconfigurar, muitas vezes modificando de forma considerável o fluxo de trabalho radiológico local. Certamente, quando há mudanças profundas, elas influenciarão o cotidiano de trabalho.

A crescente demanda por exames de imagens, que consequentemente tem gerado um grande volume desse tipo de exame, cria também uma necessidade de transmissão desses estudos de forma rápida para qualquer lugar e a qualquer hora, trazendo enormes desafios para migração das arquiteturas atuais baseadas nos PACS (BINKHUYSEN e RANSCHAERT, 2011). Organizações em geral, incluindo multinacionais, têm dificuldade para oferecer produtos ou serviços a esse mercado, devido à rápida evolução de tecnologias disruptivas (BINKHUYSEN e RANSCHAERT, 2011; CHRISTENSEN e CLAYTON, 2013).

Enfim, ao longo desse trabalho, procura-se estabelecer as conexões cognitivas necessárias ao entendimento dos obstáculos que circundam as atividades de distribuição de imagens médicas além dos limites da instituição onde as imagens foram geradas, a fim de associar os problemas e soluções envolvidas com os princípios e regras da TPCD em II, visando responder aos questionamentos iniciais que se relacionam com a criação e expansão sustentada de redes de telerradiologia. Consequentemente, procura-se contribuir para revelar fenômenos como salientes

reversos, armadilhas tecnológicas e *lock-ins*, pelo qual bloqueiam a ascensão dos sistemas de telerradiologia, a partir dos objetivos propostos na seção 1.1.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é buscar compreender, através de uma série de estudos de caso, os obstáculos que dificultam o surgimento de uma infraestrutura de informação para distribuição de imagens de forma ampla, flexível e que possibilite a atenuação dos limites locais e globais para as práticas radiológicas.

1.1.1 Objetivos Específicos

1. Buscar compreender infraestruturas diversas empregadas na telerradiologia;
2. Analisar os limites dessas soluções, sejam técnicos ou sociais;
3. Entender como atuam tais soluções dentro de sua região; as dificuldades iniciais; obstáculos à expansão e interação com outras infraestruturas para telerradiologia.

1.2 Justificativa

O surgimento de uma infraestrutura de informação para telerradiologia facilitaria a cooperação entre organizações e profissionais de saúde, inclusive de forma dinâmica e imprevisível, de modo a permitir a associação entre eles com o objetivo de promover a cooperação, celeridade e qualidade nos laudos a fim de melhorar o cuidado com os pacientes. Por ser aberta, uma infraestrutura de informação apresenta crescimento ilimitado, dessa forma, permitindo que componentes de naturezas diversas possam ser incluídos de forma crescente e adaptável – por meio de *gateways* e reorganização de elementos – gerando também oportunidades técnicas e novos aprendizados, devido à possibilidade de poder envolver inúmeras comunidades durante sua expansão. Para alcançar o objetivo proposto nesse trabalho, faz-se necessário a utilização da teoria de projeto para complexidade dinâmica em infraestrutura de informação, que trata de sistemas dinâmicos, adequada à análise de sistemas cuja previsibilidade de evolução não é facilmente tratável, porque apresentam comportamento que depende do ambiente local onde estão sendo implantados, a fim de facilitar a expansão de sistemas de saúde.

Atualmente, o progresso das tecnologias de informação e comunicação tem permitido à telerradiologia mesclar recursos com o objetivo de solucionar questões relacionadas à distribuição de imagens entre instituições localizadas em regiões geograficamente distintas, isso tem possibilitado a multiplicação de soluções de TI em direção à resolução de várias problemáticas. O desafio para as organizações está em buscar, selecionar e implantar essa solução, visto que ela irá afetar direta e indiretamente tudo o que esteja em conexão com os negócios dessa organização. Esse dilema tem dificultado a escolha de soluções pelas instituições e profissionais de saúde, uma vez que depois de serem implantadas elas ficarão atreladas socialmente e tecnicamente à estrutura da organização, podendo gerar entraves que podem coibir, no futuro, sua expansão e evolução. Portanto, se a telerradiologia não consegue estabelecer um fluxo funcional e eficiente para com suas responsabilidades, o peso do revés será repassado a seus clientes (os pacientes).

Essas incertezas são suficientes para encorajar tal pesquisa, e de fato são o seu ponto de partida. Não é satisfatório possuir as tecnologias e extrair somente o essencial de seus recursos, em prejuízo a propriedades emergentes que poderão brotar a partir de suas reorganizações e reconexões, independentemente de fabricantes e protocolos.

Essa pesquisa contribui trazendo uma resposta que, espera-se, auxilie nas decisões de organizações e profissionais de saúde. Certamente várias organizações passaram pelo processo de busca, escolha e implantação de soluções de TI para telerradiologia, e verdadeiramente, sustentar seu crescimento e promover sua evolução e adaptação são desafios ainda mais fatigantes. O conhecimento adquirido contribui para revelar tal infraestrutura, podendo promover sua generalização.

Portanto, com a compreensão do cenário atual da telerradiologia, espera-se que a pesquisa traga resultados que contribuirão para auxiliar organizações nas decisões relativas às escolhas que melhor possam colaborar não somente para troca de estudos de imagens médicas, mas para soluções que convirjam para infraestruturas de informação, de modo a facilitar a assistência por parte de um número crescente de colaboradores, recursos de TI, padrões, etc., aumentando dessa forma a rapidez nos laudos e início de tratamentos de saúde. Além disso, tais infraestruturas possibilitarão uma evolução modular, facultando quaisquer

colaboradores adicionar ou retirar componentes sem comprometer o fluxo de trabalho do resto do sistema, visto que eles serão decompostos em camadas fracamente acopladas, cada uma com sua responsabilidade bem definida.

1.3 Organização do trabalho

O restante deste trabalho está organizado como segue:

Capítulo 2: apresenta o embasamento teórico relacionado à infraestrutura de informação, teoria de projeto para complexidade dinâmica e sistemas adaptativos complexos;

Capítulo 3: descreve a metodologia empregada no trabalho;

Capítulo 4: apresenta os estudos de caso abordados segundo a teoria de projeto para complexidade dinâmica, bem como os resultados e discussões para cada um deles separadamente;

Capítulo 5: realiza a discussão conjunta dos resultados de cada caso;

Capítulo 6: apresenta a conclusão do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa relacionada com infraestrutura de informação, que é definida como um sistema sociotécnico (base instalada) de TI, compartilhado, evolutivo, heterogêneo, aberto e seguro, envolve o conhecimento relacionado à dinâmica dos sistemas adaptativos complexos – que investigam fenômenos não-lineares – além da teoria de projeto para complexidade dinâmica, que é constituída de 19 regras de projeto distribuída por 5 princípios para tratar dos problemas do *bootstrap* e da adaptabilidade em projetos emergentes, e que guiam projetistas na compreensão, condução e construção de infraestruturas de informação. Nesse capítulo serão abordados os principais conceitos relacionados ao tema principal.

A integração e interação de componentes em um sistema compõe o que é definido como infraestrutura, um conjunto de recursos necessários a atividades humanas (BOWKER et al., 2010), que quando aditado a palavra “informação”, estende seu conceito para abranger também conceitos organizacionais (BOWKER et al., 2010), sendo constituída de elementos de naturezas diversas. Na telerradiologia, composta por infraestruturas recursivas, cada uma delas oferecendo sua parcela de contribuição para que um sistema consiga transmitir estudos de imagens da origem até o destino, há uma vasta variedade de elementos que, quando conectados, estabelecem uma via para o tráfego de dados em várias direções visando à prática radiológica. Para que isso ocorra, é essencial que o sistema permita unir elementos heterogêneos e inicialmente incompatíveis, propiciando a comunicação entre partes discordantes. O cenário atual converge para modelos que atuem além das fronteiras da organização onde as imagens foram geradas, contudo não há ainda um modelo de II abrangente e flexível para telerradiologia. Assim sendo, encontrar uma infraestrutura de informação para telerradiologia promoveria sua expansão nos moldes do que ocorreu com a Internet, uma estrutura aberta, na qual não existem limites claros em quem pode utilizá-la e quem não pode, como também, a inexistência de limites claros em quem pode projetar para ela ou quem não pode (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Entretanto, é importante salientar que uma infraestrutura sem limites pressupõe um mínimo de requisitos a serem cumpridos por profissionais e organizações de saúde no intuito de garantir a existência e relevância da infraestrutura de informação em determinada área, excluindo-se, portanto, aqueles elementos não permitidos.

Cada organização implanta localmente a solução que melhor lhe atende, construindo um espaço local para radiologia (MOTTA, 2014), contudo, quando existe a necessidade de acesso remoto a essas imagens, exige-se a inclusão de recursos extras de tecnologia de informação, com extensas configurações em ambas as partes envolvidas, desse modo aumentando o escopo de trabalho em direção a um espaço global para atividades radiológicas (MOTTA, 2014), exigindo um grande esforço em contrapartida à essa integração, envolvendo altos níveis de complexidade na implantação. A existência de uma infraestrutura de informação para telerradiologia possibilitaria a facilidade na associação entre organizações, profissionais de saúde e tecnologias.

Além de buscar um meio para que a radiologia chegue a destinos diversos de uma forma fácil, acessível e segura, com tecnologias que permitam a adaptação e evolução do sistema de uma forma sustentável e auto-organizável, com controle distribuído, construindo um espaço social para práticas radiológicas, o desafio é reunir o máximo de ferramentas baseadas em software livre e/ou aberto (BINKHUYSEN e RANSCHAERT, 2011; BOWKER et al., 2010), de forma a contribuir também para a redução dos encargos financeiros. A principal razão para isso é que esse tipo de software é mais favorável à adaptação e evolução, já que comunidades de projetistas e usuários participam de seu ciclo de vida, ajudando na descoberta e correção de falhas, se adequando também mais rapidamente às necessidades de usuários (BINKHUYSEN e RANSCHAERT, 2011; BOWKER et al., 2010), além de diminuir as barreiras relacionadas à flexibilização e compatibilidade, consequentemente reduzindo os salientes reversos (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

2.1 Visão geral

A colaboração entre instituições de saúde tem crescido, essa tendência nos sistemas de saúde está associada à redução de custos e crescimento do número de aplicações (SILVA et al., 2013), sendo a telerradiologia uma dessas tendências. De acordo com BINKHUYSEN e RANSCHAERT (2011), a telerradiologia trata da transmissão de imagens radiológicas no formato eletrônico para regiões geograficamente distantes do local onde essas imagens foram originadas, para fins de consulta e interpretação. Para permitir essa transmissão de imagens entre contextos geográficos distintos, é primordial a existência de uma infraestrutura que

comporte as mais diversas configurações e propicie compatibilidade, de forma que proporcione a comunicação em larga-escala a qualquer lugar e em qualquer momento. Conforme AANESTAD e JENSEN (2011), é necessário enfatizar que sistemas de informação de larga-escala compreendem não somente elementos autônomos, mas devem estar integrados com outros sistemas de informação e comunicação, bem como associados a outros elementos técnicos e não técnicos, dessa forma, a infraestrutura de informação descrita por (HANSETH e LYYTINEN, 2010) abrange elementos técnicos (equipamentos, computadores, etc.), elementos sociais (pessoas, comunidades, organizações, padrões, órgãos reguladores, etc.) e suas relações.

O desafio da telerradiologia está diretamente vinculado à dificuldade de compartilhamento de estudos de imagens médicas com vários parceiros arbitrários, com o objetivo de colaboração entre especialistas ou organizações de saúde, com esses estudos podendo ser transmitidos para além do domínio onde eles foram originados (MOTTA, 2014). Quando a distribuição desses estudos é dentro do próprio domínio no qual as imagens foram geradas, é possível distribuir as imagens através de um PACS, por exemplo.

A troca de estudos de imagens no âmbito das organizações ou profissionais de saúde entre localidades afastadas pressupõem a utilização ou construção de infraestruturas que consigam alcançar, desde sua origem, o destino final do estudo, ultrapassando redes, *firewalls* e políticas de segurança. Para facilitar tal tarefa, geralmente constroem-se infraestruturas sobre infraestruturas já existentes, tal artifício recebeu a denominação de infraestruturas recursivas. Para exemplificar esse processo ressalta-se a criação do *World Wide Web* por Berners-Lee (LEINER et al., 1997), que se beneficiou da existência da infraestrutura da Internet para implementar sua criação.

Atualmente a forma mais amplamente conhecida para distribuição de imagens para além dos limites de uma organização de saúde é através do uso dos PACS combinado com técnicas de roteamento, tornando possível aos profissionais de saúde, acessarem e buscarem exames de imagens a partir de ambientes externos ao local onde tais imagens foram geradas. Segundo PIANYKH (2012), nesse tipo de compartilhamento, um computador servidor DICOM está conectado aos

equipamentos médicos (Tomógrafo Computadorizado, Ressonância Magnética, etc.) através de uma rede de comunicação. Esses equipamentos fornecem imagens, oriundas de pacientes, ao servidor, que irá armazená-las. O servidor por sua vez aguarda conexões tanto da rede interna quanto de outras redes externas a instituição, se for o caso. Se as requisições vêm da própria rede em que o servidor está inserido, os estudos são entregues diretamente ao computador que as solicitou. Por outro lado, para que um computador externo à instituição, que nesse caso está em uma rede diferente, consiga obter tais estudos, existe a necessidade de se fazerem configurações nos roteadores de borda tanto da rede da organização que está fornecendo os estudos, quanto da instituição que os requisitou, pois somente dessa forma, tal computador externo poderá alcançar o servidor.

PIANYKH (2012) relata ainda que essa exigência nas configurações infraestruturais de ambos os lados da comunicação se deve ao fato do DICOM necessitar de uma conexão ponto-a-ponto, requerendo quatro informações para construir uma comunicação funcional de sucesso: endereço IP de origem, porta, AET₁ (*Application Entity Title*) da origem na configuração da AET₂ da estação de destino, bem como endereço IP do destino, porta e AET₂ do destino na configuração AET₁ da estação de origem (Figura 1). Atualmente, para computadores localizados em redes distintas, há uma grande possibilidade de que eles trabalhem com endereços IP dinâmicos e privados, em redes que usam NAT (*Network Address Translation*) e *firewall*, por exemplo, exercendo uma barreira para interoperabilidade das unidades DICOM. A ausência de suporte ao redirecionamento de estudos de imagens para outros pontos da rede, também é consequência dessa imposição descrita anteriormente. Além disso, fazer os estudos de imagens médicas transpassarem os limites da instituição em que as imagens foram geradas pressupõe algum nível de segurança para essas imagens, o que pode ser conseguido, por exemplo, com o uso de redes virtuais privadas (VPN), que por outro lado, reduzem a escalabilidade da rede (SILVA et al., 2013).

É evidente que muitas soluções foram descritas para resolver esses e outros problemas inerentes ao DICOM, permitindo que a telerradiologia subsista, contudo, elas foram desenvolvidas para tratar de casos particulares, e muitas delas são soluções proprietárias, com tecnologias restritas.

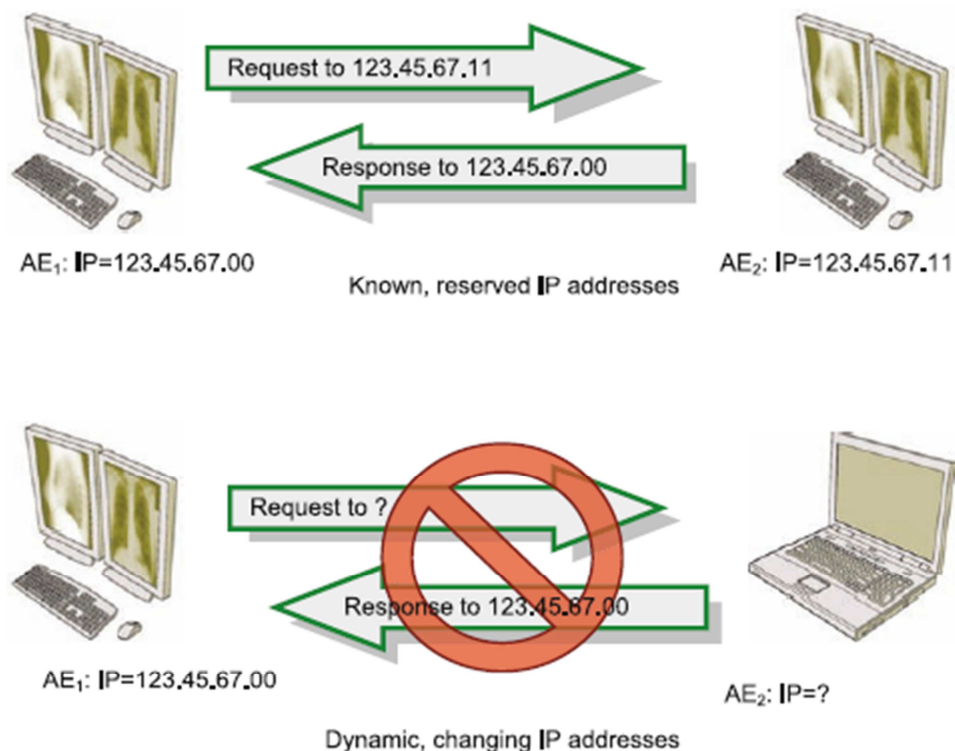


Figura 1: Os dois computadores de cima têm IP estático, portanto permitem a comunicação DICOM, diferentemente dos dois abaixo, que tem IP dinâmico, o que dificulta a comunicação.
Fonte: PIANYKH, 2012

Conforme PIANYKH (2012) observa, a telerradiologia lida com acesso remoto de estudos de exames de imagens médicas, logo, técnicas que utilizam rede ponto-a-ponto não devem ser utilizadas, elas não satisfazem ao objetivo pelo qual a telerradiologia se propõe. Os modelos de telerradiologia atuais propõem infraestruturas rígidas, que satisfazem apenas as necessidades locais de organizações e profissionais de saúde – que são os consumidores dos estudos de imagens médicas – que foram previamente definidos. Consumidores complementares que possam fazer parte dessa rede e que pretendam receber imagens estarão sujeitos a alterações significativas em seu ambiente local. Essa sólida ligação entre consumidor e produto são efeitos das limitações do padrão DICOM, criando uma inflexibilidade estrutural no sistema.

Uma infraestrutura versátil para telerradiologia conseguiria ser flexível o suficiente para aceitar um número potencialmente ilimitado de componentes com características diversas, sendo ainda capaz de envolver e ser influenciada por

comunidades diversas, padrões, etc., ao mesmo tempo em que evoluiria e agregaria novos elementos que poderiam se adaptar à medida em que progredissem, como um sistema mutável auto-organizável (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Essa necessidade de flexibilidade pode ser visualizada, por exemplo, quando novas organizações de saúde pretendem colaborar ou trocar informações e experiências umas com as outras; ou na necessidade de inclusão de inovações tecnológicas para oferecer novos serviços ou simplesmente manter a compatibilidade com tecnologias legadas, etc. Projetos com essas características se fundamentam nos sistemas adaptativos complexos, que é uma tendência nos sistemas de saúde (STURMBERG e MARTIM, 2013). A esse conjunto abrangente de elementos e suas relações, dá-se o nome de infraestrutura de informação (HANSETH e LYYTINEN, 2010; BOWKER et al., 2010).

Essa contínua transformação nos sistemas, devido à exigência dessa flexibilidade infraestrutural, é denominada por HANSETH e LYYTINEN (2010) de complexidade dinâmica. É importante destacar que a complexidade de um sistema cresce conforme ele se expande e aumenta o número de conexões e componentes, tornando sua investigação muito mais difícil (STURMBERG e MARTIM, 2013). A teoria de projeto descrita por HANSETH e LYYTINEN (2010) é um meio para compreender a formação e desenvolvimento desse tipo de infraestrutura. Ela é composta por dezenove regras distribuídas por cinco princípios que tratam de dois problemas na construção de infraestruturas: o problema do *bootstrap* e o problema da adaptabilidade.

O problema do *bootstrap* enfatiza a necessidade de convencer e atrair usuários enquanto o projeto ainda é pequeno, de modo que ele possa crescer por táticas persuasivas. O problema da adaptabilidade propõe assegurar que a infraestrutura de informação cresça de forma adaptativa. HANSETH e LYYTINEN (2010) utilizaram a gênese da Internet para derivar a teoria de projeto para complexidade dinâmica em II. Neste trabalho, por outro lado, a teoria foi usada como referência visando evidenciar a formação de uma possível infraestrutura de informação para telerradiologia, a partir da interpretação dos casos estudados de acordo com os princípios e regras propostos pela teoria para tratar os problemas do *bootstrap* e da adaptabilidade. Havendo satisfação das regras, poder-se-á observar

a formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia comportando-se como um arranjo sociotécnico.

2.2 Infraestrutura de Informação

Segundo (BOWKER et al., 2010), o conceito de infraestrutura de informação (II) denota não somente um conjunto de equipamentos que possam ser requeridos para execução de atividades humanas, mas abrange também pessoas e elementos abstratos como padrões e protocolos. Infraestrutura é algo peculiar, geralmente imperceptível, com um número ilimitado de tecnologias e elementos organizacionais, além de suas relações (BOWKER et al., 2010), caracterizadas por serem dinamicamente evolucionárias e não lineares. Essa interdependência entre elementos nas infraestruturas de informação implica que o trabalho de um usuário é a infraestrutura de outro (STAR e RUHLER, 1996 apud BOWKER et al., 2010). HANSETH e LYYTINEN (2010) definem uma infraestrutura de informação como um sistema sociotécnico evolutivo, heterogêneo, aberto e compartilhado, composto de recursos de tecnologia da informação, aplicações, plataformas e outras infraestruturas, além de usuários, operações e comunidades de projetistas, portanto possuindo elementos de naturezas diversas. Eles acrescentam ainda que esse aumento na complexidade nos recursos de tecnologia de informação de forma ininterrupta dificulta seu controle e evolução, de modo que metodologias de projeto tradicionais não conseguem lidar com tal complexidade, assim abrindo novas possibilidades de tratamento desses sistemas complexos denominados de infraestrutura de informação. Ademais, as II foram necessárias a partir do momento em que foi imprescindível lidar com a complexidade dinâmica, que os métodos tradicionais da engenharia de software e sistemas não conseguem tratar adequadamente.

Em uma análise mais detalhada, as II são heterogêneas porque possuem diversidade social e técnica, sendo capazes de incluir um número crescente de elementos como comunidades de usuários e desenvolvedores, órgãos de governança e de padronização (HANSETH e LYYTINEN, 2010). São abertas porque têm fronteiras permeáveis que permitem interações com o ambiente externo de forma intrincada e em contextos não previstos inicialmente. Essa abertura leva a uma abrangência ilimitada, uma vez que não há fronteiras evidentes entre os que podem

e os que não podem utilizá-la, como também para os podem e os que não podem se envolver com seu desenvolvimento (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Recursos podem ser adicionados desde que mantida a compatibilidade e integração com a base instalada – definida como “o que existe lá”: tecnologias, pessoas, práticas de trabalho, padrões adotados, etc.

Infraestruturas de informação são compartilhadas porque não pertencem a uma única organização, mas são usadas por diversas comunidades por meios múltiplos e inesperados (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Seu controle é distribuído por entre as comunidades envolvidas a partir de acordos, a mais frequente maneira de coordenar sua evolução. Ademais, diferentemente de abordagens tradicionais de projeto, elas nunca são modificadas a partir de uma entidade centralizadora, de cima para baixo, e ainda, combinada a isso, está sua forma episódica de controle, pelo qual se seleciona grupos de projetistas para operar sobre determinados elementos da infraestrutura de informação (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

As infraestruturas de informação evoluem à medida que incorporam novos elementos, assim estendendo suas funções e, conseqüentemente, aumentando a complexidade nas relações envolvidas. Esse contínuo e crescente progresso surge muitas vezes da reação da comunidade com aprendizado e imposição, devido à sucessão de tecnologias e interação das comunidades, que permitem a oferta de mais serviços, resultando em um dramático crescimento no número de componentes heterogêneos. Portanto, está em evolução porque emerge da contínua ação recíproca entre usuários, profissionais, organizações e componentes tecnológicos num processo concorrente de construção e reconstrução (AANESTAD e HANSETH, 2000).

Essa abrangência das infraestruturas de informação é essencial tanto do ponto de vista estrutural quanto do ponto de vista social. HANSETH e LYYTINEN (2010) destacam que, do ponto de vista estrutural, seu desenvolvimento envolve muitas atividades, tais como implementação, integração, controle e coordenação da crescente complexidade desses recursos. Do ponto de vista social, elas apresentam organização e conexão de elementos sociais heterogêneos com interesses divergentes, de modo a promover seu crescimento e evolução.

HANSETH e LYYTINEN (2010) reconhecem os obstáculos em lidar com projetos de infraestruturas de informação, uma razão para isso são as dificuldades promovidas por seu comportamento diversificado e dinâmico, impossibilitando, por exemplo, a extração de requisitos. Em qualquer fase do projeto, em especial na fase inicial, erros provocados na escolha de componentes ou na tomada de decisão podem bloquear sua expansão. Por exemplo, armadilhas tecnológicas (*Technology Traps*) (HUGHES, 1987 apud HANSETH e LYYTINEN, 2010), limitam a difusão e evolução do sistema e, conseqüentemente, levam a salientes reversos (*Reverse Salients*). Para um entendimento melhor sobre o conceito de salientes reversos, HUGHES et al. (1993, p. 112), assim o descreve:

Hughes's study of Edison illustrates both the systemic nature of much technological activity and the importance of the notion of a reverse salient. Edison's problem (his reverse salient) was simultaneously economic (how to supply electric lighting at a price that would compete with gas), political (how to persuade politicians to permit the development of a power system), technical (how to minimize the cost of transmitting power by shortening lines, reducing current, and increasing voltage), and scientific (how to find a high-resistance incandescent bulb filament). That Edison succeeded in resolving this set of problems reveals his success as a system builder, and it also shows that, as Hughes puts it, "the web is seamless"-that the social was indissolubly linked with the technological and the economic.

É importante destacar o cultivo à base instalada, ao contrário de projetar uma infraestrutura do zero, como parte de um processo de inovação continuada em infraestrutura de informação. Isto é, substituir ou alterar elementos existentes sempre que necessário sem mudar a arquitetura constituída, além de ampliar a infraestrutura de informação pela adição de novos componentes (GRISOT et al., 2014) a partir de incrementos modulares, objetivando uma evolução fractal (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Nesse processo dinâmico de evolução, não suportado pelos modelos tradicionais de organização de tecnologias da informação, STAR e RUHLER (1996 apud GRISOT et al., 2014) afirmam *"In this evolutionary process, an IT always, wrestles with the 'inertia of the installed base' and inherits strengths and limitations from that base"*, uma vez que, tal inércia da base instalada origina-se da diminuição de esforço para com o desenvolvimento da infraestrutura de informação, desse modo havendo um relaxamento tanto técnico como organizacional, levando a consequências imprevisíveis e a *lock-ins* (GRISOT et al., 2014).

Salienta-se também que o crescimento das infraestruturas de informação está associado a um esforço contínuo envolvendo seus componentes, em que cultivar é mais relevante que construir (GRISOT et al., 2014). Um exemplo de infraestrutura de informação bem-sucedida foi descrito por HANSETH e LYYTINEN (2010), no qual eles analisaram o processo de evolução da Internet, destacando, entre outras características, as seguintes:

- Controle descentralizado. Seu controle é difundido entre comunidades diversas;
- É constituída de várias camadas fracamente acopladas, permitindo que as alterações em qualquer uma delas não comprometam o trabalho das outras;
- Sua estrutura permite a inclusão ou exclusão de componentes por um usuário, sem perturbar outros usuários;
- Tais componentes incluídos tanto pode ser um equipamento ou software, como pode ser uma nova comunidade de projetistas, um novo protocolo ou padrão;
- Essa natureza diversificada de componentes do item anterior faz com que ela evolua no limiar do caos.

BOWKER et al. (2010) comentam sobre a denominação de infraestruturas de larga-escala, intituladas também de ciberinfraestruturas. Ele argumenta que elas se distribuem por entre vastas comunidades, estando seu conceito relacionado à ideia de um bem público compartilhado, bem como a importância de sua sustentabilidade no decorrer do tempo. EDWARDS et al. (2013 apud MOTTA, 2014) enfatizam que as infraestruturas de informação também são chamadas de infraestrutura de conhecimento. De uma forma ou de outra, essas terminologias procuram cada vez mais expandir o escopo de abrangência da definição, procurando multiplicar a quantidade de elementos que possam se inter-relacionar, como um conjunto complexo de componentes auto-organizáveis.

2.2.1 Infraestrutura de Informação para telerradiologia

Com a crescente demanda por exames de imagens, a telerradiologia tem se tornado o principal meio para resolução de ocorrências relacionadas à interpretação e diagnóstico à distância, principalmente naquelas regiões que sofrem com falta de especialistas. Quando uma solução de telerradiologia é adotada por uma

comunidade, todo um conjunto de encargos é assumido entre usuários, organizações, fornecedores, etc. Com o transcorrer do tempo, há uma tendência natural de crescimento da infraestrutura constituída, devido, entre outras coisas, à demanda por novas necessidades. Assim, a direção da expansão e sua restrição são definidas pela comunidade envolvida. Com isso, ela pode crescer tanto pela adição de novos componentes técnicos – como a inclusão de novas estações de laudo – ou pela incorporação de elementos sociais, como a contratação de empresas terceirizadas, com o objetivo de agregar mais radiologistas a fim de satisfazer demandas para interpretação de exames, ou substituir profissionais.

Diferentemente de sistemas de entrega de estudos de imagens locais, como os PACS, cuja principal função é receber imagens, contendo informações textuais, de dispositivos locais em um tempo aceitável, para armazenamento e posterior distribuição, podendo ainda essas imagens estarem vinculadas a dados de pacientes através de um sistema de informação hospitalar (SIH) ou um de sistema de informação radiológica (SIR) (HUANG, 2010), a telerradiologia é mais rigorosa, porque trata da transmissão, visualização e diagnóstico de imagens, relacionadas com informações de pacientes via conexão remota, entre uma organização local e outros centros especializados, pelo qual compreende duas importantes condições: a confidencialidade das informações que trafegam pela infraestrutura e os protocolos que irão facultar a comunicação entre pontos geograficamente distantes (HUANG, 2010). A Tabela 1 mostra algumas diferenças entre os componentes encontrados nas infraestruturas de telerradiologia em comparação com redes baseadas nos PACS.

Tabela 1: Diferenças entre tecnologias para telerradiologia e PACS

Função	Telerradiologia	PACS
Captura de Imagem	Digitalização, DICOM	DICOM
Tecnologia de Vídeo	Similar	Similar
Rede	WAN	LAN
Armazenamento	Disco Rígido (Curto Prazo)	Tecnologias Diversas (Longo Prazo)
Compressão	SIM	Talvez

É necessário enfatizar a possibilidade de associar o PACS a outros hardware e software a fim de esboçar um modelo de telerradiologia. Contudo, como frisado anteriormente, outros meios para prática da telerradiologia tem sido utilizadas. Entretanto, ainda não se tem conhecimento de uma infraestrutura de informação para telerradiologia que lide com práticas radiológicas locais e globais de uma forma integrada, de modo a diminuir a fronteira que limita uma e outra.

A ausência de uma infraestrutura de informação para telerradiologia é mais bem percebida quando se contempla e se comprova a atenção e investimentos dados às práticas locais em prejuízo às globais e vice-versa. Assim, observa-se uma polarização que dificulta o surgimento de um espaço social como uma II para práticas radiológicas devido à tensão entre o local e o global (MOTTA, 2014) (Figura 2).

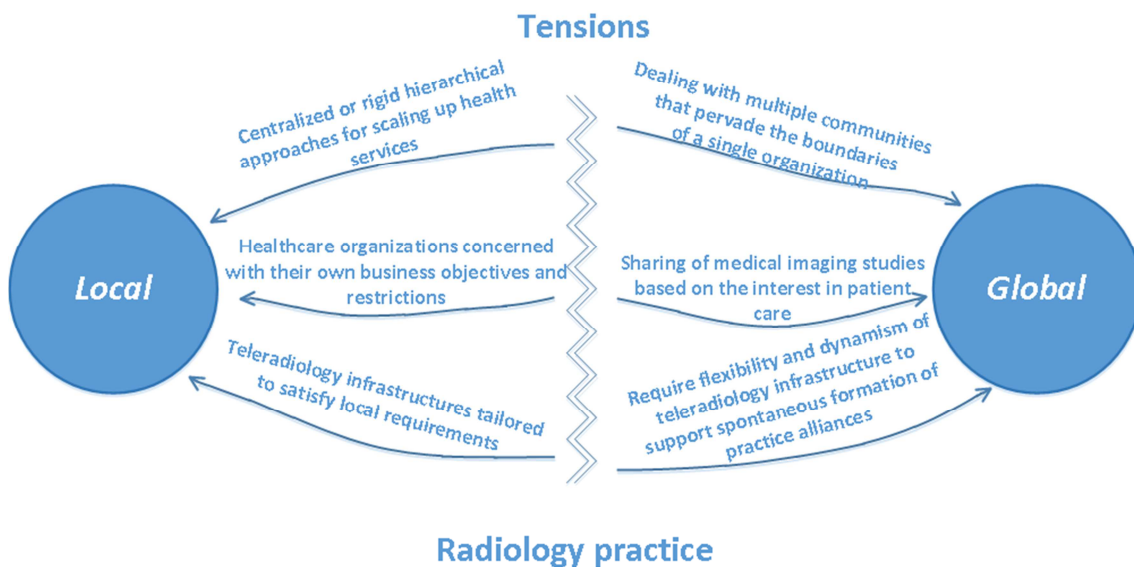


Figura 2: Polarização devido à tensão entre as demandas locais e globais para práticas radiológicas.
Fonte: MOTTA, 2014

Essa flexibilidade infraestrutural, que se origina essencialmente a partir da necessidade de cuidados com o paciente, pode demandar a formação espontânea e ágil de grupos de especialistas a fim de trocar opiniões sobre estudos. No entanto, não é o que ocorre nos modelos de infraestrutura para telerradiologia atuais.

MOTTA (2014) retrata a seguinte explicação sobre uma infraestrutura de informação para práticas radiológicas:

The information infrastructure for the practice of radiology means a social space of static and dynamic interactions where people, organizations and technical components are associated with activities and structures, forming a sociotechnical system. This social space may be a physical place, such as a radiologist's report room or a virtual space such as the radiology department, and it simultaneously offers material and immaterial support for social relations (LEFEBVRE, 2009).

MOTTA (2014) complementa:

[...]The immaterial support comprises business and clinical processes (activities) of the radiology department, organizational structure, roles and functions, IT and communication software (eg, PACS, RIS), among others. It is in this social space that people gather and interact with each other, with material and immaterial support. In addition, the social space for radiology practice is evolving and open.

Uma II para telerradiologia pressupõe a formação de um espaço sociotécnico, aberto, evolutivo, compartilhado, seguro e heterogêneo, instalado sobre uma base existente, com cuja inércia compete continuamente. Essa base traz consigo, simultaneamente, limitações e capacidades, além de permitir um rearranjo de seus elementos como parte de sua expansão e flexibilidade. MOTTA (2014) destaca que modelos atuais de infraestrutura de telerradiologia não se caracterizam como infraestruturas de informação para telerradiologia, dessa forma não atuam como um espaço social para práticas radiológicas. Ele aponta três modelos:

- *Night-hawking / On-call / Off-hour reading*: neste modelo, radiologistas, terceirizados ou não, ficam de plantão ou estão noutra localidade e se beneficiam de fuso horário oposto ao de funcionamento de uma organização, a fim de fazer interpretação dos estudos de imagens. Este modelo é útil principalmente quando há insuficiência de especialistas;
- PACS regional: este modelo talvez seja o mais frequente entre organizações. Nele um PACS local está conectado, via WAN, a outras organizações ou especialistas, de forma rígida e bem definida, permitindo assim conexões remotas;

- *Outsourcing* radiológico: esse modelo é evidenciado, principalmente, em locais no qual não há especialistas, assim, companhias são contratadas para prover serviços de interpretação de imagens, além de fornecer a infraestrutura necessária à telerradiologia.

Cada um desses modelos possui lacunas e dependências que dificultam a conciliação das práticas de trabalho locais e globais a fim de formar um espaço social para telerradiologia como uma infraestrutura de informação. MOTTA (2014) finalmente observa que as fronteiras entre as práticas radiológicas locais e globais desapareceriam à medida que a tensão entre elas diminuísse, contribuindo dessa forma para o compartilhamento de imagens e informações de pacientes, como um espaço global e expansível, aberto e flexível, revelando assim a radiologia social como uma infraestrutura de informação.

2.3 Sistemas Adaptativos Complexos (SAC)

Os sistemas adaptativos complexos são sistemas compostos de agentes heterogêneos e autônomos que se comunicam e reagem uns com os outros de acordo com seu próprio comportamento e em resposta ao meio em que estão (HOLLAND, 1995 apud HANSETH e LYYTINEN, 2010), possibilitando ainda agregar capacidades ilimitadas e concentrar experiência. A compreensão sobre os SAC parte da ciência da complexidade, que estuda a ordem que emerge nos sistemas, pela qual envolve adaptação, auto-organização e interação entre seus agentes, sendo os *feedbacks* positivos seus principais impulsionadores (HOLLAND, 1995 apud BENBYA e MCKELVEY, 2006). Nesse tipo de sistema, não existe um controle central, seu conjunto é guiado pelo comportamento de seus agentes autônomos em reação ao comportamento de outros agentes e ao ambiente pelo qual estão incluídos (BENBYA e MCKELVEY, 2006; HOLLAND, 1995 apud HANSETH e LYYTINEN, 2010). Assim, os SAC exploram sistemas que se adaptam e evoluem enquanto se auto-organizam (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Segundo BENBYA e MCKELVEY (2006) “Vários autores destacam o fato de que um sistema de informação pode ser visualizado como um sistema adaptativo complexo”. É fundamental salientar que tais sistemas perseguem sua própria

otimização e não somente sua auto-organização (BENBYA e MCKELVEY, 2006). Assim, HOLLAND (1995 apud BENBYA e MCKELVEY, 2006) definem SAC como:

“systems composed of interacting agents that respond to stimuli, and stimulus-response behavior that can be defined in terms of “simple rules”. Agents adapt by changing their rules as experience accumulates”.

Algumas características do SAC segundo BENBYA e MCKELVEY (2006) são as seguintes:

- Destaca-se a diversidade dos agentes, enfatizando que o desempenho deles está relacionado com os outros agentes, com o ambiente e com suas relações e preceitos que regulam seu comportamento;
- Cada agente carrega um conjunto de experiências cognitivas, denominado esquemas que, unido com esquemas compartilhados aumentam a possibilidade de aprendizado e evolução, portanto criando alternativas para resultados antecipados.

CILLIERS (1998 apud STURMBERG et al., 2013) também cita outras características:

- Interações entre agentes são não lineares;
- São abertos em relação ao sistema;
- Relações entre seus agentes são dispostos em diferentes níveis e induzem o comportamento de outros agentes em magnitudes diversas a partir de *feedback loops*;
- Possui propriedades emergentes, ou seja, suas relações e normas de interação definem seu comportamento, de modo que esse comportamento não é fruto do comportamento de um ou outro componente isoladamente;
- São dinâmicos.

PAINA e PETERS (2012) destacam outras características como o que é denominado por *path dependence* (Figura 3).

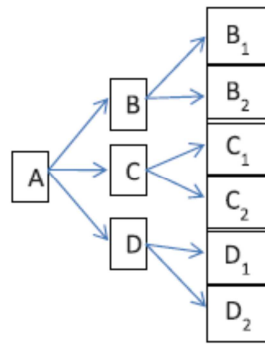


Figura 3: *Path Dependence*: acontece quando sistemas diferentes, mesmo inicializados no mesmo ponto, podem ter resultados diferentes no final.
Fonte: PAINA e PETERS, 2012

O *path dependence* pode ser visto como uma dependência de trajetória, pelo qual, sistemas diferentes, mesmo quando inicializados em um mesmo ponto ou no mesmo estado, sob as mesmas condições, podem conduzir a resultados diferentes e irreversíveis. Tais resultados são consequências de decisões passadas ou eventos ocorridos, e podem interferir e influenciar seu desenvolvimento e evolução. Outra importante tendência nos sistemas de saúde é que elas conduzem a *scale-free networks* (redes livres de escala) (Figura 4),

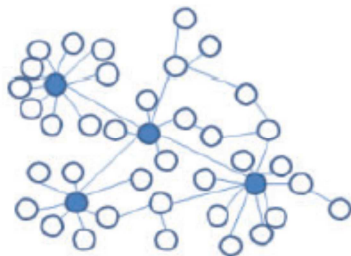


Figura 4: Redes livres de escala são caracterizadas por possuir poucos pontos focais e uma quantidade potencialmente ilimitada de conexões.
Fonte: PAINA e PETERS, 2012

Nas redes livres de escalas pode haver um número potencialmente ilimitado de conexões com poucos pontos focais (*hubs*). Esses vínculos que conectam uma grande quantidade de elementos permanecem estáveis mesmo quando sofrem alguma perturbação de algum de seus elementos constituintes (PAINA e PETERS, 2012).

Comportamento emergente (Figura 5) e *feedback* (Figura 6) também fazem parte do leque de características citadas por PAINA e PETERS (2012).

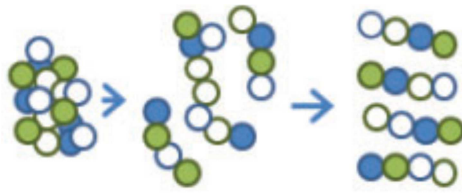


Figura 5: Comportamento emergente surge da união das atuações dos vários componentes de um sistema.

Fonte: PAINA e PETERS, 2012.

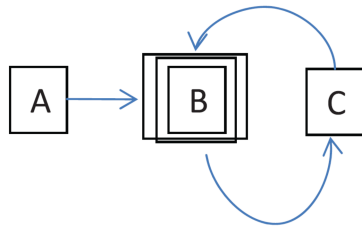


Figura 6: *Feedback* é visto como um processo de realimentação, ou seja, os resultados na saída do sistema são colocadas na entrada.

Fonte: PAINA and PETERS, 2012.

Segundo eles, *feedbacks* são parte de um processo de crescimento e estabilidade do próprio sistema, uma vez que *feedbacks* positivos realimentam o sistema aumentando a sua taxa de crescimento em direção a um extremo, em um procedimento de auto reforço, enquanto *feedbacks* negativos modulam a direção da mudança, tendo um efeito balanceador. HANSETH e LYYTINEN (2010) citam o fato de utilizar a base instalada como fonte de *feedbacks*, de modo que eles possam favorecer o surgimento de novas capacidades dentro da base, a partir de aprendizado e interações entre seus elementos, permitindo que a infraestrutura de informação evolua e revele novas capacidades. Comportamento emergente reflete a atuação dos elementos em um sistema que faz com que cada um deles, com seu comportamento particular, contribuam para o comportamento organizado de todo o conjunto, fruto de interações complexas entre os elementos constituintes (PAINA e PETERS, 2012).

Sistemas de saúde, em especial a telerradiologia, têm abrangido uma gama de elementos de naturezas diferenciadas e suas relações, que tem dificultado sua expansão e gerenciamento por processos convencionais. Uma alternativa, é tratá-los como um sistema complexo, segundo PAINA e PETERS (2012) e STURMBERG et al. (2013). Outro ponto importante é que um sistema que trabalha corretamente em uma organização, pode falhar ao ser transferido para outra. Portanto, os SAC podem ajudar a entender mais profundamente o comportamento dos sistemas de saúde, visto que tais sistemas não se acomodam dentro dos modelos tradicionais de planejamento e gerenciamento.

2.4 Teoria de Projeto para Complexidade Dinâmica

A teoria de projeto para complexidade dinâmica baseia-se nos SAC para derivar seus princípios e regras, direcionados à resolução da complexidade dinâmica envolvida no processo de adaptação e evolução das infraestruturas de informação. A proposta para teoria parte da premissa de que o avanço tecnológico e suas relações técnicas e sociais, a heterogeneidade de seus componentes, suas combinações e recombinações, aumentaram o leque de soluções mutáveis em tecnologia de informação e, conseqüentemente, na quantidade de associações. Por outro lado, a complexidade cresce à medida que são incorporados novos elementos ao sistema (HANSETH e LYYTINEN 2010). Desse modo, abordar tal complexidade envolve lidar com arquitetura, modularidade e padrões, nos quais o desafio é trazer o conhecimento adquirido aliado à experiência vivida, interpretando-os dentro de princípios sociotécnicos que ajudem na coordenação da complexidade, evolução e crescimento das infraestruturas de informação, desse modo permitindo a resolução da tensão entre o problema do *bootstrap* e o problema da adaptabilidade (HANSETH e LYYTINEN 2010).

HANSETH e LYYTINEN (2010) afirmam que a teoria de projeto engloba três elementos para mapear justificativas a perguntas de “como fazer”, relativas ao projeto:

- Um grupo de objetivos de projeto distribuídos por um conjunto de problemas de projeto;
- Um grupo de atributos de projeto que atendem aquelas metas;

- A reunião de princípios e regras de projeto para conduzir o projeto, de tal modo que um grupo de atributos é escolhido para cumprir com os objetivos do projeto.

Os sistemas adaptativos complexos são, portanto, empregados como a teoria núcleo (GREGOR e JONES, 2007) da TPCD com o objetivo de gerar seus princípios e regras. Cada um dos princípios foi instanciado em regras através do estudo da gênese da Internet. Dessa forma, HANSETH e LYYTINEN (2010) descrevem cinco princípios para lidar com a inicialização, crescimento e evolução da base instalada:

Princípios relativos ao problema do *bootstrap*:

- Projetar inicialmente para utilidade direta;
- Projetar sobre uma base instalada existente;
- Expandir a base instalada por táticas persuasivas.

Princípios relativos ao problema da adaptabilidade:

- Criar recursos de TI o mais simples possível;
- Modularizar a II.

2.4.1 O problema do *bootstrap*

O *bootstrap* (HANSETH e AANESTAD, 2003) refere-se a como provocar o interesse em uma base instalada, suscitando um atrator que sustente seu crescimento (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Um exemplo disso pode ser visto ao se examinar a rede social *Facebook*: lançada em 2004, ela limitava-se inicialmente ao campus da Universidade de Harvard e nesse mesmo ano atingiu outras tantas universidades espalhadas pelos Estados Unidos (MAYER e PULLER, 2007). Em 2008 o *Facebook* já contava com 80 milhões de usuários ativos (LEWIS et al., 2008). A facilidade de uso certamente foi uma das variáveis fundamentais para o crescimento dessa rede, seu principal atrator, visto que para participar dela era suficiente se inscrever utilizando um e-mail institucional do campus onde o usuário atuava como aluno, os estudantes cadastravam algumas informações como nome, sexo, foto, entre outros dados, dessa forma eles conseguiam compartilhar informações e se mantinham conectados (MAYER e PULLER, 2007).

Observam-se outros atratores que continuam a contribuir para a expansão do *Facebook*, como a possibilidade de interação em tempo real entre usuários e a possibilidade de vasculhar o perfil alheio. HANSETH e LYYTINEN (2010) lembram que os SAC postulam que os agentes do sistema, conduzidos por esses atratores, empurram todo o sistema a uma ordem emergente, alcançando muitas vezes resultados inesperados inicialmente. Em adição, devido aos efeitos da rede, conhecidos por *feedback loops*, o sistema tende a se estabilizar após certo período de crescimento.

Outro ponto importante na trajetória de crescimento do Facebook foi mencionado por BEVENUTO; ALMEIDA e SILVA (2011):

[...]se o Facebook fosse um país, este seria o terceiro país mais populoso do mundo, graças aos seus 500 milhões de usuários registrados[...]. [...]o Facebook realizou uma de suas maiores inovações: abriu sua plataforma para desenvolvedores de aplicações. Com esta inovação, desenvolvedores são capazes de criar diferentes tipos de aplicações [...]. O Facebook sozinho possui atualmente mais de 81,000 aplicações.

Percebe-se que a multiplicação de usuários no Facebook aconteceu inevitavelmente de um modo imprevisível, e que o valor da rede cresce conforme a adesão de mais e mais usuários e à medida que novas capacidades são associadas, como a possibilidade de uso em dispositivos diversos (não previstos originalmente). Esse nível de abertura, pela qual possibilitou que seus usuários pudessem incorporar seus aplicativos e jogos, tornou o *Facebook* ainda mais atrativo.

HANSETH e LYYTINEN (2010) confirmam que a credibilidade e o valor de uma base instalada são diretamente proporcionais a quantidade de usuários que aderem a ela, tornando a base interessante para investimentos e adição de novos recursos, e assim novos usuários se integram e contribuem para essa expansão, devido principalmente aos *feedbacks* positivos, desse modo também cooperando para o fortalecimento da base. Esse processo de afiliar mais usuários, consoante a trajetória de crescimento, é denominado de *the bandwagon moving* (efeito manada).

Contudo, ROSEMBERG (1976 apud DEDEHAYIR e MAKINEIF, 2008) descreve que “Em qualquer ponto ao longo da trajetória de evolução tecnológica residem desequilíbrios tecnológicos”, então, nesse processo de evolução, o sistema pode ser levado a resultados irreversíveis, denominado de efeito borboleta. Em

adição, o sistema também pode ser induzido a situações chamadas de *lock-ins*. Isso acontece quando um sistema em crescimento atinge um ponto em sua evolução pelo qual não consegue transpassar com facilidade, como o próprio nome sugere, ficará preso. SIMON (2001) exemplifica:

No final dos anos 80, a Bell Atlantic investiu 3 bilhões de dólares em *switches* comprados da AT&T para tornar digital seus serviços de telefonia. O problema é que estes *switches* possuíam um sistema operacional proprietário da AT&T. Sempre que a Bell Atlantic queria adicionar uma nova funcionalidade ao sistema, como o reconhecimento de chamadas *toll-free* começando com 888 ou discagem através de voz, ou adicionar um hardware periférico era necessário contratar junto à AT&T as modificações necessárias em seu sistema operacional. Como o custo de trocar toda infraestrutura de *switches* era muito alta, a Bell Atlantic viu-se em uma má situação de *lock-in*. Em 1995 a Atlantic Bell entrou na justiça alegando monopólio por parte da AT&T.

Outro fator hostil, relacionado ao *path dependence*, são as chamadas *technology traps* ou armadilhas tecnológicas. Elas são originadas a partir de decisões cegas ou mal tomadas em algum momento na trajetória de evolução do sistema. Como consequência, uma infraestrutura de informação pode ter seu crescimento confinado, resultando em salientes reversos (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Um exemplo histórico sobre salientes reversos é descrito por HUGHES (1983 apud DEDEHAYIR e MAKINEIF, 2008):

[...] Thomas Edison's direct-current electric system and its development towards the objective of supplying electricity within a defined region of distribution. Perhaps the most notable limitation of this system's growth was its low voltage transmission distance, dictated by the cost of distributing electricity beyond a certain range. To reduce costs, Edison introduced a three-wire system to replace the previously installed two-wire alternative, and trialed different configuration of generators as well as the usage of storage batteries. While these had a positive impact, they did not remove the reverse salient completely. Inevitably, the satisfactory resolution of the problem of costly transmission and distribution of low voltage electricity was provided by the radical invention of the alternating-current system.

2.4.2 O problema da adaptabilidade

Adaptabilidade e modularidade estão diretamente vinculadas. Quanto mais o sistema é aberto à variação de elementos, mais adaptável ele será. Portanto, um sistema mutável e modular que apresente conexões fracas entre seus elementos será mais adaptável às demandas de sua base instalada, resultando em um sistema estável e arranjado no limite do caos (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Como citado anteriormente, infraestruturas de informação se apresentam modular, sendo constituídas de componentes fracamente acoplados com funções compartilhadas,

decompostos em infraestruturas de aplicação e suporte, objetivando diminuir as dependências mais fortes entre eles (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Os *gateways* são elementos fundamentais para associar componentes inicialmente incompatíveis, pois fornecem uma estrutura capaz de integrar ambas as unidades heterogêneas. Um exemplo disso é citado por HANSETH e LYYTINEN (2010), que descreveu o DNS como um *gateway* que converte nomes Internet para endereços IP. Outro exemplo de *gateway* é o JDBC Driver (Figura 7):

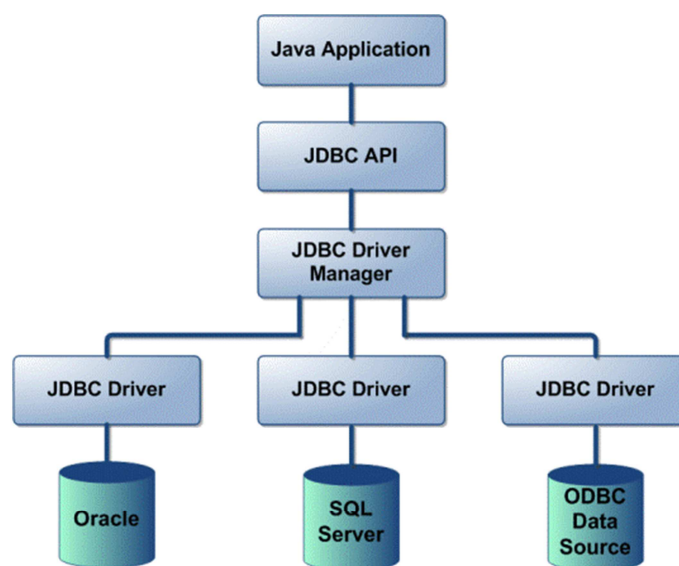


Figura 7: O driver JDBC permite a conexão com vários bancos de dados.

Fonte: <http://www.developersbook.com/jdbc/interview-questions/jdbc-interview-questions-faqs.php>

O JDBC Driver é utilizado para conectar aplicações JAVA que necessitem de acesso a um banco de dados independentemente do fabricante do banco de dados. No topo do organograma está a aplicação Java, logo abaixo o JDBC. Ele permite que a aplicação manipule o banco de dados independentemente de fabricante.

2.4.3 Princípios e Regras para resolução da Complexidade Dinâmica das II

A Tabela 2 detalha as 19 regras de projeto (RP), distribuídas por 5 princípios de projeto (PP), para resolução dos problemas do *bootstrap* e da adaptabilidade das infraestruturas de informação, segundo (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

2.4.3.1 Regras de projeto para o Princípio 1: **Projetar inicialmente para utilidade direta**

A fim de atrair usuários para povoar a base instalada, considera-se a necessidade de produzir recursos de TI que potencializem suas relações com a base. Para isso, uma pequena população de usuários precisa ser identificada e atraída (**RP1**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010), com a solução inicial oferecendo benefícios diretos e imediatos (**RP2**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010), devendo ser simples, barata e fácil de aprender (**RP3**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Aqui, é importante enfatizar dois pontos: 1) a importância dos primeiros usuários, em razão da existência de riscos; 2) perdas relacionadas aos investimentos iniciais. Destaca-se também que o termo simples refere-se à facilidade para adicionar e compatibilizar novos elementos junto à base. Em adição, o termo barato é estendido não somente ao projeto, mas também a custos de aprendizado pelo usuário (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Recomenda-se que recursos de TI suportando interações assimétricas (um-para-muitos) sejam implementados num primeiro momento, de modo que o crescimento seja promovido localmente, por exemplo, atraindo participantes da comunidade de uma organização (**RP4**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Isso porque os recursos de TI afetam a base de maneiras variadas; os modelos assimétricos de recursos são menos dependentes dos *feedbacks loops* e apresentam menor aversão a sua adoção (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

2.4.3.2 Regras de projeto para o Princípio 2: **Construir sobre a base instalada**

Para promover o uso da base instalada, recomenda-se inicialmente implementar os recursos de TI de modo a não requerer projetar e implementar novas infraestruturas de suporte (**RP5**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010), oferecendo os serviços com infraestruturas de transporte existentes (**RP6**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Isso porque compor novos recursos de TI pode exigir infraestruturas de suporte, o que pode levar a obstáculos de adoção e aprendizado (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Recursos associados com infraestruturas de serviços e aplicações que sejam separadas deverão ser conectados, quando

possível, através de *gateways* para aumentar as conexões entre comunidades isoladas de usuários (**RP7**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Ressalta-se que as infraestruturas de transporte são o alicerce para o desenvolvimento da infraestrutura de informação. Quando conectando novos recursos a infraestruturas de informação existentes, devem-se considerar as tendências na adoção de recursos de TI em infraestruturas vizinhas e capitalizar nos seus “efeitos de manada” (**RP8**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

2.4.3.3 Regras de projeto para o Princípio 3: Expandir a base instalada através de táticas persuasivas

Após estabelecer o primeiro atrator (a utilidade direta), o crescimento deve ser sustentado com a adição de tantos usuários quanto possível, aumentando seu valor de acordo com o crescimento de sua base (**RP9**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Recomenda-se a adição de novas funcionalidades apenas quando realmente necessárias, de modo que os novos níveis de adoção obtidos compensem custos extras de projeto e aprendizado (**RP10**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Deve-se considerar que funcionalidades novas e úteis emergem quando usuários começam a usar um recurso de TI de um modo não previsto, seja porque se aprende fazendo ou por reorganizar conexões entre comunidades de usuários e o recurso (**RP11**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Recomenda-se ainda a adoção de comunidades para lidar com interesses heterogêneos naturalmente existentes em uma grande base instalada de usuários, ao passo em que são úteis também para persuadi-los a continuar a participar da infraestrutura de informação, auxiliando na definição de novos recursos baseado em *feedback* e na observação de interações não previstas entre os atores (**RP12**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Tabela 2: Princípios e regras de projeto para o problema do Bootstrap (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Problema de Projeto	Elemento do SAC	Princípio de Projeto	Regra de Projeto (RP)
Bootstrap Objetivo de projeto: Gerar atratores que alavanquem o crescimento da base instalada	Criar um recurso de TI que possa se tornar um atrator para um sistema em crescimento.	1. Projetar inicialmente para utilidade direta;	RP1. Destinar recursos de TI para pequenos grupos; RP2. Criar recursos de TI diretamente úteis sem a base instalada; RP3. Criar recursos de TI simples para usar e implementar; RP4. Projetar recursos de TI de um para muitos em contraste a muitos para muitos;
	Evitar dependências com outros componentes de II que os distanciem dos atratores existentes; usar a base instalada para construir mais atratores aumentando os efeitos positivos da rede.	2. Construir sobre a base instalada;	RP5. Projetar recurso de TI de forma que não requeira projetar e implementar novas infraestruturas de suporte; RP6. Distribuir sobre infraestruturas de transporte existentes; RP7. Construir <i>gateways</i> para infraestruturas de aplicação e serviço existentes; RP8. Usar <i>Bandwagons</i> associados com outras II;
	Excluir atratores alternativos por táticas persuasivas; expandir o aprendizado nas comunidades de usuários de modo a aumentar os efeitos positivos da rede.	3. Expandir a base instalada por táticas persuasivas para ganhar momentum.	RP9 Usuários antes de funcionalidades – aumentar a base instalada sempre antes de adicionar novas funcionalidades; RP10. Melhorar qualquer recurso de TI dentro da II apenas quando necessário; RP11. Construir e alinhar incentivos tal que usuários tenham real motivação para usar recursos de TI da II de novas formas; RP12. Desenvolver comunidades de suporte e estratégias de governança flexíveis para feedback e aprendizado.

Tabela 3 Princípios e regras de projeto para o problema da adaptabilidade (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

Problema de Projeto	Elemento dos SAC	Princípio de Projeto	Regra de Projeto (RP)
Adaptabilidade Objetivo de Projeto: Construir o sistema para máxima adaptabilidade e geração de variedade, para evitar armadilhas tecnológicas.	Construir recursos que permitam o crescimento baseado em experiência e aprendizado;	4. Criar recursos de TI tão simples quanto possível;	RP13. Criar recursos de TI tão simples quanto possível, em termos de sua complexidade técnica e social, reduzindo conexões e custos de governança; RP14. Promover sobreposições parciais de funcionalidades de TI, em vez de incorporar todas elas em um só componente;
	Projetar recursos de TI e adaptações de forma que permita o crescimento da II; Utilizar estratégias para evolução da II que permitam alterações incrementais independentes em componentes separados; Basear-se em projetos de II que permitam a máxima variação de componentes diferentes de II	5. Modularizar a II.	RP15. Dividir a II recursivamente sempre como infraestruturas de transporte, suporte e aplicação; RP16. Utilizar gateways entre versões de padrões; RP17. Utilizar gateways entre camadas; RP18. Construir gateways entre infraestruturas; RP19. Desenvolver estratégias de transição em paralelo com gateways.

2.4.3.4 Regras de projeto para o Princípio 4: Criar e organizar recursos de TI simples

Recomenda-se usar princípios arquiteturais simples durante a fase inicial de projeto de recursos de TI, buscando limitar o escopo funcional das aplicações infraestruturais a um mínimo, de modo a manter infraestruturas relacionadas separadas, reduzindo a complexidade técnica das especificações, bem como a complexidade social em termos de governança (**RP13**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Observa-se que a complexidade de um sistema cresce à medida que há um aumento no número de componentes e relações, portanto, é mais fácil proporcionar alterações em conjuntos de recursos simples do que em uma associação de componentes complexos e suas ligações, além de reconhecer a importância do espaço do projeto, e que qualquer elemento poderá influenciar o comportamento da estrutura (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Deve-se promover apenas a sobreposição parcial de recursos de TI, evitando-se que uma única aplicação incorpore todas as funcionalidades, para favorecer o aumento da variância na composição de recursos, estimulando a inovação no uso da infraestrutura de informação (**RP14**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). É essencial observar as redes de atores envolvidos, tais como, práticas de uso, especificações, relações com outras infraestruturas, a diversidade de desenvolvedores, o papel das organizações, a variedade de usuários, órgãos reguladores, etc., bem como suas relações, que podem influenciar nas mudanças, e ainda, como essas mudanças serão realizadas (HANSETH e LYYTINEN, 2010).

2.4.3.5 Regras de projeto para o Princípio 5: Modularizar a Infraestrutura de Informação

Recomenda-se que a infraestrutura de informação seja organizada modularmente em subestruturas fracamente acopladas, decompostas recursivamente em aplicação, serviço e transporte (**RP15**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). A fim de obter um acoplamento fraco, deve-se utilizar *gateways* para conectar regiões de uma infraestrutura de informação que operem com diferentes versões de um mesmo recurso de TI (**RP16**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010), ou utilizá-los entre

diferentes camadas do recurso de TI, por exemplo, transporte ou serviço (**RP17**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010), ou entre várias infraestruturas de aplicação dedicadas (**RP18**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Por fim, devem ser considerados planos de transição entre recursos de TI incompatíveis (**RP19**) (HANSETH e LYYTINEN, 2010), por exemplo, para transição no uso de protocolos de comunicação incompatíveis entre si.

2.5 Considerações Finais

Existe uma gama de definições relacionadas aos SAC e muitos trabalhos ratificam tais conceitos, como o trabalho de LANSING (2003). A teoria dos sistemas adaptativos complexos é fundamental nesse contexto. Ela é utilizada como teoria núcleo para derivação dos princípios e regras de projeto, visto que os SAC ajudam a descrever a dinâmica associada aos problemas do *bootstrap* e da adaptabilidade (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Além disso, o entendimento do conceito de salientes reversos é de fundamental importância para se compreender os motivos que podem impedir a expansão de um sistema. Esse conjunto de definições são essenciais para os próximos capítulos: Metodologia e Estudos de caso. Os conceitos relacionados à teoria de projeto para complexidade dinâmica apresentados permitirão um melhor entendimento da análise dos casos estudados.

3. METODOLOGIA

Segundo YIN (2004), o estudo de caso é a forma recomendada para pesquisas em que se tem pouco ou nenhum controle sobre dados empíricos reais. Entretanto, as dificuldades desse tipo de pesquisa residem principalmente em torno das seguintes afirmativas: como definir os dados realmente importantes da pesquisa e o que fazer com esses dados após a coleta, além da dificuldade de estabelecer os critérios para a escolha dos dados. Por outro lado, determinar uma teoria é inevitável como parte da estratégia de coleta e análise de dados, a fim de testá-la e promover a generalização do ambiente averiguado.

3.1 A estratégia de estudo de caso como método de pesquisa

Realizar um estudo de caso é uma estratégia de pesquisa necessária quando se levantam questionamentos do tipo “como” e “por que”, nos quais o pesquisador tem pouco ou nenhum domínio sobre um caso, tendo como foco eventos contemporâneos introduzidos em algum contexto da vida real, além da necessidade de compreender fenômenos sociais complexos (YIN, 2004). O estudo de caso aplicado nesse trabalho se define como explanatório para múltiplos casos, no qual o objetivo é descrever explicações concorrentes para o mesmo conjunto de fenômenos (YIN, 2004), visando evidenciar como essas explicações poderiam ser aplicadas em outras situações. YIN (2004) afirma que “o estudo de caso é uma forma distintiva de investigação empírica”, assim, sendo ideal para abordar os fenômenos envolvidos na evolução dos sistemas de saúde. PLATT¹ (1992 apud YIN, 2004) enfatiza ainda que o estudo de caso começa com uma lógica de planejamento, isto é, “uma estratégia que deve ser priorizada quando as circunstâncias e os problemas de pesquisa são apropriados, em vez de um comprometimento ideológico que deve ser seguido, não importando quais sejam as circunstâncias”.

A lógica de planejamento envolve uma característica técnica importante, o escopo do estudo de caso, que compreende dois aspectos: o primeiro, relacionado ao fato do estudo de caso ser uma investigação empírica, e o segundo, relacionado à necessidade de ocorrer a investigação do caso (YIN, 2004). A primeira afirmativa

¹ Platt, J. Cases of cases ... of cases. In C. C. Ragin & H. S. Becker (Eds:), What is a case? Exploring the foundations of social inquiry (pp. 21-52). New York: Cambridge University Press. Pressman, J. L., & Wildavsky, A. (1973). Implementation: How great expectations in Washington are dashed in Oakland. Berkeley : University of California Press.1992

trata da investigação do fenômeno no contexto da vida real, particularmente quando os limites entre o contexto e o fenômeno são tênues. A segunda lida com a grande quantidade de variáveis, inclusive superiores às fontes de dados, resultando no embasamento por várias fontes de evidências, e ainda na coleta e análise de dados como benefício do desenvolvimento das proposições teóricas descritas inicialmente (YIN, 2004). Portanto o estudo de caso, como outras estratégias de pesquisa, representa uma maneira de se investigar um tópico empírico seguindo-se um conjunto de procedimentos pré-especificados (YIN, 2004).

YIN (2004) destaca ainda que “para os estudos de caso, o desenvolvimento de uma teoria como parte da fase de projeto é essencial, caso o propósito decorrente do estudo de caso seja determinar ou testar a teoria.” e ainda:

o objetivo elementar é possuir um esquema completo o suficiente de seu estudo, e isso exige proposições teóricas. Assim, o projeto completo de pesquisa fornecerá uma direção surpreendentemente forte ao determinar quais dados devem ser coletados e as estratégias de análise desses dados. Por essa razão, é essencial que se desenvolva uma teoria antes que se faça a coleta de dados para qualquer estudo de caso. [...] No entanto, desenvolver uma teoria leva muito tempo e pode ser muito difícil (Eisenhardt, 1989). Para alguns tópicos, os trabalhos existentes podem oferecer uma rica estrutura teórica para projetar um estudo de caso específico.

Os estudos de caso aplicados nessa pesquisa visam uma compreensão epistemológica das razões pelas quais ainda não é possível observar uma infraestrutura de informação para telerradiologia. Desse modo, para alcançar tal objetivo, torna-se necessário investigar descrições empíricas relacionadas à telerradiologia, incorrendo em uma interpretação da realidade.

Para tal, procedeu-se inicialmente a escolha de uma teoria que conseguisse extrair conhecimento a partir da exploração dos estudos de caso. Isto é, deve-se ser capaz de interpretar os casos com a teoria escolhida levando em consideração a dinâmica das infraestruturas envolvidas nos sistemas de saúde, buscando identificar características comuns, únicas ou em alguma fase ainda rudimentar. Para entender os modelos de telerradiologia empregados nos estudos de caso, a teoria aplicada deveria ainda ser capaz de promover o mapeamento de problemas infraestruturais para soluções que permitissem sua adaptação e sustentabilidade.

Dessa forma, foi selecionada a teoria de projeto para complexidade dinâmica em infraestrutura de informação (seção 2.4). Ela é constituída de princípios e regras que ajudam a interpretar os estudos de caso, auxiliando na tradução de descrições

empíricas em favor da evolução das infraestruturas de informação. Esse modelo de infraestrutura por outro lado, oferece características relevantes à evolução, expansão e adaptação, respeitando os limites infraestruturais das organizações envolvidas, permitindo reorganização e recombinação de elementos, visando flexibilidade e crescimento, além de facultar a composição de grupos de cooperação de formas não previstas inicialmente. Em virtude disso, tal teoria infraestrutural foi selecionada como adequada para telerradiologia.

A teoria adotada e o modelo de infraestrutura são parte de um conjunto de conceitos, selecionados com a intenção de extrair conhecimento dos estudos de caso, e ainda criticá-los, a fim de atingir os resultados e objetivos previstos. Essa fundamentação tornou-se necessária à medida que houve um aprofundamento na análise dos casos, buscando resgatar as experiências e expectativas envolvidas; as práticas locais; o ciclo de projeto, construção, manutenção e evolução; o comportamento da infraestrutura em reação às falhas, demandas e adaptações; além das relações entre os diversos elementos constituintes dessas descrições, de modo a revelar os aspectos ausentes ou incipientes que dificultam a distribuição de estudos de imagens médicas entre parceiros arbitrários.

Segundo MILES e HUBERMAN² (1994 apud CESAR 2005), “(...) um caso pode ser definido como um fenômeno ocorrendo em um dado contexto”, além disso, STAKE³ et al (2001 apud CESAR, 2005) descrevem:

“O caso é uma unidade de análise, que pode ser um indivíduo, o papel desempenhado por um indivíduo ou uma organização, um pequeno grupo, uma comunidade ou até mesmo uma nação. Todos esses tipos de caso são unidades sociais. Entretanto, casos também podem ser definidos temporariamente (eventos que ocorreram num dado período), ou espacialmente (o estudo de um fenômeno que ocorre num dado local). Portanto, um caso pode ser um fenômeno simples ou complexo, mas para ser considerado caso ele precisa ser específico. ”

Decidiu-se pela realização de estudos de caso porque eles contribuem para exploração de fenômenos no contexto social e técnico da telerradiologia, tais quais componentes tecnológicos, padrões, práticas de trabalho, departamentos de radiologia, hospitais, órgãos de governança, empresas na área de imagens médicas, comunidades, dentre outros. São, portanto, analisados não pela incidência de certos

² MILES, M B; HUBERMAN, A M; Qualitative data analysis. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc. 1994.

³ STAKE, R E. The case study method in social inquiry. In DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. The American tradition in qualitative research. Vol. II. Thousand Oaks, California: Sage Publications. 2001.

fenômenos, mas no interesse do caso em relação ao fenômeno sob estudo e às variáveis potencialmente relevantes (CESAR, 2005), que conduzem à possibilidade da extração de conhecimento a partir de dados empíricos, consequentemente, criando perspectivas para sua aplicação na evolução das infraestruturas de informação.

Enfim, para observar se de fato as soluções analisadas nos estudos de caso estão evoluindo para formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia, foi adotada a teoria de projeto para complexidade dinâmica em infraestrutura de informação, como base referencial no desenvolvimento do trabalho. Para isso, foi necessário um estudo sobre essas soluções observando-as e identificando em cada uma delas as lacunas que não foram preenchidas à luz da teoria, ou seja, a teoria de projeto foi usada não para guiar a construção de um sistema, mas para explicar *post hoc* em que medida os processos de construção empregados nos casos estudados seguiram ou não os seus princípios e regras. A ideia é usar os resultados da investigação para melhor entender as lacunas, salientes reversos e desvios relativos à teoria a fim de avançar o conhecimento em direção à telerradiologia como uma infraestrutura de informação.

3.2 Critérios para escolha dos casos para estudo

A fim de realizar os estudos de caso, é indispensável estabelecer os critérios de escolha dos casos com o propósito de obter as informações empíricas relevantes. Um caso a ser selecionado nessa pesquisa foi aquele que efetivamente pôde ser experimentado em uma ou múltiplas comunidades, com ou sem sucesso, e que, além disso, tenha possibilitado a discussão em torno dos componentes envolvidos e dos fenômenos emergentes, algumas vezes pouco conhecidos, tanto sociais como técnicos, de forma a poder propiciar sua generalização/replicação por entre outras comunidades. Foram utilizados os seguintes critérios para seleção dos casos:

- Aqueles cujas soluções para telerradiologia tivessem sido implementadas em alguma comunidade ou região, ou seja, os casos de telerradiologia mais representativos;
- Aqueles cujos documentos coletados tivessem informações suficientes, de modo a permitir a realização do estudo;

- Aqueles que oferecessem soluções com possibilidade de generalização/replicação.

Portanto, atingir o objetivo deste trabalho envolveu as seguintes atividades:

- 1) A definição da teoria que seria utilizada para análise dos dados empíricos;
- 2) O estabelecimento dos critérios de seleção dos casos para estudo;
- 3) A seleção dos casos para estudo com base nos critérios definidos;
- 4) A identificação das respectivas fontes de dados empíricos;
- 5) A coleta e análise dos documentos e outras informações para realizar o estudo dos casos selecionados;
- 6) A criação de uma escala de referência de satisfação das regras de projeto;
- 7) A interpretação das fontes, segundo os princípios e regras da teoria de projeto para complexidade dinâmica.

3.3 Coleta de documentos

Definidos os critérios para escolha, documentos foram pesquisados e coletados, uma vez que eles são as principais fontes de dados para os casos. Segundo YIN (2004) existem seis fontes distintas para evidenciar estudos de caso: documentos, registros em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Assim, foram pesquisados artigos científicos, relatórios técnicos, além de documentos de padrão, em várias bases e portais de pesquisa como o Google Acadêmico, Periódicos CAPES, Portal de Periódicos Científicos da Universidade Federal da Paraíba e, diretamente nas seguintes bases de dados: *Elsevier*, *Springer*, *European Journal of Radiology*, *ACM Digital Library*, *Journal of the Association for Information Systems*, *European Radiology*, *Journal of Health Informatics*, LILACS, IEEE, PubMed, entre outros. Utilizaram-se as seguintes palavras-chave em inglês: *Teleradiology*, *DICOM*, *Information Infrastructure*, *Design Theory*, *Dynamic Complexity*, *Case Study in Teleradiology*, *Information Infrastructure in Teleradiology*, *PACS*, *DICOM and Teleradiology*; e em português: *Teleradiologia*, *Teleradiologia no Brasil*, *Infraestrutura de Informação*, *Teoria de Projeto*, *Complexidade Dinâmica*, *Estudo de Caso em Teleradiologia*, *Sistemas de Compartilhamento de Imagens Médicas*. Também foram realizadas consultas a *websites* dos projetos e entrevista com autores, em alguns dos casos analisados.

Durante a pesquisa, a atividade de leitura, no mínimo dos resumos e métodos, tornou-se uma tarefa fundamental para a pré-seleção dos documentos, não importando a origem do artigo ou a quantidade de autores envolvidos. Essa tarefa tornou possível a filtragem de casos considerados promissores em termos de expansão e abrangência, levando em consideração ainda sua maturidade, relativa principalmente ao tempo de existência. Assim, os artigos que evidenciavam a aplicação de um modelo de telerradiologia em alguma comunidade foram identificados como aptos à etapa de análise de acordo com a TPCD em II, ficando de fora, portanto, as soluções que se limitavam a experiências em laboratório ou limitadas à duração de um projeto.

3.4 Escala de referência

A criação de uma escala de referência é útil para indicar o nível de satisfação relativa à interpretação das regras de projeto no estudo de caso em questão. A escala adotada permite uma representação gráfica da distribuição das instâncias das regras de projeto em cada caso. Um histograma é um tipo de gráfico que permite tal representação, visto que ele torna possível a visualização da frequência das incidências das regras para cada descrição. É importante ressaltar que a escala objetiva unicamente uma melhor representação da satisfação às regras. Essa escala foi dividida em cinco partes, selecionadas de acordo com o nível de satisfação avaliado para cada uma das regras de projeto da TPCD no estudo de caso analisado:

- **Fortemente evidenciada** (+++): acontece quando a regra de projeto da TPCD é facilmente observada. A instância da regra presente no caso satisfaz sem ressalvas a regra de projeto;
- **Evidenciada** (++) : acontece quando a regra de projeto é observada, mas a instância da regra de projeto no caso é satisfeita com ressalvas;
- **Fracamente evidenciada** (+): acontece quando a regra foi observada de forma mais frágil, com evidência fraca de satisfação;
- **Contraditória** (–): acontece quando existe alguma ocorrência de fatores que atuam contrariamente ao que foi proposto pela regra de projeto analisada;
- **Não evidenciada** (NE): acontece quando nenhuma instância da regra de projeto da TPCD pôde ser observada;

3.5 Considerações finais

Dessa forma, é importante destacar os três casos selecionados: o primeiro, que trata do DICOM e-mail na Alemanha, usa o protocolo DICOM e-mail como pilar para a distribuição de estudos de imagens médicas naquele país, permitindo a expansão da telerradiologia através do e-mail; o segundo trata de uma tentativa de expandir os serviços de distribuição de imagens médicas pelo Reino Unido visando melhorar os cuidados com os pacientes através da terceirização de serviços PACS aliado a mecanismos predefinidos para acesso remoto; e por último, o caso da Rede Catarinense de Telemedicina no Brasil, escolhido porque propõe uma telerradiologia leve, isto é, possibilita que especialistas acessem estudos de imagens médicas diretamente via *Web*, estando ainda em ampla evolução. Ressalta-se também a possibilidade da existência de outros casos que poderiam ser tão importantes quanto os casos aqui citados, mas que não foram incluídos, sugerindo uma pesquisa mais exaustiva para ampliação dessa busca. Finalmente, esses casos foram selecionados não apenas por preencherem os critérios estabelecidos, mas por serem infraestruturas maduras, e assim, possibilitar a investigação de soluções para telerradiologia que possam ajudar na construção de futuras infraestruturas visando uma evolução heterogênea e modular.

O capítulo 4 traz uma descrição detalhada dos estudos de caso separadamente. Em cada um deles os princípios de projeto (PP) são utilizados como ferramentas de busca das características de uma infraestrutura de informação para teleradiologia.

4. ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo apresentamos três estudos de caso, selecionados de acordo com os critérios descritos no capítulo 3: o DICOM e-mail na Alemanha (seção 4.1), que mostra a expansão de redes de telerradiologia tendo o e-mail como mecanismo de transporte de estudos de imagens médicas; o caso da implantação do PACS pelo Reino Unido (seção 4.2), que resultou em diversos PACS regionais; e o caso da Rede Catarinense de Telemedicina, no Brasil (seção 4.3), que utiliza *bridges* para conectar instituições a um portal web para distribuição de imagens e informação de pacientes.

O desenvolvimento relatado nos casos visa atender problemáticas comuns na telerradiologia, cada um deles se baseando em tecnologias selecionadas no início de seus projetos. O desenvolvimento observado em cada caso foi interpretado segundo as regras de projeto da TPCD, sendo atribuído a cada regra um dos níveis da escala de referência, de acordo com o nível de satisfação das regras de projeto testadas. Os casos estudados estão organizados da seguinte forma: há uma descrição de cada caso, seguida pelos resultados, isto é, o nível de evidência identificado a partir da interpretação do caso utilizando as regras de projeto, finalizada com a discussão dos resultados.

4.1 Estudo de caso: DICOM e-mail na Alemanha

O caso do DICOM e-mail na Alemanha (WEISSER et al., 2007) é um exemplo de infraestrutura para telerradiologia construída sobre uma base instalada, a infraestrutura de e-mail da Internet. Essa infraestrutura mostra que é possível construir uma solução que consiga ser aberta para receber tantos componentes quantos sejam possíveis, em princípio, independentes uns dos outros. Assim sendo, o caso mostra a disposição de um grupo de entidades e profissionais diversos no intuito de melhorar os serviços de distribuição de imagens naquele país através de uma interoperabilidade ampla e simples.

4.1.1 Descrição

A dificuldade para desenvolver a telerradiologia na Alemanha devido à falta de um padrão de interoperabilidade entre organizações e profissionais de saúde motivou a decisão de usar a infraestrutura de e-mail disponível na Internet como solução para transmissão de imagens médicas no país (WEISSER et al., 2006). Tal decisão foi tomada pelo Grupo de Trabalho em TI da Sociedade Alemã de Radiologia (@GIT), no período de setembro de 2003 a março de 2005, inicialmente com participantes de três hospitais universitários, um centro nacional de pesquisa, quatro companhias do setor privado e o órgão responsável pelo controle de qualidade em radiologia do estado de Hesse (ENGELMANN et al., 2005).

Neste período, o @GIT buscava uma solução não proprietária que pudesse ser integrada a uma organização de saúde sem alterar significativamente seu fluxo de trabalho radiológico, arquitetura de *firewalls* e políticas locais de segurança, sendo ainda capaz de estabelecer conexões *ad hoc* (i.e., com parceiros arbitrários) com nenhuma ou com um mínimo de mudanças em configurações locais (ENGELMANN et al., 2005).

Assim, em novembro de 2003, após discutir várias opções tecnológicas (e.g., e-mail, SSH, SFTP, TLS, VPN), o @GIT escolheu o protocolo de e-mail como ideal para atender os requisitos estabelecidos, sendo iniciada a definição da recomendação do protocolo DICOM e-mail como padrão, atualmente na versão 1.7 (WORKING GROUP ON INFORMATION TECHNOLOGY OF THE GERMAN RADIOLOGY SOCIETY, 2013), concomitantemente à realização das primeiras avaliações práticas.

O DICOM e-mail usa o e-mail como mecanismo de transporte para transferir estudos de imagens médicas como objetos anexados registrados conforme o padrão DICOM MIME type (DICOM *supplement* 54, 2002) para anexos de e-mail, com criptografia e assinatura digital segundo o protocolo não proprietário OpenPGP (<http://www.openpgp.org>), a fim de cumprir os requisitos de segurança para telerradiologia no país. Para cumprir com essas transferências, a rede conta com um *gateway* (Figura 8) utilizado para mapear contas de e-mail para um *Application Entity Title*, que atualmente é fornecido por uma empresa privada. Outras razões para sua

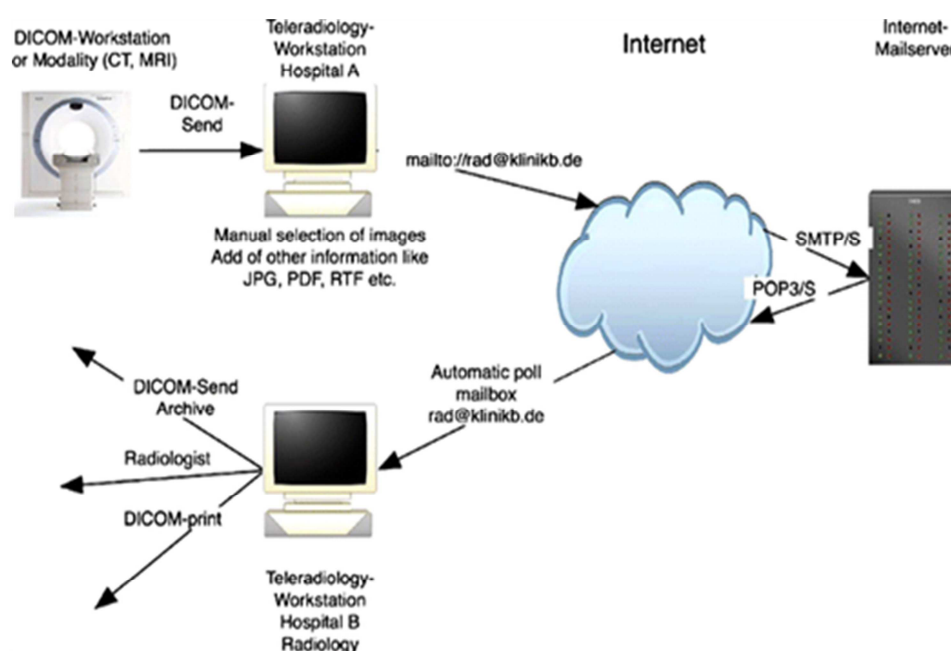


Figura 8: Os dois tipos de gateways para integração do DICOM e-mail com PACS e sem PACS.
Fonte: Weisser et al., 2007.

adoção foram disponibilidade, simplicidade, compatibilidade com padrões de segurança, sendo ainda um padrão legado, internacional e aberto.

O processo de definição do protocolo DICOM e-mail contou com o suporte de oito companhias e obteve três implementações de código aberto ao longo do ano de 2004, utilizadas na implantação de uma rede de telerradiologia na região do triângulo Rhein-Neckar (<http://www.teleradiologie-rnd.de>) (Figura 9). Em 2005, esta rede contava com 50 hospitais, tendo crescido para 60 hospitais em 2006 (WEISSER et al., 2006; WEISSER et al., 2007) e hoje, segundo consulta realizada ao pesquisador principal do @GIT (informação pessoal)⁴, conta com mais de 70

⁴ Weisser, G. **Teleradiology gateways**. Mensagem recebida de gerard.weisser@umm.de em 14/10/14.

hospitais e 40 outros parceiros na região, incluindo médicos privados de especialidades diversas, uma prisão estadual e seus médicos.

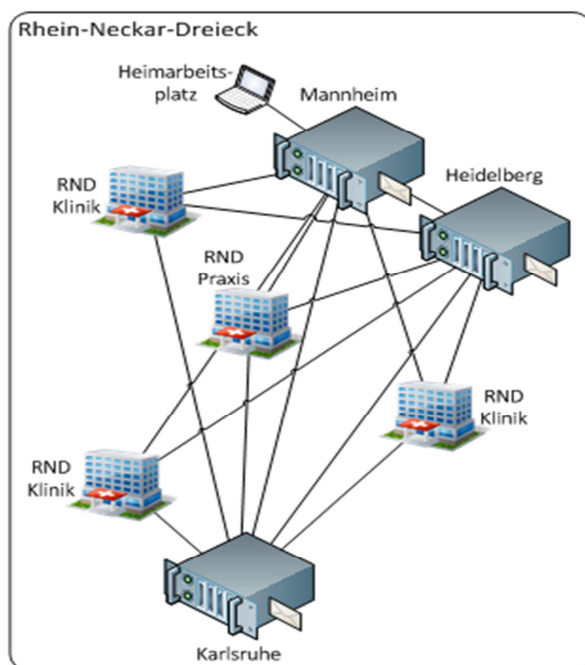


Figura 9: Rede DICOM e-mail Rhein-Neckar-Dreieck na Alemanha
Fonte: Weisser, G., et. Al, 2007

Em 2013, o centro médico da universidade de Mannheim recebeu mais de 6.000 estudos de imagem e cerca de 3.700 estudos foram enviados para 36 parceiros na rede. Ao todo, mais de 2.500.000 imagens foram enviadas ou recebidas por esta instituição.

O pesquisador ainda destaca outra grande rede de telerradiologia baseada no DICOM e-mail na região do Vale do Ruhr, contando com 152 participantes, dentre estes, 60 hospitais, sendo explorada por uma empresa privada (<http://www.medecon-telemedizin.de>). Em adição, afirma haver outras redes menores de telerradiologia baseadas no DICOM e-mail, mas ressalta que a maioria das redes regionais na Alemanha ainda utiliza técnicas proprietárias, baseadas em VPN e *web servers*. Relata que o processo de padronização ainda está em andamento, estando prevista uma versão 2.0 da recomendação do DICOM e-mail, a ser submetida como proposta para o IHE (<http://www.ihe.net>). Por fim, menciona que as implementações de referência do DICOM e-mail são de código aberto, estando

listadas na plataforma aberta para software de código aberto do Centro Médico da Universidade de Mannheim (<http://www.opossumm.de/>).

4.1.2 Resultados – Princípios de projeto evidenciados, não evidenciados e contraditórios.

As subseções a seguir trazem a interpretação das fontes de dados do caso estudado segundo os princípios de projeto (PP) e regras de projeto (RP) da teoria de projeto para complexidade dinâmica em II, com sumário dos resultados apresentados na Tabela 4.

PP1: projetar inicialmente para oferecer utilidade direta – No seu começo em 2003, a iniciativa de padronizar a telerradiologia na Alemanha atraiu um grupo pequeno e diversificado de participantes: três hospitais universitários, um centro de pesquisa, quatro companhias privadas e um órgão estatal (**RP1**).

Em 2004, uma versão básica do protocolo DICOM e-mail pôde ser avaliada, oferecendo o benefício imediato de se poder transferir entre instituições, via e-mail, objetos DICOM bem como dados clínicos não DICOM, por exemplo, presentes em arquivos PDF, todos criptografados e assinados (WEISSER, 2006; WEISSER, 2007) (**RP2**). Isto foi possível porque se utilizou a infraestrutura de e-mail existente nos participantes, com custos de implantação já amortizados, fácil de operar e manter, sendo um serviço familiar aos usuários (**RP3**). Durante a fase inicial de seu desenvolvimento, nos anos de 2004 e 2005, o número de participantes cresceu para 50, formando uma rede de telerradiologia liderada pelo Instituto de Radiologia Clínica da Universidade de Mannheim, na região do triângulo Rhein-Neckar (WEISSER, 2006), oferecendo serviços de consultas de emergência, consultas com especialistas, cooperação científica, distribuição das imagens e laudos, etc. (WEISSER, 2007). A escolha do e-mail como infraestrutura de transporte possibilitou a adoção do DICOM e-mail de forma independente pelos usuários (**RP4**).

PP2: construir sobre a base instalada – Desenvolver o DICOM e-mail não implicou inicialmente no projeto e implementação de novas infraestruturas de suporte, já que se usou a infraestrutura de suporte existente para o serviço de e-mail das instituições parceiras (**RP5**), serviço este utilizado como infraestrutura de transporte pelo serviço transmissão de imagens médicas provido pelo DICOM e-mail

(**RP6**). Dois tipos de *gateways* foram construídos para integrar o DICOM e-mail com infraestruturas de serviços e aplicações nos seguintes cenários das instituições parceiras: sem PACS, PACS e/ou estações DICOM de diferentes fornecedores, todos com equipamentos de imagem compatíveis com DICOM (WEISSER, 2007)

(**RP7**). No primeiro tipo, uma estação de trabalho radiológica recebe objetos DICOM do equipamento de imagem, o usuário manualmente seleciona aqueles de interesse para transmissão, adiciona outras informações que julgar necessárias e define o destinatário remoto (e-mail). O *gateway* então converte as imagens e demais informações e as transmite segundo o protocolo do DICOM e-mail usando a infraestrutura de e-mail como transporte. A recepção de imagens na estação é realizada automaticamente pelo *gateway*, que monitora a caixa de e-mail, descriptografa dados, verifica assinaturas, baixa anexos e armazena localmente os dados recebidos (WEISSER, 2007).

O segundo *gateway* permite, de forma transparente e automática, enviar ou receber um objeto DICOM entre PACS ou estações DICOM situadas em domínios distintos (e.g., hospitais). Para envio, o *gateway* atua como um dispositivo DICOM *send*, mas que mapeia o *Called Application Entity Title (CalledAET)* do dispositivo de rede DICOM para um e-mail destinatário, com a subsequente conversão e transmissão do objeto DICOM conforme o protocolo DICOM e-mail. Para recepção, o *gateway* monitora a caixa de e-mail, converte do DICOM e-mail para objetos DICOM e os encaminha para uma estação de trabalho de um usuário específico, para o PACS ou para ambos (WEISSER, 2007). Soluções de software completas com estas funcionalidades estão disponíveis em código aberto e em implementações comerciais (WEISSER, 2007). A decisão de usar o e-mail como infraestrutura de transporte considerou, dentre outros motivos, a sua quase que universal presença e uso por potenciais parceiros, capitalizando para DICOM e-mail o grande poder de conectividade do e-mail (**RP8**).

(+++) **Fortemente Evidenciada** (++) **Evidenciada** (+) **Fracamente Evidenciada** (NE) **Não Evidenciada** (–) **Contraditória**

(+++)**Fortemente Evidenciada** (++)**Evidenciada** (+)**Fracamente Evidenciada** (NE)**Não Evidenciada** (–)**Contraditória**

Continuação Tabela 4: Interpretação das regras relativa aos problemas do bootstrap e da adaptabilidade para o estudo de caso do DICOM e-mail na Alemanha.

Princípio de Projeto	Regra de Projeto	Nível de Satisfação	Evidência
5. Modularizar a II (ADAPTABILIDADE)	RP15.	++	A infraestrutura provida pelo DICOM e-mail foi composta numa arquitetura modular com acoplamento forte entre as camadas de aplicação (e.g., estação de trabalho radiológica) e serviços (DICOM e-mail) – forte em virtude da exigência de instalação de softwares visualizadores de imagens nas estações de laudo, isto é, para o especialista laudar, há a obrigatoriedade de instalação de softwares específicos para isso, em oposição a possibilidade de visualização diretamente em um ambiente livre de exigências com softwares quaisquer que possam suportar esse propósito (e.g. navegadores web); e acoplamento fraco entre serviços (DICOM e-mail) e transporte (e-mail).
	RP16.	NE	Não foi evidenciado uso de gateways entre versões de um mesmo padrão.
	RP17.	++	Pode-se observar que o DICOM e-mail, na arquitetura modular em que se insere, atua como um <i>gateway</i> entre as camadas de aplicação e transporte.
	RP18.	+++	Há o relato da conexão da rede de telerradiologia do triângulo Rhein-Neckar com uma outra rede de telerradiologia, que emprega tecnologia de VPN em sua infraestrutura para integrar seis hospitais distritais e um hospital universitário (WEISSER, 2007). Neste caso, um simples <i>gateway</i> DICOM e-mail para DICOM, situado no hospital universitário, foi suficiente para rotear em ambas as direções o tráfego entre parceiros na rede do triângulo Rhein-Neckar com os hospitais participantes da VPN.
	RP19.	NE	Não foram identificados nos artigos planos de transição entre recursos de TI incompatíveis.

(+++)
(++) Fortemente Evidenciada
(+) Evidenciada
(+) Fracamente Evidenciada
(NE) Não Evidenciada
(–) Contraditória

PP3: expandir a base instalada com táticas persuasivas – O atrator inicial para o DICOM e-mail, a facilidade para enviar e receber com segurança estudos de imagens médicas além dos domínios de uma organização de saúde, foi capaz de atrair em 2004 uma base de pouco mais de uma dezena de parceiros no uso do serviço, que teve um crescimento sustentado nos anos subsequentes, passando para 50 parceiros em 2005, 60 em 2006, contando hoje com mais de 250 usuários, dos quais 130 são hospitais, agrupados em sua maioria em torno de duas redes principais de telerradiologia: a do triângulo Rhein-Neckar e a do Vale do Ruhr (**RP9**). A partir da análise da evolução da recomendação do padrão DICOM e-mail, versões 1.1r (maio de 2004), 1.5 (dezembro de 2005), 1.6 (junho de 2010) e 1.7 (julho de 2013) (<http://www.agit.drg.de/de-DE/1334/downloads>), pode-se observar que novas funcionalidades foram sendo introduzidas para atender demandas da comunidade de usuários, sem comprometer as existentes. Por exemplo, a versão 1.5 introduziu mecanismos de confirmação de recebimento de e-mail, não providos pelo protocolo de e-mail, a versão 1.6 introduziu suporte a tarefas administrativas e testes de qualidade e a versão 1.7 estendeu o repertório de tarefas administrativas. Em paralelo, implementações do DICOM e-mail com suporte as novas funcionalidades passaram a ser disponibilizadas, contribuindo para permanência dos parceiros atuais ao mesmo tempo em que gerava valor suficiente para adição de novos usuários, num processo de realimentação positiva (**RP10**). A empresa que explora a rede de telerradiologia no Vale do Ruhr oferece variadas aplicações baseadas no DICOM e-mail, como a possibilidade de unir diferentes participantes a redes profissionais de especialistas, por exemplo, em acidentes vasculares cerebrais ou em trauma, ou no trabalho de interpretação de imagens em casa, dentre outros cenários (<http://www.medecon-telemedizin.de>) não previstos inicialmente (**RP11**). Centros de pesquisa, universidades, empresas, entre outros, trabalharam em conjunto para criação e evolução do DICOM e-mail, com a formação de diferentes comunidades para interação, pesquisa e desenvolvimento, por exemplo, o grupo de trabalho @GIT, comunidades de profissionais e usuários, além das comunidades de software livre (<http://www.opossum.de>) (**RP12**), em adição a comunidades já existentes, como o *Internet Engineering Task Force*, responsável pelos protocolos e padrões de e-mail.

PP4: Tornar as capacidades de TI simples – O escopo funcional do DICOM e-mail foi mantido inicialmente simples, limitando-se a permitir a transferência via e-mail de objetos DICOM como anexos DICOM MIME type e outras informações clínicas (e.g., em arquivos PDF) como anexos no padrão MIME com *tag* privado “X-TELEMEDICINE-STUDYID”. O uso da infraestrutura de e-mail como transporte permitiu separar da especificação técnica do DICOM e-mail as complexidades relativas à comunicação, já tratadas nas especificações técnicas do protocolo de e-mail (**RP13**). A exceção foi à introdução da confirmação de recepção/envio, não previstas originalmente para e-mails. Ademais, a existência de comunidades separadas, seja para especificação, implementação, ou uso, facilita a governança da infraestrutura provida pelo DICOM e-mail. A sua simplicidade funcional, focada na transmissão assíncrona de imagens, favoreceu a integração com outras infraestruturas de serviços, de variadas formas, para compor aplicações de telerradiologia (**RP14**), tanto no triângulo Rhein-Neckar quanto no Vale do Ruhr (<http://www.medecon-telemedizin.de>).

PP5: Modularizar a II – A infraestrutura provida pelo DICOM e-mail foi composta numa arquitetura modular com acoplamento forte entre as camadas de aplicação (e.g., estação de trabalho radiológica) e serviços (DICOM e-mail), visto a obrigatoriedade da instalação de um software visualizador de imagens, isto é, para o especialista laudar, há a obrigatoriedade de instalação de softwares específicos para isso, em oposição à possibilidade de visualização diretamente em um ambiente livre de exigências com softwares quaisquer que possam suportar esse propósito (e.g. navegadores web); e acoplamento fraco entre as camadas de serviço (DICOM e-mail) e transporte (e-mail) (**RP15**). Pode-se observar que o DICOM e-mail, na arquitetura modular em que se insere, atua como um *gateway* entre as camadas de aplicação (DICOM) e transporte (e-mail) (**DR17**). Há o relato da conexão da rede de telerradiologia do triângulo Rhein-Neckar com outra rede de telerradiologia, que emprega tecnologia de VPN em sua infraestrutura para integrar seis hospitais distritais e um hospital universitário (WEISSER, 2007). Neste caso, um simples *gateway* DICOM e-mail para DICOM, situado no hospital universitário, foi suficiente para rotear em ambas as direções o tráfego entre parceiros na rede do triângulo Rhein-Neckar com os hospitais dentro da VPN (WEISSER, 2007) (**RP18**). Não foram identificadas evidências relativas à regra de projeto **RP16** e **RP19**, que tratam

respectivamente de gateways entre diferentes versões de um mesmo padrão e de planos de transição entre recursos de TI incompatíveis, isso acontece possivelmente porque ainda não ocorreram demandas para seu uso.

As Figuras 10 e 11 ilustram uma visão alternativa à tabela apresentada anteriormente, referentes à distribuição da satisfação às regras de projeto para o caso da Alemanha, relativas aos problemas do *bootstrap* e da adaptabilidade, respectivamente.

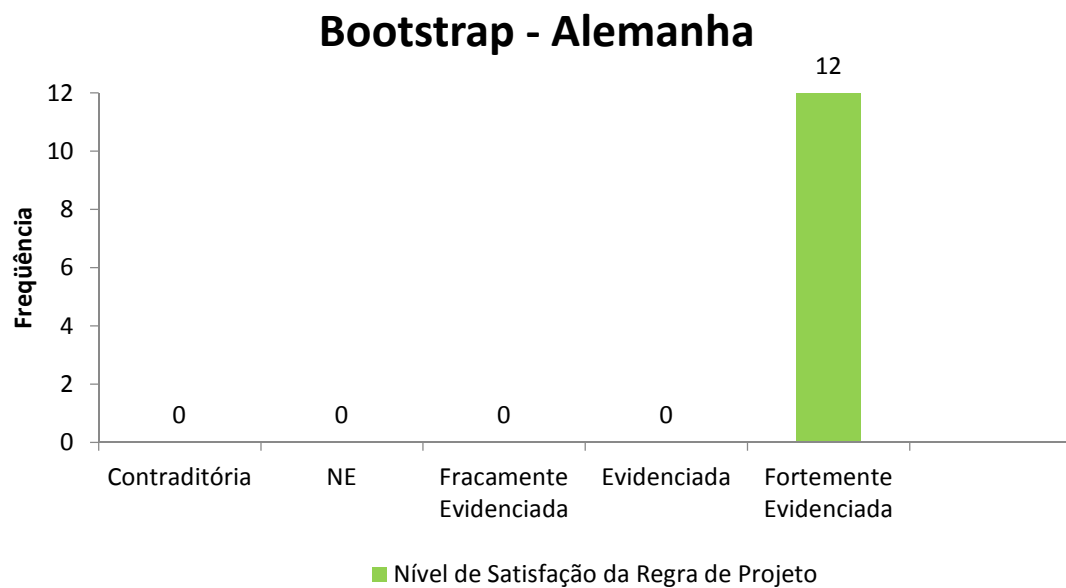


Figura 10: Incidência das regras de projeto para o problema do Bootstrap no caso da Alemanha.

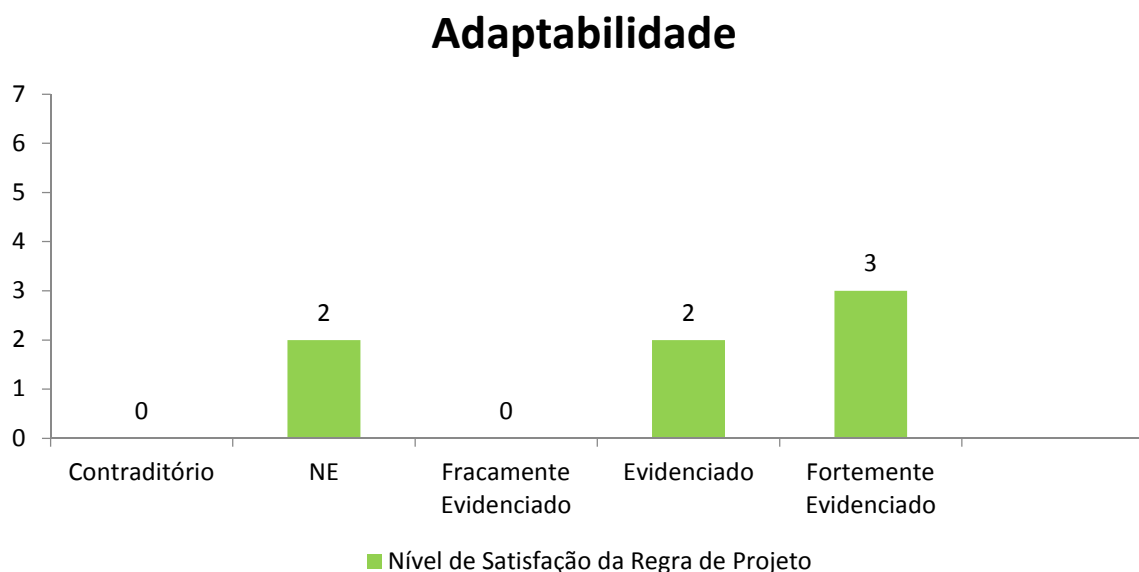


Figura 11: Incidência das regras de projeto para o problema da Adaptabilidade no caso da Alemanha.

4.1.3 Discussão

A partir dos resultados obtidos, pode-se notar que apenas para as regras de projeto **RP16**, que trata do uso de gateways entre versões de um mesmo padrão, e **RP19**, que trata de estratégias de transição entre recursos de TI incompatíveis, não foram encontradas evidências de que tenham sido atendidas neste estudo de caso. Por se tratar de regras para lidar com o problema da adaptabilidade, uma possível explicação para esse não atendimento é que não surgiram ainda situações nos ambientes, que pudesse justificar o uso com o emprego do DICOM e-mail. Segundo PIANYKH (2012), a necessidade de softwares de visualização de imagens é classificada como telerradiologia pesada, assim, em relação **RP15**, que sugere a divisão da II recursivamente em transporte, suporte e aplicação, existe um forte acoplamento entre as camadas de aplicação e serviço, em virtude da exigência desse software visualizador de imagens instalado na estação de laudo, comprometendo parcialmente a aplicação da regra. A **RP17**, que trata de *gateways* entre camadas, é fundamentada também pelo uso do DICOM e-mail na conexão da camada de aplicação (DICOM) com a camada de transporte (e-mail), entretanto, o *gateway* utilizado para mapear contas de e-mail a *Application Entity Title* é fornecido por uma empresa privada, apesar da possibilidade do DICOM e-mail ser implementado de forma livre, visto que se trata de uma especificação aberta.

É importante destacar que os resultados trazem uma explicação *post hoc* de que a gênese do DICOM e-mail seguiu majoritariamente os princípios e regras previstos na teoria de projeto, indicando que o modelo de telerradiologia aplicado na Alemanha pode ser visto como um sistema que tende para uma infraestrutura sociotécnica de TI, compartilhada, aberta, heterogênea, segura e em evolução, contudo, a exigência de softwares para visualização de imagens e a inclusão de gateways privados na infraestrutura, podem comprometer sua expansão e adaptação para outras regiões. Ela é compartilhada porque o DICOM e-mail não pertence a uma única organização, mas é usada por diversas comunidades por meios múltiplos e inesperados (HANSETH e LYYTINEN, 2010), que pode ser visto quando se observa seu uso por entre as redes do Vale do Ruhr, triângulo Rhein-Neckar, por outras redes de menor porte, e ainda por entre várias comunidades de suporte como universidades e empresas privadas. É aberta porque tem fronteiras permeáveis que permitem interações com o ambiente externo de forma intrincada e

em contextos não previstos inicialmente, haja vista a possibilidade de interoperabilidade com outras redes através de uma especificação aberta, isto é, qualquer interessado pode implementar sua solução a partir da especificação do DICOM e-mail, que é aberta, e conectar-se às redes DICOM e-mail já existentes. É heterogênea porque possui diversidade social e técnica, sendo capaz de incluir um número crescente de entidades, como comunidades de usuários e desenvolvedores, operadores, órgãos de governança e de padronização (HANSETH e LYYTINEN, 2010). Está em evolução porque emerge da contínua ação recíproca entre usuários, profissionais, organizações de saúde e componentes tecnológicos num processo concorrente de construção e reconstrução (AANESTAD e HANSETH, 2000). Um dos componentes que contribuem para evolução dessa rede reside no progresso do DICOM e-mail dentro da rede, visto que a cada atualização desse elemento, há novas melhorias e funcionalidades incorporadas. Possui também propriedades dos sistemas adaptativos complexos, uma nova tendência para sistemas em saúde (PAINA e PETERS, 2012; STUMBERG et al., 2013). Por exemplo, as redes de teleradiologia concentradas no Triângulo Rhein-Neckar e no Vale do Ruhr sugerem que o DICOM e-mail favorece a formação de redes livres de escala (PAINA e PETERS, 2012; HOLLAND, 1995) com a existência de poucos pontos focais (*hubs*) com número virtualmente ilimitado de conexões. O crescimento da rede suportada pela infraestrutura do DICOM e-mail na Alemanha também sugere a existência de efeitos de *feedback* positivo (PAINA e PETERS, 2012; HOLLAND, 1995), descritos na interpretação das regras no princípio de projeto PP3.

Vale ressaltar que o principal achado nesse caso, ou seja, a indicação de que o DICOM e-mail é um modelo que se aproxima do conceito de infraestrutura da informação, limita-se ao caso de sua aplicação na Alemanha. Para uma confirmação mais abrangente do achado, seria necessário analisar evidências da aplicação do DICOM e-mail em outras regiões e contextos. Além disso, após consultas a empresas ligadas ao projeto, percebeu-se que existem componentes dessa infraestrutura que, ou são fornecidos por empresas privadas ou são desenvolvidos por aqueles que almejam integrar-se a essas redes, assim sendo, nem todos os componentes necessários à integração estão disponíveis (sem custos de licenciamento), visto a necessidade desse gateway para conversão de e-mail em AET.

4.2 Estudo de caso: Implantação PACS no Reino Unido

Esse estudo de caso descreve a experiência do Reino Unido na implantação do PACS por todos os seus países a partir do *National Programme for IT*. Cada um dos países constituintes agiu independentemente do outro em relação às implantações, além disso, os PACS não eram o foco principal dos investimentos inicialmente. Todos eles investiram em soluções PACS proprietárias através da contratação de empresas terceirizadas. Com isso, houve um aumento na capacidade de fornecer exames de imagens e laudos, que foram fundamentais para atender aos requisitos do *National Health Service* (NHS) em relação aos cuidados com pacientes. Embora cada país tenha adotado a solução mais adequada no tratamento de imagens e laudos, existia na época uma forte tendência para que eles migrassem para perfis *Integrating the Healthcare Enterprise* (BORTOLON, BERGER e ALMEIDA, 2008).

4.2.1 Descrição

Este estudo de caso relata a implantação de sistemas de arquivamento e distribuição de imagens médicas nos países que formam o Reino Unido: Inglaterra, Irlanda do Norte, Escócia e País de Gales, a fim de conectar e integrar suas organizações de saúde. Esses países investiram consideravelmente para implantação e desenvolvimento do PACS, apoiados pelo Sistema Nacional de Saúde (NHS) nos níveis secundários e terciários de saúde. É importante mencionar que a análise é unicamente voltada para os aspectos de infraestrutura dessa rede, dado que o projeto em si teve muitos problemas financeiros envolvidos.

Cada um dos países avançou independentemente do outro em relação ao PACS. Na Inglaterra, por exemplo, que possuía densidade demográfica de 395 habitantes por quilômetro quadrado, o PACS não foi inicialmente o elemento principal do Programa Nacional para Tecnologia da Informação (*National Programme for IT*). O objetivo inicial era desenvolver um registro eletrônico de pacientes em nível nacional que pudesse facilitar o acesso e a gestão das informações e imagens de pacientes entre organizações. Uma solução denominada **Spine**⁵ (SUTTON, 2011; <http://systems.hscic.gov.uk/spine>), portanto, foi o principal

⁵ Conjunto de soluções, serviços e diretórios para troca de informações através de sistemas locais e nacionais d NHS.

impulsionador desse investimento em saúde no país. A solução também permitiria a pacientes acessar suas informações no sistema de modo seguro, porém aguardava-se por sua completa implantação.

Enquanto isso não acontecia, vários artifícios foram usados para compartilhamento de imagens, por exemplo, alguns locais da Inglaterra usaram portais Web. Na Inglaterra, antes de 2001, a quantidade de instituições que utilizavam o PACS estava em torno de 173 instituições, todavia nem todos os hospitais apresentavam condições à adoção do PACS de modo amplo, devido aos altos custos de implantação e da prioridade para outras demandas. Entretanto, após o estabelecimento do programa, houve um aumento de mais 127 estabelecimentos entre 2002 e 2007, comprovados os benefícios trazidos pelo PACS em relação à gestão e ao compartilhamento (SUTTON, 2011). A Inglaterra adotou um modelo de armazenamento regional em cluster dividido entre 5 regiões (Figura 12). A fim de integrar suas regiões de forma nacional, três dos seus fornecedores PACS fundiram suas áreas de armazenamento centrais objetivando a integração de informações.

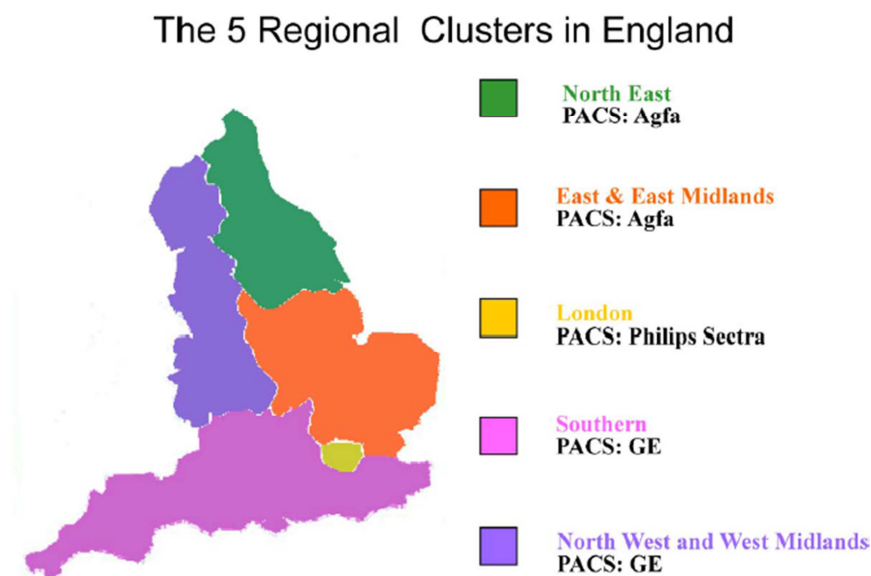


Figura 12: Os 5 Cluster's regionais na Inglaterra
Fonte: Sutton, 2010

Na Escócia foi adotado um único fornecedor PACS que viabilizava por um ano o armazenamento local, quando necessário, para 40 locais, proporcionando também o armazenamento central e o compartilhamento de dados unificado. O autor cita que os estudos são indexados pelo identificador nacional e único do paciente, pertencente ao Sistema Nacional de Saúde, que vigora em todo o país e que, no

armazenamento central, o compartilhamento de imagens e laudos é quase imediato ficando disponível para toda a rede (SUTTON, 2010). O modelo PACS do País de Gales, por sua vez, difere dos modelos anteriores, pois cada organização adotou sua solução a critério próprio, portanto sendo constituída de diferentes PACS (SUTTON, 2010). Assim, o principal engajamento era harmonizar e integrar essas diferenças. O autor relata que um modelo baseado em XDS-I (BORTOLON, BERGER e ALMEIDA, 2008) pudesse ser adotado entre 2009 e 2012 nesse país, uma vez que esse era o período para extinção dos contratos com fornecedores antigos.

Em relação à Irlanda do Norte, o autor não cita períodos anteriores a 2010, enquanto se aguardava a execução do projeto NIPACS, uma solução PACS/RIS que iria ser implantada no país. A previsão do projeto era ter um provedor PACS central único, através de um único fornecedor.

Vê-se assim que consideráveis investimentos foram feitos em implantações PACS no Reino Unido, a fim de melhorar o fluxo de trabalho nas instituições envolvidas pelo compartilhamento de informações interorganizacionais, focados em permitir a aproximação dos diagnósticos por imagem ao paciente, de resolver a demanda por estudos de imagem e para entrega de laudos em um tempo mínimo (SUTTON, 2010).

4.2.2 Resultados – Princípios de projeto evidenciados, não evidenciados e contraditórios

Nesta subseção trazemos a interpretação das fontes de dados do caso estudado segundo os princípios e regras da teoria de projeto para complexidade dinâmica em II, com sumário dos resultados apresentados na Tabela 5.

PP1: projetar inicialmente para oferecer utilidade direta – A **RP1** propõe destinar recursos de TI a uma pequena comunidade de usuários inicialmente, porém o projeto realizado no Reino Unido envolve em princípio toda sua comunidade de organizações de saúde, indo, portanto, contra ela. Os PACS nesses países avançaram em magnitudes de desenvolvimento diferentes e eles se comprometeram com a sua continuidade. Ambos tiveram investimentos advindos do Sistema

Nacional de Saúde. Na Inglaterra, antes de 2001, existiam 173 hospitais com PACS local e permitiam o acesso a imagens nos departamentos de imagens, em ambulatórios e enfermarias, trazendo vários benefícios tais como gestão de pacientes, eficiência nos laudos e melhorias organizacionais (**RP2**), com o atrator inicial situado no *Spine* (SUTTON, 2010). Entretanto muitos hospitais não tinham tal sistema devido aos altos custos de implantação. Isso foi resolvido com implantação do Programa Nacional para Tecnologia da Informação, criado em 2002, cuja principal tarefa era ter um programa com uma autoridade central, buscando desenvolver um sistema e infraestrutura de TI, moderno e integrado, instituído por todas as organizações de saúde da Inglaterra (**RP2**). Os PACS não eram o foco principal desse programa inicialmente, no entanto, devido aos benefícios clínicos vistos pela comunidade (**RP2**), foi decidida uma implementação por todo o país, sendo ainda posta como prioridade. Além disso, uma proposta para adoção de perfis de integração – “definições precisas de como os padrões devem ser implementados para atender as necessidades clínicas específicas.” (BORTOLON, BERGER e ALMEIDA, 2008) – foi sugerida, devido à possibilidade de troca de informações de saúde entre parceiros, isto é, tais perfis iriam permitir que informações de pacientes, por exemplo, fossem compartilhadas entre instituições de forma padronizada, evitando informações desencontradas de um mesmo paciente. A **RP3** é contraditória, visto que a implantação dos PACS nas organizações pressupunham altos custos de investimento e aprendizado, apesar de tais PACS terem sido fomentados pelo Sistema Nacional de Saúde. Ademais, no início, o projeto abrangeu várias funcionalidades, como o *Electronic Prescription Service* e o *Choose and Book* – que possibilitava a médico e paciente escolherem o hospital pelo qual desejavam ser referenciados para a consulta. A **RP4** é evidenciada, porém, cada país age separadamente um do outro na implantação desses PACS, com alguma dependência de fornecedores terceirizados, com recursos de TI direcionados a determinadas comunidades, sem independência para adição de novos recursos, oferecendo acesso ao PACS de forma assíncrona a profissionais e pacientes.

PP2: construir sobre a base instalada – A Inglaterra foi dividida em 5 grandes áreas para tal implementação, denominadas de *clusters*, que por sua vez contratava seu fornecedor PACS de preferência, assim terceirizando o serviço, portanto contraditória a **RP5**, que estabelece a utilização de infraestrutura de apoio (suporte)

existentes. Apesar de não ser detalhada a infraestrutura de transporte existente, a escolha de fornecedores com soluções proprietárias pode levar a adoção de infraestruturas fechadas, contrariando a **RP6**. A infraestrutura de serviço e aplicação, tratada pela **RP7** não é descrita. Cada região contava com um cluster para armazenamento de dados de longo prazo, com a possibilidade de contratar um *storage local* de mesmo tamanho para evitar acessos desnecessários ao cluster de longo prazo. Entretanto, existiam também 43 outras entidades que apesar de serem dotadas de PACS, não foram conectadas ao armazenamento de dados central em *cluster*. Serviços PACS foram implementados em várias partes do Reino Unido, dessa forma, multiplicando a quantidade de parceiros, embora não existisse integração entre os parceiros de países diferentes (**RP8**).

PP3: expandir a base instalada com táticas persuasivas – O autor destaca que outro grande impulso, ocorrido de maneira imprevista, que promoveu as implementações dos PACS na Inglaterra, foram as ações relacionadas ao plano de melhoria nos serviços de diagnóstico (**RP9**) proporcionados pelo Departamento de Saúde, tendo o *Spine* como elemento principal inicialmente. Entretanto, enquanto o *Spine* não era totalmente implementado, outras soluções para compartilhamento de imagens entre instituições foram adotadas, como a distribuição via um portal WEB. Essa solução paliativa exigia enorme cautela em sua gestão, devido, principalmente, a problemas relacionados à atualização de laudos e envio de imagens para outras organizações constituintes do sistema. Após o estabelecimento do programa PACS, ele se desenvolveu de forma rápida, e ao final de 2007 atingiu mais 127 hospitais (**RP9**) (SUTTON, 2010). O autor também destaca a redução na quantidade de pacientes que aguardavam mais de 6 semanas pelos laudos dos estudos de imagens devido o tempo de investigação, saindo de 110.862 em 2007 para menos de 1.000 em 2009, e que muitas instituições de saúde conseguiram diminuir o tempo de espera de exames pelos pacientes para menos de 2 semanas.

Esse plano de melhoria, pressionado pelos fundos de investimentos públicos, estabeleceu que até 2008 nenhum paciente tivesse que aguardar mais do que 18 semanas para iniciar seu tratamento, a partir da solicitação inicial do médico. Um dos desafios, entretanto, em relação a tal prazo, estava relacionado a doenças não urgentes, tendo como obstáculos, principalmente, a falta de capacidade suficiente

para atender a demanda por exames de imagens, falta de radiologistas e precariedade para as práticas de trabalho.

Uma tendência na comunidade do Reino Unido era adotar perfis IHE através do XDS-I (**RP10**) nos próximos anos, objetivando interoperabilidade, entretanto, ainda estava em um estágio inicial. De modo geral as formas de distribuição foram assim implementadas:

- Na Escócia foi adotado um único fornecedor PACS que viabilizava por um ano o armazenamento local para 40 locais, proporcionando também o armazenamento central e compartilhamento de dados unificado;
- O modelo de PACS do País de Gales, por sua vez, difere dos modelos anteriores, pois cada organização adotou sua solução a seu critério, portanto sendo constituída de diferentes PACS;
- Uma solução PACS/RIS que iria ser implantada na Irlanda, denominada NIPACS. Nesse modelo existia um único PASC/RIS central com armazenamento local e espelhamento central de dados para *data centers*.

Simultaneamente a adoção dos PACS, o serviço de narração e reconhecimento de voz (**RP11**) foi disponibilizado com objetivo de acelerar o fluxo de entrega de exames. Para resolver o problema envolvendo a demanda por exames de imagem, várias soluções foram tomadas. Uma delas foi a transferência de pacientes de uma instituição para outra com maior capacidade para geração de imagens, ambas pertencentes ao Sistema Nacional de Saúde. Outra forma de resolver a demanda por imagens foi através da contratação de fornecedores de serviços independentes, que por sua vez frequentemente contratavam empresas de telerradiologia para realizar serviços de interpretação de imagens de CT, MR e ultrassonografia.

Tabela 5: Interpretação das regras relativa ao problema do bootstrap e da adaptabilidade para o estudo de caso do PACS no Reino Unido.

Princípio de Projeto	Regra de Projeto	Nível de Satisfação	Evidência
1. Projetar para utilidade direta (BOOTSTRAP).	RP1.	-	O <i>National Programme for IT</i> lidou com uma ampla implementação do PACS inicialmente.
	RP2.	+++	Os PACS nessas instituições trouxeram benefícios claros como gestão de pacientes, eficiência nos laudos e melhorias organizacionais. A possibilidade da adoção de perfis de integração pode ser visto como adição de novas funcionalidades.
	RP3.	-	Várias instituições não tinham PACS local, como consequência dos altos custos de implantação e aprendizado, entretanto tais PACS foram fomentados pelo Sistema Nacional de Saúde. No início, o projeto abrangeu várias funcionalidades, como o <i>Electronic Prescription Service</i> e o <i>Choose and Book</i> – que possibilitava a médico e paciente escolherem o hospital pelo qual desejam ser referenciados para a consulta.
	RP4.	+++	O crescimento do PACS na Inglaterra foi promovido pelo <i>National Programme for IT</i> atingindo no final de 2007 um total de 127 instituições. Visto a existência de PACS regionais em cada país, e que cada um deles age separadamente um do outro, com alguma dependência de órgãos terceirizados, com recursos de TI direcionados a determinadas comunidades, sem independência para adição de novos recursos, oferecendo acesso ao PACS de forma assíncrona a profissionais e pacientes.
2. Construir sobre a base instalada (BOOTSTRAP).	RP5.	-	A Inglaterra foi dividida em 5 grandes áreas denominadas <i>Cluster</i> . Cada uma delas podia contratar um fornecedor de serviços local central, que por sua vez provia um PACS. Esses fornecedores proviam o armazenamento de longo prazo além da possibilidade de fornecer o armazenamento local para evitar acessos desnecessários ao primeiro. Isso demandava alterações ou implantação de novas infraestruturas locais para alguns dos parceiros.
	RP6.	-	Apesar de não ser detalhada a infraestrutura de transporte existente, a escolha de fornecedores com soluções proprietárias levou a adoção de infraestruturas fechadas
	RP7.	NE	
	RP8.	++	Serviços PACS foram implementados em outras regiões do Reino Unido, dessa forma expandindo os PACS. Apesar disso, não havia integração entre as infraestruturas dos países participantes.

(+++)
(++)
(+)
(NE)
(-)

Fortemente Evidenciada Evidenciada Fracamente Evidenciada Não Evidenciada Contraditória

Continuação Tabela 5 – Interpretação das regras relativa ao problema do bootstrap e da adaptabilidade para o estudo de caso do PACS no Reino Unido.

Princípio de Projeto	Regra de Projeto	Nível de Satisfação	Evidência
3. Expandir a base instalada por táticas persuasivas (BOOTSTRAP).	RP9.	++	Na Inglaterra houve um crescimento de mais 127 organizações com PACS no decorrer do desenvolvimento do <i>National Programme for IT</i> , pelo qual constavam 173 anteriormente, e pelo qual não foi o propósito inicial do projeto. Entretanto, a necessidade da troca de estudos de imagens médicas propagou o uso do PACS pelo Reino Unido. Além disso, o serviço de narração e reconhecimento de voz foi disponibilizado com objetivo de acelerar o fluxo de entrega de exames. Apesar disso, há limites claros em quem pode usar ou projetar para infraestrutura, limitando o que é tratado nessa regra.
	RP10.	+	A comunidade do Reino Unido pretendia naquela época adotar perfis IHE através do XDS-I, entretanto, isso ainda estava em um estágio inicial.
	RP11.	+	Encontro de Equipes Multidisciplinares (MDMT), técnicos em radiologia para o laudo de exames e reprojeção de serviço de laudos, são exemplos de novas possibilidades que surgiram devido a planejamento e recombinação, entretanto tratam em sua maioria de aspectos sociais.
	RP12.	++	O suporte é feito pelas empresas fornecedoras dos PACS, dessa forma não há outras comunidades de suporte envolvidas. Outros serviços foram implantados para diminuir o tempo de espera no resultado dos exames: ditado digital; reconhecimento de voz; treinamento de radiologistas; treinamento de técnicos em radiologia. Entretanto, a comunidade de suporte é limitada ao grupo de participantes, dificultando o <i>feedback</i> por parte de comunidades heterogêneas.
4. Tornar os recursos de TI simples (ADAPTABILIDADE).	RP13.	-	Cada país constituinte do Reino Unido tem sua própria solução PACS baseada em fornecedores contratados. Assim, a infraestrutura utilizada na distribuição é proprietária, apesar de não ser tecnicamente detalhada no artigo. Independentemente disso, esse fato sugere armadilhas tecnológicas que poderão impedir a expansão do sistema e resultar em salientes reversos, caindo no dilema: padronização versus flexibilidade.
	RP14.	NE	
5. Modularizar a II (ADAPTABILIDADE).	RP15.	++	Essa regra sugere dividir a II recursivamente em infraestruturas de aplicação, suporte e transporte. A infraestrutura dessa solução foi composta pelos Softwares DICOM (camada de aplicação), DIMSE e SOP (PIANYKH, 2012) (camada de serviço) e o TCP/IP (camada de transporte). Dessa forma as imagens podiam ser visualizadas em um navegador web, tornando o acoplamento fraco entre essas camadas.
	RP16.	NE	
	RP17.	NE	
	RP18.	-	Quando informações de pacientes são alteradas no RIS das organizações filiadas, essas alterações não são atualizadas no RIS da organização onde as imagens se originaram, de modo que não há <i>gateways</i> que permitam a integração entre as organizações com fornecedores PACS diferentes que promovam a sincronização das informações de pacientes.
	RP19.	NE	

(+++) Fortemente Evidenciada (++) Evidenciada (+) Fracamente Evidenciada (NE) Não Evidenciada (–) Contraditória

É importante ressaltar que uma das estratégias para reduzir o tempo de espera na entrega de exames era estimar o volume de exames *per capita* da população, esses dados por sua vez, eram utilizados para pressionar o Sistema Nacional de Saúde para aumentar a capacidade de geração e entrega de exames, assim, em 2004, previu-se o seguinte crescimento nos exames de imagem para cada 1.000 habitantes:

- 18 para 35 executadas no MRI;
- 40 para 55 executadas no CT;
- 100 para 120 executadas no US.

Sutton (2010) detalha que houve um aumento de 45% na quantidade de radiologistas até 2007, saindo de 1473 para 2133, em um período de 10 anos, e que em 2010 outros estavam sendo treinados, além disso, técnicos em radiologia foram treinados sob rígidas diretrizes locais com objetivo de manter a segurança do paciente, para fornecer laudos (**RP12**), apesar da comunidade envolvida com o apoio e treinamento ter ficado limitada ao espaço do projeto. Contudo houve um aumento na capacidade de geração de laudos, através do fornecimento de um conjunto de habilidades, como são conhecidos, visto que envolveu radiologistas e técnicos em radiologia para o laudo de exames, sendo considerados como um conjunto inestimável em certas áreas (**RP11**). Tudo isso, unido a reprojeto de serviços dos processos de diagnóstico por imagem tem promovido celeridade no diagnóstico, permitindo acesso rápido ao tratamento e, em alguns casos inclusive, possibilitando que em uma única visita ao hospital o paciente realize vários exames de imagens e seja diagnosticado.

À frente dessas melhorias, está a líder do grupo de trabalho em diagnóstico por imagem do departamento de saúde, que acompanha de perto equipes que trabalham nos aprimoramentos dos serviços de radiologia. Ela é a responsável pelas iniciativas em busca de tecnologias que beneficiem pacientes nos exames de imagens na Inglaterra. Apesar desse investimento em tecnologias, principalmente em relação ao PACS, o autor destaca que, para os radiologistas, a sobrecarga de trabalho continua a mesma, e o volume de estudos de imagens aumenta a cada ano.

Apesar dos aprimoramentos, radiologistas têm procurado criar novas formas de serviço que favoreçam a solução das demandas nas organizações. Pensando nisso, eles iniciaram encontros, denominados de Encontro de Equipes Multidisciplinares (MDMT) (**RP12**), que abrange todo Reino Unido, para tratar de assuntos relacionados com capacidade, demanda, novos métodos que facilitem a entrega de imagens e laudos, problemas de gestão de informações e imagens de pacientes associadas à sua transmissão, confidencialidade e integridade para com outras organizações, além de problemas referentes a exigências técnicas para compartilhamento de imagens. Destaca-se também que a gestão das redes é delegada a empresas terceirizadas apoiadas financeiramente pelo sistema nacional de saúde.

PP4: Tornar as capacidades de TI simples – A grande quantidade de organizações e profissionais de saúde envolvidos estão envoltos em redes de telerradiologia delimitadas por sua região e centralizados através de um determinado fornecedor, implicando que essas organizações têm sua adaptação também limitada pela infraestrutura local com alto custo de implantação e alto custo relacionado a mudanças, além de custos de governança (contra a **RP13**), visto que não houve indícios da sobreposição de recursos descrita pela **RP14**.

PP5: Modularizar a II – A **RP15** sugere dividir a II recursivamente as infraestruturas em aplicação, suporte e transporte, pelo qual pode ser suposto pela presença da camada de aplicação (Softwares DICOM), a camada de serviço (DIMSE e SOP (PIANYKH, 2012)) e o TCP/IP na camada de transporte. As imagens podiam ser visualizadas em um navegador web, tornando o acoplamento fraco entre as camadas de aplicação, serviço e transporte. O trabalho não descreve os detalhes dessa modularidade entre camadas da infraestrutura. O mesmo acontece com as **RP16**, **RP17** e **RP19**.

Outro ponto importante, que está relacionado às equipes (MDMT), refere-se a urgência nos prazos relativos à entrega de laudos em alguns casos, como por exemplo pacientes que sofrem acidente vascular cerebral. Segundo o documento *National Stoke Strategy* (i.e, um guia que trata da estratégia para combater o AVC na Inglaterra), esse caso requer que um CT seja realizado dentro de 60 minutos de sua requisição.

De fato, isso cria dois problemas, o primeiro relacionado principalmente à escassez de radiologistas ou mesmo a incapacidade dos próprios radiologistas locais de fornecerem laudos com qualidade, tendo como consequência o atraso na entrega de laudos, fato esse que pode ser solucionado pelo compartilhamento de imagens entre organizações. O segundo está associado ao próprio compartilhamento de informações de pacientes, visto que quando suas informações são alteradas no RIS das organizações filiadas, essas alterações não são atualizadas no RIS da organização em que as imagens se originaram, de modo que não há *gateways* que permitam a interoperabilidade entre as organizações com fornecedores PACS diferentes que promova a sincronização das informações de pacientes (Contra a **RP18**). Um dos desafios, portanto, é conseguir compartilhar e manter a consistência dos dados dos pacientes entre instituições no Reino Unido, pelo qual dependerá da sincronia e compatibilidade entre sistemas. Tais desafios podem ser visualizados a seguir, de acordo com Sutton (2010):

- Aumento na capacidade e na procura;
- Desmembramento dos locais de geração de imagens e de laudos ;
- Sincronia entre as organizações com relação as atualizações de informações e imagens de pacientes;
- Acesso rápido as informações pela rede;
- Integridade e confidencialidade de dados de pacientes

Os países envolvidos nesse estudo de caso relatam também que há um caminho sendo trilhado para adoção de perfis IHE, através do XDS-I, que permitirá a padronização no trato com os processos organizacionais. Além disso, a teleradiologia é tratada como serviço complementar e não uma alternativa para o desenvolvimento local (SUTTON, 2010).

Todavia, Sutton (2010) descreve que apesar do comprometimento dos fornecedores contratados, outros métodos para resolução do crescimento da demanda foram adotados, como citados abaixo, o que elevou a capacidade e eficiência dos serviços:

- Aumentar os recursos (capacidades):
 - ✓ Contratação de fornecedores de serviços independentes;

- ✓ Treinar mais radiologistas;
- ✓ Treinamento de técnicos em radiologia para os laudos;
- Melhor utilização dos recursos (capacidades):
 - ✓ Transferência de pacientes para instituições do Sistema Nacional de Saúde com recursos a mais;
 - ✓ Melhoria no planejamento para coleta de imagens (todas as imagens deveriam ser geradas em uma única visita do paciente);
 - ✓ Melhoria na eficiência dos relatórios através dos PACS, narração e reconhecimento de voz;

Uso da telerradiologia para resolver as deficiências da falta de recursos.

As Figuras 13 e 14 ilustram uma visão alternativa à tabela apresentada anteriormente, referente à distribuição das regras de projeto para o caso do Reino Unido, relativas aos problemas do *bootstrap* e da adaptabilidade, respectivamente.

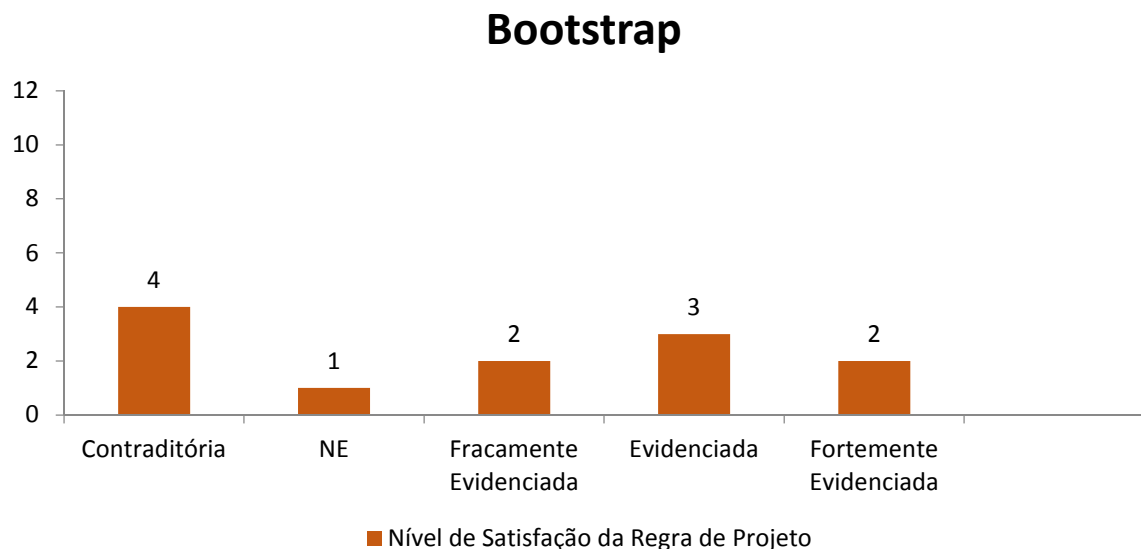


Figura 13: Incidência das regras de projeto para o problema do Bootstrap no caso do Reino Unido.

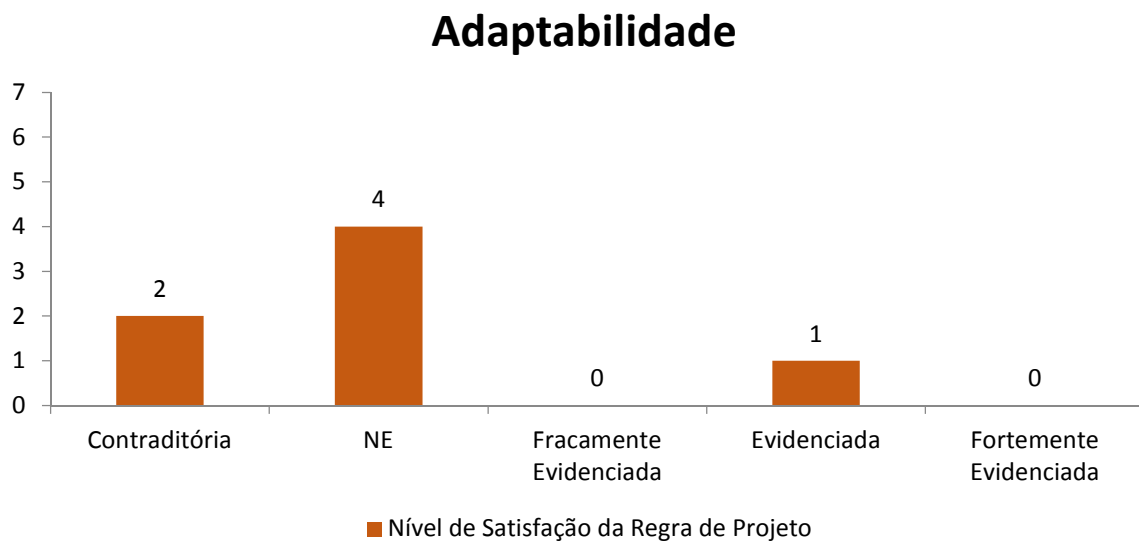


Figura 14: Incidência das regras de projeto para o problema da Adaptabilidade no caso do Reino Unido.

4.2.3 Discussão

A implantação PACS pelo Reino Unido baseou-se em investimentos do sistema nacional de saúde. Cada país teve seu desenvolvimento independentemente dos outros. Embora as informações dispostas no artigo sejam bastante limitadas quanto aos detalhes e limites dos PACS, é explícito que as soluções em todos os países foram baseadas em fornecedores proprietários e extensões proprietárias, criando barreiras com relação a sua abertura – haja vista a dificuldade para incorporar componentes técnicos e/ou sociais de naturezas heterogêneas de formas inesperadas e imprevisíveis; seu compartilhamento – e esse compartilhamento requer abertura, ao contrário da infraestrutura adotada no Reino Unido, que é limitada às regiões onde foram implantadas; e sua evolução – também limitada pelas tecnologias oferecidas pelas empresas privadas parceiras. Assim, visto que as organizações estão claramente presas a soluções proprietárias, elas seguem amarradas a um único fornecedor que dita às regras da expansão tecnológica (*lock-ins*), e que conseqüentemente limita seu crescimento.

O projeto já começa atuando sobre uma ampla quantidade de organizações, isso vai contra a **RP1**, que sugere a implementação direcionada a pequenos grupos, além disso, a solução pressupõe alto investimento inicial e propõe um projeto que oferecia várias aplicabilidades de uma só vez, fato que vai contra a **RP3**. Para as novas organizações que precisaram ser inseridas no projeto, fica evidente que

deveriam se adequar a infraestrutura PACS oferecida pelos fornecedores e isso contraria as **RP5**, que trata da importância de construir sobre infraestruturas de suporte existentes. A **RP13**, diz respeito à criação de projetos simples. Projetos simples pressupõem infraestruturas enxutas e fáceis de reorganizar, de modo a permitir conexões diversas. Entretanto, o uso de tecnologias proprietárias terceirizadas criam possibilidades para o surgimento de armadilhas tecnológicas (*Technology Traps*) que mais tarde irão dificultar a expansão do sistema, além disso, esse modelo de infraestrutura, no qual se tem contratos com empresas terceirizadas, rompe com a simplicidade requerida no início dos projetos de II, que poderiam possibilitar a adaptabilidade em direção a trajetórias diversas rumo a sua expansão e evolução. Se por um lado, o plano agrega empresas privadas que dispõem de extensões DICOM proprietárias para oferecer um conjunto completo de funcionalidades, por outro, há uma ruptura na flexibilização do sistema. Um exemplo disso. está na adesão a contratos com empresas privadas, que fornecem seu software e hardware.

Em relação a **RP15**, é possível supor que, por se tratar de PACS regionais, é utilizada a seguinte estrutura: Na camada de aplicação (Softwares DICOM), na camada de serviço (DIMSE e SOP (PIANYKH, 2012)) e o TCP/IP na camada de transporte. Muitas das outras regras de projeto não puderam ser evidenciadas, principalmente aquelas relativas ao problema da adaptabilidade, que sugere o uso de *gateways*, como tratada nas **RP16**, **RP17** e **RP18** e **RP19**, isso fica visível pela dificuldade de se manter os dados de pacientes sincronizados entre as organizações. A **RP7** trata de *gateways* entre as infraestruturas de serviço e aplicação, entretanto a utilização de softwares proprietários pode dificultar a sincronia com especificações abertas. O crescimento dessa infraestrutura é depende dos investimentos do governo e dos serviços e produtos que os fornecedores de soluções proprietárias oferecem, havendo, portanto, limites claros em que pode usar ou projetar para infraestrutura, limitando o que é tratado na **RP9**, que se ocupa da adesão de tantos usuários quanto possíveis antes de se estudar a inclusão de novas funcionalidades à infraestrutura. Também não é possível prever, diante dessa infraestrutura fechada, que novas funcionalidades possam surgir por reorganização de componentes da própria infraestrutura, tratado na **RP11**, visto que, a gestão de cada PACS, de uma forma ou de outra envolve também as responsabilidade dos

fornecedores terceirizados, sugerindo que, soluções proprietárias estão ligadas geralmente a acordos e especificações proprietárias. Algumas organizações tiveram que acomodar e implementar sua infraestrutura de acordo com o fornecedor selecionado, o que contraria a **RP6**.

As informações oferecidas revelam que a solução adotada para teleradiologia por vezes contraria ou não evidência várias regras de projeto e, portanto, distancia essa solução de tornar-se uma infraestrutura de informação para telerradiologia. Apesar de tudo, outros artigos complementares são necessários para um melhor detalhamento da infraestrutura e mapeamento para regras de projeto.

4.3 Estudo de caso: A rede de telemedicina de Santa Catarina

Esse estudo de caso trata da implantação da rede de telemedicina em Santa Catarina (RCTM). Em funcionamento desde 2005, a rede atingiu, em 2012, 401 instituições de saúde distribuídas por 291 municípios, oferecendo diversos serviços, entre eles, serviços relacionados à distribuição de imagens médicas. Em 2015, dez anos após o seu início, ultrapassou a quantidade de 4 milhões de exames armazenados e conseguiu reduzir o deslocamento de pacientes em direção aos centros de saúde das metrópoles.

4.3.1 Descrição

A RCTM, situada no estado de Santa Catarina, no sul do Brasil, constituído por 293 municípios, nasceu da necessidade de evitar o deslocamento de pacientes originados do interior do estado – que vinham em busca de tratamento especializado – em direção à área litorânea, onde ficam localizados os grandes centros médicos e especialistas em geral. Essa movimentação sobrecarregava as unidades de saúde pública da região receptora, bem como colaborava para o aumento das despesas em saúde pública pelo estado, além de contribuir para o crescimento da quantidade filas de espera nos centros de saúde e para o atraso nos diagnósticos (VON WANGENHEIM et al., 2009). Segundo a Universidade Federal de Santa Catarina (2007), existem 4 órgãos responsáveis pelo projeto: A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina (SES/SC), a Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU) – Instituição Gestora – com apoio financeiro e técnico do Ministério da Saúde e da

Organização Pan-americana de Saúde (OPAS). A RCTM é parte do projeto de Telemedicina e Telemática instituído pela portaria de número 35, sendo o HU/UFSC responsável técnico pelo projeto, pelo qual envolve pesquisa, desenvolvimento e implementação em relação à Tecnologia de Informação em Saúde, envolvendo ainda o Sistema Brasileiro de Telemedicina (SBTM), o Sistema Brasileiro de Televisão Digital através do Projeto RUTE – Rede Universitária de Telemedicina. O projeto RUTE prevê disponibilizar, através do Ministério da Ciência e Tecnologia, os recursos físicos e tecnológicos para os hospitais universitários, a fim de capacitá-los a realização de ações de Telessaúde e Telemedicina.

Para lidar com esse problema e em função dos seus efeitos imediatos, foi assumido um modelo de telemedicina majoritariamente assíncrono, de modo a otimizar os serviços de diagnóstico especializados, que foram possibilitados através da implantação de equipamentos de captura de imagens nas cidades do interior, além da criação de mecanismos de envio de estudos de imagens médicas e diagnósticos pela Internet (VON WANGENHEIM et al., 2009). Atualmente, a rede realiza 70.000 exames por mês, entre serviços síncronos e assíncronos (VON WANGENHEIM, entrevista)⁶.

A solução buscada deveria ser capaz de impactar no modelo de saúde pública adotado no Brasil, que tem o SUS (Sistema Único de Saúde) como fonte única de pagamento. Ademais, deveria oferecer os benefícios trazidos pela telemedicina, especialmente a telerradiologia, com objetivo do envio de imagens a partir de áreas remotas para especialistas localizados nos grandes centros, bem como permitir consultas, diagnóstico, confecção colaborada de laudos e educação continuada (VON WANGENHEIM et al., 2013). Tudo isso empregando tecnologias de baixo custo, abertas e que envolvessem baixa complexidade em sua instalação, ao mesmo tempo que pudessem ser robustas, escaláveis e flexíveis o suficiente para aceitar a integração de exames e outras atividades envolvidas no serviço público de saúde (VON WANGENHEIM et al., 2009).

⁶ Von Wangenheim, A. RTSC Project. Mensagem recebida de <aldo.vw@ufsc.br em 27/04/2015.

4.3.2 Resultados – Princípios de projeto evidenciados, não evidenciados e contraditórios

A infraestrutura da rede é constituída de aplicações, a qual abrange recursos de TI, de acordo com VON WANGENHEIM et al (2009):

- DICOMizer – aplicação responsável por permitir a exportação de dados não DICOM para o Portal de Telemedicina;
- CyclopsDCMServer – aplicação responsável por receber imagens DICOM e não DICOM a partir das *Bridges* localizadas nas instituições parceiras;
- Java DICOM Viewer – software para análise e laudo de exames;
- *Bridge* – equipamento implantado nas instituições parceiras, responsável por coletar e distribuir as imagens e informações de pacientes ao PACS central e
- Portal de Telemedicina – Aplicação web que centraliza todos os serviços oferecidos.

Todas as aplicações foram projetadas e desenvolvidas pela comunidade de desenvolvedores locais, formando uma plataforma na qual está incluída uma ampla diversidade de componentes heterogêneos. É importante destacar a existência da infraestrutura da Internet como meio responsável pelo tráfego de informações em várias direções.

A Tabela 6 mostra cada um dos princípios e regras mapeados para as soluções encontradas no projeto, tanto para o problema do *bootstrap* como para o problema da adaptabilidade.

PP1: projetar inicialmente para oferecer utilidade direta – A rede de telemedicina de Santa Catarina, baseada na telemedicina em saúde pública, surgiu da necessidade de aproximar a população residente no interior do estado aos médicos e especialistas, bem como dos processos de regulação associados com a tomada de decisão, o que requereu a integração do processamento de exames em larga escala (MAIA et al., 2006). O projeto Cyclops, da Universidade Federal de Santa Catarina, grupo pesquisador na área de processamento de imagens, foi consultado com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de ferramentas baseadas no PACS. Em 2005 a rede entrou em produção ao ser implantada inicialmente em Quilombo, São José e Florianópolis, executando serviços de Tele-ECG e Tomografia

(**RP1**). Para integrar e distribuir os serviços pelas comunidades do estado foram criadas ferramentas (**RP2**) com o objetivo de permitir o diagnóstico rápido e colaborativo. Uma delas, o Portal de Telemedicina, é uma ferramenta que permitiu o acesso WEB a dados, laudos, requisição de internamentos, entre outros, sendo considerada uma simples para prática radiológica. Também foram criadas uma ferramenta para teleconferência radiológica e outra para aquisição de dados não-DICOM (**RP2**). Através do Portal de Telemedicina, comunidades de médicos, especialistas, enfermeiros e técnicos podem interagir com o sistema. Por exemplo, um médico requisita um exame pelo sistema para um paciente, que o realiza para ser, posteriormente, analisado a fim de se produzir um laudo por um ou mais especialistas. O diretor de regulação tem acesso aos laudos e pode autorizar o internamento do paciente, inclusive aqueles que precisam de tratamento que envolva custos maiores. Em adição, estudos de imagens gerados de equipamentos diversos podem ser acessados por meio do portal de qualquer lugar, com criptografia, autenticação de usuários, certificação digital, além do uso de um *token*, a fim de garantir a confidencialidade na distribuição de informações (VON WANGENHEIM, 2009; MAIA et al., 2006). Um navegador web e uma conexão com a Internet permitem que um especialista consiga interpretar estudos de imagens médicas, sem a necessidade de softwares adicionais (**RP4**). A dependência apenas de um navegador web para execução de laudos torna seu uso simples (**RP3**).

PP2: construir sobre a base instalada – As aplicações desenvolvidas foram projetadas para executar sobre a infraestrutura da Internet, que provê transporte e serviço (**RP5**). A RCTM foi baseada na infraestrutura de rede pública, a Internet. Portanto, para efetuar o acesso, o usuário necessita apenas de um computador com navegador e acesso à Internet (**RP6**) na maioria dos casos (Figura 15).

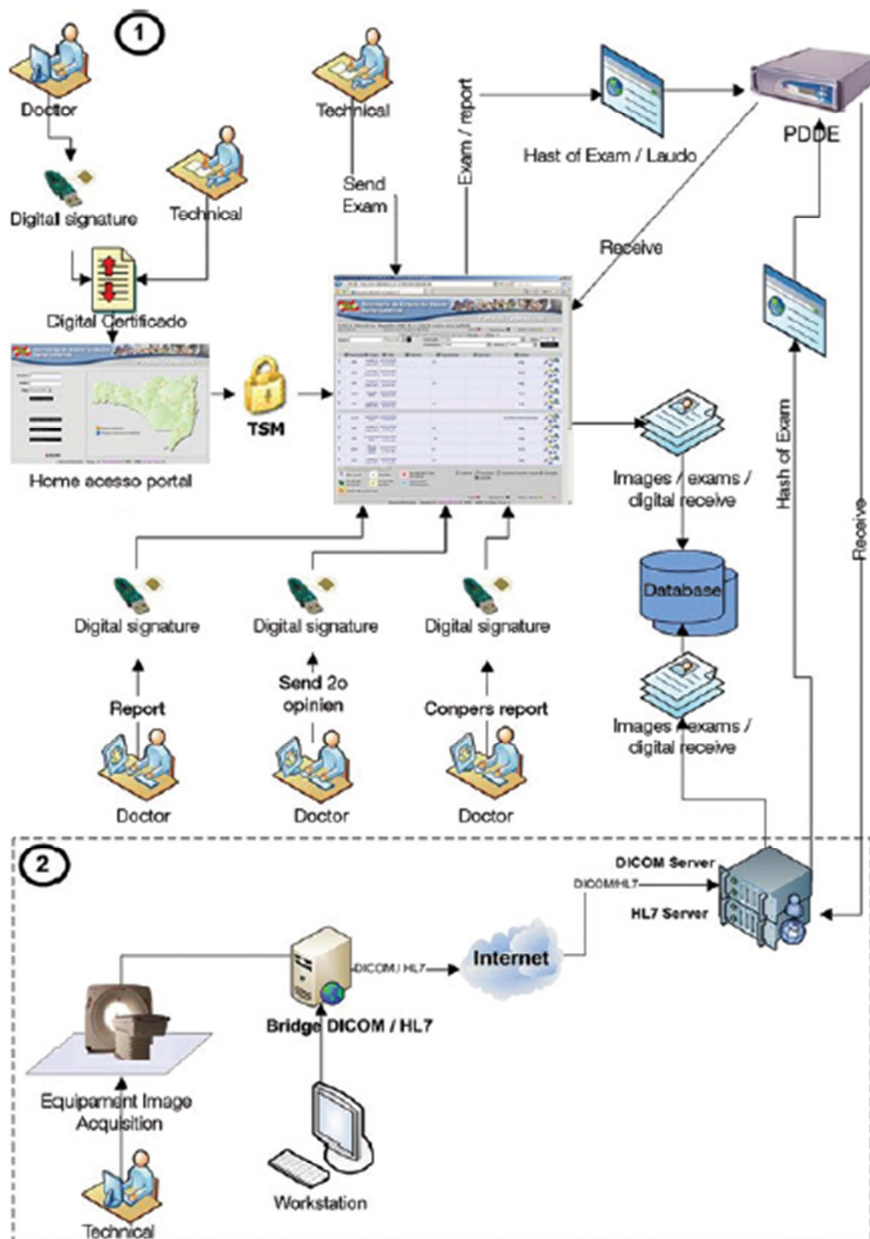


Figura 15: Modelo de integração de ferramentas para acesso ao Portal de Telemedicina
Fonte: VON WANGENHEIM, 2009

A Figura 15 mostra o modelo de integração adotado pela RCTM. O Portal de Telemedicina é uma aplicação WEB, desenvolvida em PHP, que possibilita acesso a informações de pacientes. Essa aplicação se aproveita dos serviços oferecidos por outra infraestrutura, a Internet – em camadas sobrepostas, dessa forma evitando a criação de novas infraestruturas (**RP7**). Para satisfazer a demanda gerada por equipamentos incompatíveis com o padrão DICOM, foi desenvolvido o *DICOMizer*. Através dele, foi possível integrar tais equipamentos à rede de telemedicina. A possibilidade de integração com a rede permitiu que houvesse uma crescente

aceitação da rede pelas comunidades envolvidas, que gradualmente se multiplicaram por todo o estado em áreas rurais e urbanas, utilizando-se principalmente de conexões ADSL e rádio (**RP8**).

PP3: expandir a base instalada com táticas persuasivas – A rede iniciou-se em 2005 em hospitais de pouco mais de três cidades, com apoio da Secretaria de Saúde de Santa Catarina, em parceria com a Universidade Federal desse estado. Gradualmente, foram sendo incorporadas mais cidades, chegando em 2012 a 291 municípios, envolvendo 404 instituições de saúde, oferecendo serviços de telemedicina síncronos e assíncronos. Teve-se como atrator principal a possibilidade de visualização, análise e laudo de estudos de imagens obtidos de equipamentos DICOM e não-DICOM, com um mínimo ou nenhuma alteração nas configurações dos equipamentos das instituições de saúde locais, permitindo também colaboração entre profissionais de saúde, com armazenamento local e distribuído de imagens. Serviços de telemedicina síncronos – teleconsulta, por exemplo– foram adicionados devido a necessidade de interação entre profissionais, ou entre eles e estudantes, a fim de alcançar o diagnóstico colaborativo e o aprendizado (**RP9**).

Até 2008, com a expansão da RCTM, outros tipos de exames foram incorporadas tais como: cintilografia, colonoscopia, densitometria óssea, eletrocardiografia, endoscopia, hemodinâmica, medicina nuclear, nutrição parenteral, otorrinolaringologia, tomografia computadorizada, ultrassom e vídeo-eletroencefalografia (SAVARIS, 2008) (**RP10**). O Portal de Telemedicina possibilitou que imagens de pacientes geradas em cidades distantes pudessem ser acessadas por vários especialistas, permitindo que eles pudessem colaborar uns com os outros na confecção do laudo, além de descentralizar tal serviço, oferecendo também a capacidade de trabalhar com dados heterogêneos, como vídeo, áudio e XML. Além disso, com a expansão da rede, expandiu-se também as possibilidades de adição de novos equipamentos, novas formas de diagnóstico, e adesão de novas comunidades de profissionais a partir de um treinamento simples (**RP11**). O grupo de pesquisa de processamento de imagens, denominado Projeto Cyclops, da Universidade Federal de Santa Catarina é o responsável pelo desenvolvimento, customização e suporte às ferramentas desenvolvidas. Comunidades de médicos e pacientes interagem com os sistemas de maneiras diversas. No desenvolvimento de novas aplicações, profissionais de saúde recebem treinamento e suporte da comunidade envolvida (**RP12**). Além disso, no desenvolvimento de novas aplicações, como a denominada

Nutrição Parenteral, profissionais de saúde recebem treinamento e suporte da comunidade envolvida (**RP12**).

A educação permanente foi uma das funções fundamentais envolvidas no projeto, usando alternativas para capacitação e formação à distância, envolvendo também simuladores móveis no treinamento e adaptação das equipes das unidades auxiliadas (**RP12**) (PROJETO DE TELESSAÚDE, 2007).

PP4: Tornar as capacidades de TI simples – A RCTM foi projetada para o suporte ao diagnóstico de saúde pública em larga escala, devendo fornecer um meio eletrônico simples para possibilitar relatórios de laudo, conectando informações de pacientes, equipamentos e recursos para diagnóstico (MAIA et al., 2006) (**RP13**). O alto nível de acoplamento pode ser visualizado em algumas partes da RCTM. Cada um dos parceiros associados à rede de telemedicina utiliza um *Bridge* entre os equipamentos e o Portal, pelo qual recebe as imagens (DICOM e não DICOM), armazena, transmite e recebe informações do Portal. Tal *Bridge* é importante principalmente porque fornece armazenamento local, permitindo a continuidade do trabalho de coleta e armazenamento de imagens locais. Um aspecto importante do DICOM reside no fato de que as aplicações DICOM (Camada de Aplicação) se conectam aos serviços oferecidos pelos protocolos TCP/IP, de maneira análoga ao funcionamento do e-mail, isto é, o DICOM se conecta ao TCP/IP através de sua sintaxe própria (PIANYKH, 2012; WALLAUER, 2008), criando uma rede lógica virtual entre aplicações DICOM. Na RCTM, foi criada ainda uma camada para integração de informações através do HL7. O objetivo do HL7 entre essas duas camadas é fornecer um meio de padronização e interoperabilidade das informações antes que essas possam ser persistidas no banco de dados, assim permitindo a conexão de camadas diferentes com fraco acoplamento (Figura 16) (**RP14**).

Tabela 6: Interpretação das regras relativa ao problema do bootstrap e da adaptabilidade para o estudo de caso da Rede de Telemedicina de Santa Catarina.

Princípio de Projeto	Regra de Projeto	Nível de Satisfação	Evidência
1. Projetar para utilidade direta (BOOTSTRAP).	RP1.	+++	Projeto foi implantado em Agosto de 2005 em algumas poucas organizações: Na cidade de Quilombo que recebeu um Tele-ECG; São José, com seu SPECT (tomografia computadorizada por emissão de fóton único) e No Hospital Universitário de Santa Catarina com seu Tele-ECG.
	RP2.	+++	Ferramentas foram criadas, tais como, o Portal de Telemedicina, ferramenta de suporte a diagnósticos de sinais e imagens médicas, ferramenta para teleconferência radiológica, ferramenta para aquisição de dados não-DICOM, entre outras, implantadas gradualmente.
	RP3.	+++	O Portal de Telemedicina é a principal tecnologia da RCTM, ela permite acesso a quaisquer informações de saúde a partir de um navegador, independentemente da natureza heterogênea dos dados, evitando instalações mais complexas de software,
	RP4.	+++	Serviços assíncronos de telemedicina foram implementados, tais como: - O portal de telemedicina: uma ferramenta web que permitiu o acesso a dados, requisição de internamentos, visualização e laudo de imagens, etc; - Ferramenta de teleconferência radiológica: uma ferramenta colaborativa para geração de diagnóstico. - O CyclopsDCMServer coleta imagens DICOM e não DICOM que são tratadas e armazenadas em um banco de dados da UFSC, ficando disponíveis para os médicos após terem sido analisadas por um especialista, através do Portal de Telemedicina.
2. Construir sobre a base instalada (BOOTSTRAP).	RP5.	++	As aplicações desenvolvidas foram projetadas para executar sobre a infraestrutura local e a Internet, que proveem transporte e serviço, embora necessária à adição de uma <i>Bridge</i> em cada instituição parceira.
	RP6.	++	A RCTM foi baseada na infraestrutura de rede pública, a Internet. Portanto, para possibilitar o acesso a estudos de imagens médicas, há a necessidade apenas de um computador com navegador e acesso a Internet, embora existam exceções.
	RP7.	+++	O Portal de Telemedicina é uma aplicação WEB, desenvolvida em PHP, que possibilita acesso a informações de pacientes, assim atuando como uma aplicação que explora os serviços oferecidos pela Internet.
	RP8.	+++	Conexões baseadas em DSL e Rádio possibilitaram a integração crescente de parceiros com a rede.

(+++)**Fortemente Evidenciada** (++)**Evidenciada** (+)**Fracamente Evidenciada** (NE)**Não Evidenciada** (–)**Contraditória**

Regra de	Nível de	Exatidão
----------	----------	----------

(+++)**Fortemente Evidenciada** (++)**Evidenciada** (+)**Fracamente Evidenciada** (NE)**Não Evidenciada** (–)**Contraditória**

(+++) **Fortemente Evidenciada** (++) **Evidenciada** (+) **Fracamente Evidenciada** (NE) **Não Evidenciada** (–) **Contraditória**

Continuação da tabela 6 – Interpretação das regras relativa ao problema do bootstrap e da adaptabilidade para o estudo de caso da Rede de Telemedicina de Santa Catarina.

Princípio de Projeto	Regra de Projeto	Nível de Satisfação	Evidência
4. Tornar os recursos de TI simples (ADAPTABILIDADE)	RP13.	+	A RCTM foi projetada para o suporte ao diagnóstico de saúde pública em larga escala, devendo fornecer um meio eletrônico simples para possibilitar relatórios e laudo, conectando informações de pacientes, equipamentos e recursos para diagnóstico, entretanto a imposição de uma <i>Bridge</i> nas organizações dificulta a expansão da rede devido à sua complexidade técnica, além de possibilitar o surgimento de lock-ins, aumentar o nível de abstração funcional e de conexões entre elementos técnicos e sociais.
	RP14.	++	As camadas de aplicação (Visualizadores, Dicomizer, etc) se conectam a camada HL7 (Gateway), que se conecta ao banco de dados, é um exemplo de sobreposição de recursos, entretanto a Bridge implantada nos parceiros acumulam várias funções.
5. Modularizar a II (ADAPTABILIDADE)	RP15.	++	No início existia um forte acoplamento em relação à obrigatoriedade do uso de um software de visualização fornecido pelo projeto, mas que, nos anos seguintes essa obrigatoriedade desapareceu. No que diz respeito à aplicação, serviço e transporte, existe certa rigidez, causada pela dependência do Portal de Telemedicina com uma <i>Bridge</i>: • Aplicação (Aplicações DICOM): Java DICOM Viewer (obrigatório inicialmente), Osirix, etc (atualmente é possível o uso de outros visualizadores); • Serviço: Rede DICOM (DIMSE e SOP (PIANYKH, 2012)); • Transporte: TCP/IP
	RP16.	+++	O desenvolvimento do <i>DICOMizer</i> permitiu que imagens e vídeos no formato NEMA pudessem ser coletados e enviados para o Portal de Telemedicina, trabalhando como um gateway entre versões de um mesmo padrão.
	RP17.	+++	Aplicações (seja sistema ou equipamento) e banco de dados estão interligados através de uma camada intermediária que trabalha com o HL7 (Aplicação) e com o SQL (Banco de dados), fornecendo interoperabilidade e integração entre elas.
	RP18.	+	Exceto o fato de que, no início do projeto um serviço de e-mail via web com tipos MIME que permitiam a conexão com o Portal, foi disponibilizado para alguns médicos, não há evidências sobre outras infraestruturas de rede conectadas a RTSC.
	RP19.	NE	Não foram evidenciados planos de transição. Tais planos poderiam ser empregados para acomodação de outras infraestruturas utilizadas noutras regiões.

(+++)- Fortemente Evidenciada (++) Evidenciada (+) Fracamente Evidenciada (NE) Não Evidenciada (–) Contraditória

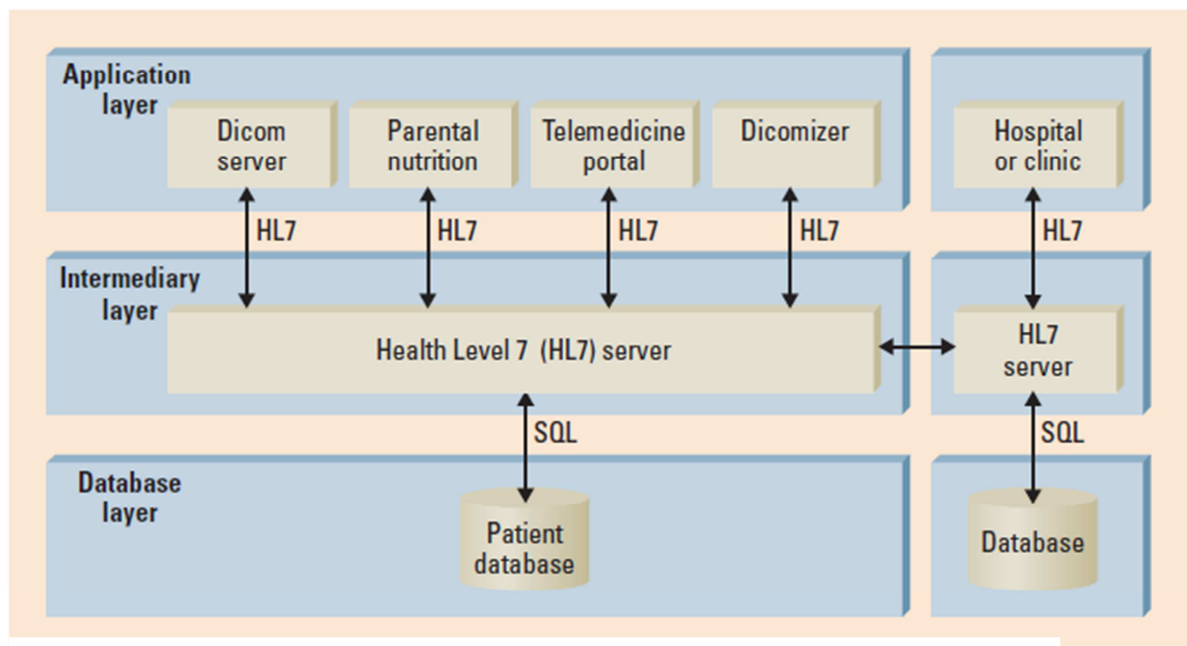


Figura 16: Interoperabilidade na rede de Telemedicina. O HL7 trabalha como um gateway entre a camada de aplicação e o banco de dados.
Fonte: WALLAUER, 2008

PP5: Modularizar a II – No início existia um forte acoplamento em relação à obrigatoriedade do uso de um software de visualização e laudo próprio, mas que, nos anos seguintes essa obrigatoriedade desapareceu. No que diz respeito à aplicação, serviço e transporte, o nível de acoplamento não é tão fraco, pois existe uma dependência do Portal de Telemedicina com uma *Bridge* (**RP15**):

- Aplicação (Aplicações DICOM): Java DICOM Viewer (obrigatório inicialmente), Osirix, etc (atualmente é possível o uso de outros visualizadores);
- Serviço: Rede DICOM (DIMSE e SOP (PIANYKH, 2012));
- Transporte: TCP/IP.

O desenvolvimento do *DICOMizer* permitiu que imagens e vídeos no formato não DICOM pudessem ser coletadas, convertidas para DICOM e enviadas diretamente para o portal, permitindo que equipamentos médicos antigos, que não apresentavam compatibilidade com o padrão DICOM pudessem ser incorporados à rede, trabalhando dessa forma como um *gateway* entre versões de um mesmo padrão (**RP16**). Há ainda a possibilidade que imagens no formato NEMA (PIANYKH, 2012)

sejam convertidas para o DICOM. Aplicações (seja um sistema ou equipamento) ou banco de dados estão interligados através de uma camada intermediária que trabalha com o HL7 (Aplicação) e com o SQL (Banco de dados), fornecendo interoperabilidade e integração entre elas (**RP17**). No início do projeto, um serviço de e-mail via web com suporte a tipos MIME que permitiam a conexão com o Portal foi disponibilizado para alguns médicos (**RP18**). Em relação a planos de transição, eles poderiam ser empregados para acomodação de outras infraestruturas utilizadas noutras regiões, contudo não há evidências que comprovem a conexão com outras infraestruturas, não evidenciando, portanto, a **RP19**.

As Figuras 17 e 18 ilustram uma visão alternativa à tabela apresentada anteriormente, referente à distribuição das regras de projeto para o caso de Santa Catarina, no Brasil, relativas aos problemas do *bootstrap* e da adaptabilidade, respectivamente.

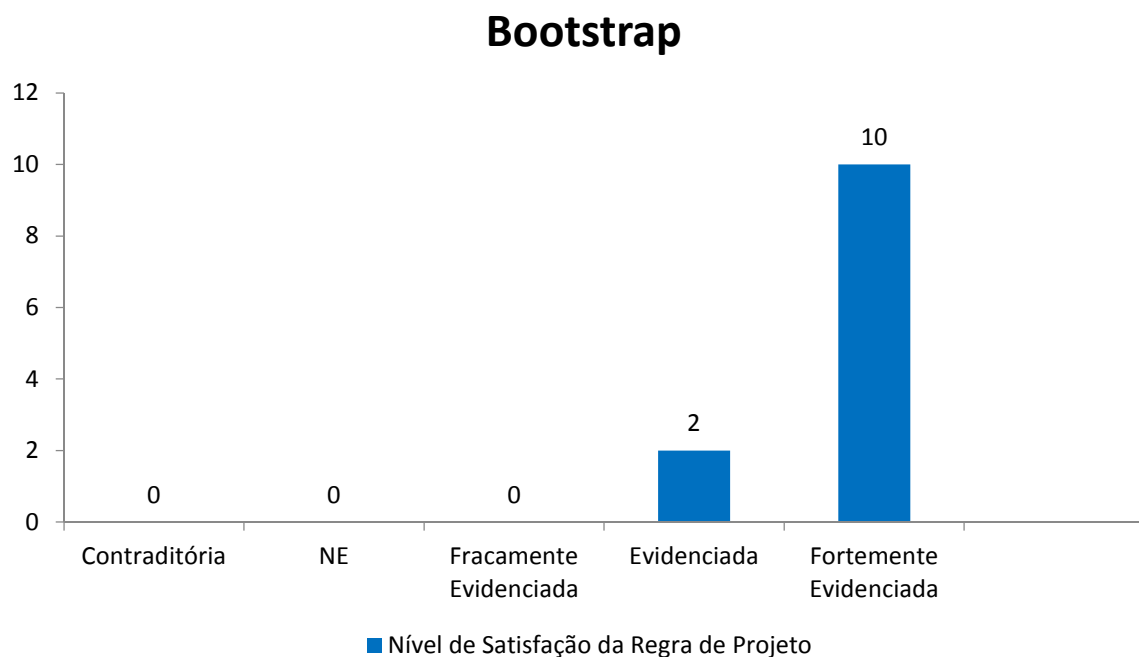


Figura 17: Incidência das regras de projeto para o problema do Bootstrap no caso de Santa Catarina.

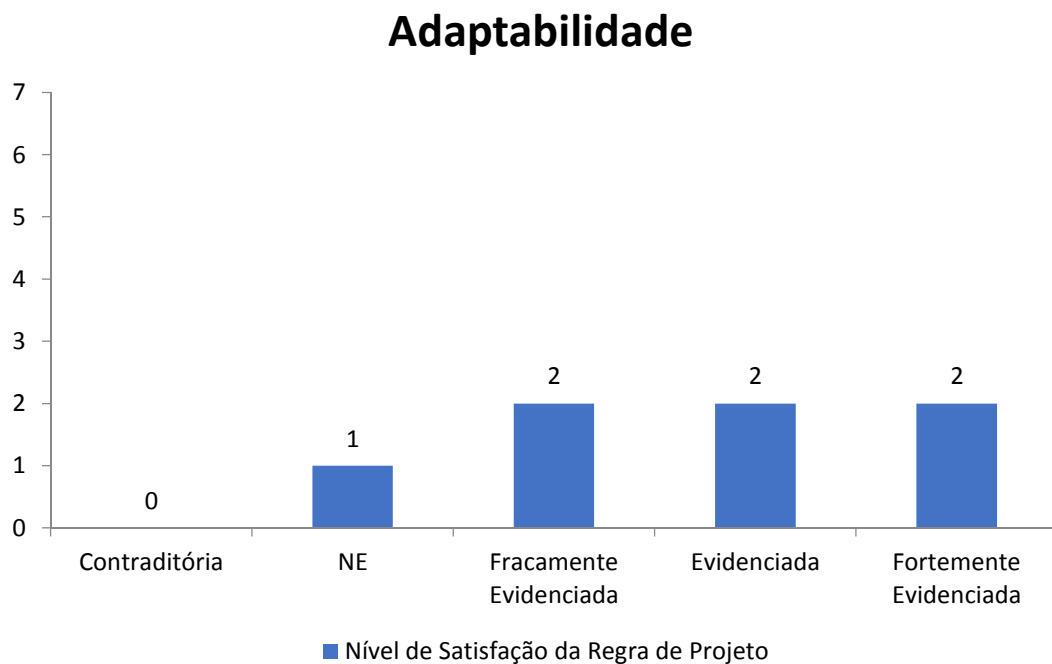


Figura 18: Incidência das regras de projeto para o problema da Adaptabilidade no caso de Santa Catarina.

4.3.3 Discussão

Evitar o deslocamento de pacientes em direção aos grandes centros, reduzir custos de deslocamento, permitir a colaboração na confecção de laudos, redução do tempo de espera, principalmente para casos de cirurgia e traumas, além de descentralização dos serviços de diagnóstico especializados, foram alguns dos benefícios trazidos pela implantação da rede de telemedicina em Santa Catarina, que envolveu pouco a pouco as cidades do estado, como mostra a Figura 19.

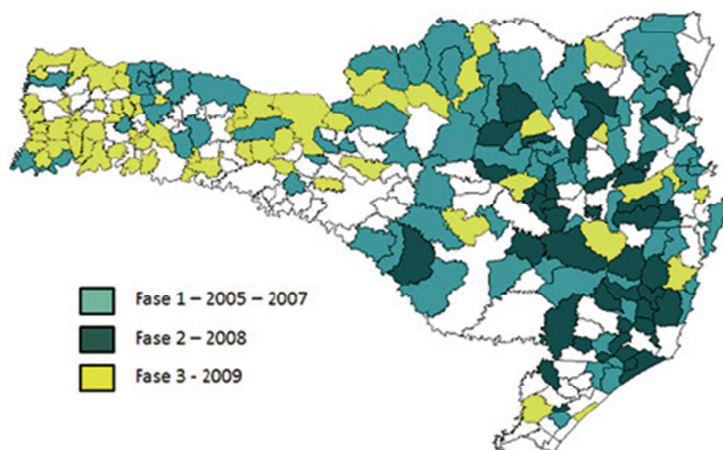


Figura 19: Mapa da expansão até 2009
Fonte: VON WANGENHEIM, 2009

Embora a quantidade de comunidades seja crescente e a baixa complexidade relativas ao uso do Portal atraia mais parceiros, a expansão dessa infraestrutura para outros locais além do estado de Santa Catarina poderá não ser tão simples, seja pela exigência de implantação de alguns elementos ou pela desconfiança de médicos e organizações, como aconteceu nas fases iniciais do projeto (Informação pessoal)⁷. Apesar da RCTM ser atrativa devido suas características, ela se apresenta como uma infraestrutura rígida, do ponto de vista geral de acoplamento, tendo como consequência a necessidade de uma Bridge entre a organização que coleta as imagens e o Portal de Telemedicina. Como é previsível que outras regiões, além dos limites de Santa Catarina, possam existir organizações se utilizando de outras infraestruturas para coleta, armazenamento, distribuição e integração de estudos de imagens médicas e informações de pacientes, é possível que sejam encontradas outras soluções que possam não serem integradas à RCTM, abrindo-se uma lacuna que poderia ser preenchida pela possibilidade de adaptação dessa infraestrutura. Assim, essa rigidez dificulta a integração com comunidades que já possuam soluções bem resolvidas, requerendo, portanto, variação de componentes, fato que ainda não é possível observar nesse contexto. Portanto, considerando que uma das principais características das infraestruturas de informação é ser aberta e compartilhada, e que essa abertura implica uma estrutura modularizada, flexível e fracamente acoplada, exigências tecnológicas e sociais podem restringir a expansão dessa rede para além de Santa Catarina.

Quanto a esse processo de expansão da rede pelo interior do estado, ele foi promovido inicialmente por fundos governamentais, embora mais tarde tenha alcançando sua sustentabilidade. Contudo, à medida que a rede se expandiu, cresceu também o fenômeno da irreversibilidade do sistema, caracterizado pela forte conexão entre seus parceiros e os componentes tecnológicos e sociais exigidos pelo projeto, isto é, após atingir determinado estágio de propagação, foi alcançado um caminho sem retorno, em que existe uma forte dependência entre seus elementos.

Quanto à governança, ou controle da RCTM, percebem-se vários órgãos envolvidos, todavia, não está clara a divisão de controle das partes da rede, ou seja, qual órgão é responsável por qual parte, dessa forma impossibilitando a verificação

⁷ Wagner, H. M. RTSC Project. Mensagem recebida por harley@telemedicina.ufsc.br em 25/05/2015

do nível de abstração funcional de que trata a **RP13**. Sabe-se que o HU-UFSC, através do grupo Cyclops, exerce a gestão da parte técnica responsável pela produção de software, contudo, as decisões relativas à incorporação de novos recursos e novas comunidades de parceiros podem estar além de abrangência de sua gestão. É importante destacar que o HU/UFSC e a Secretaria de Saúde do Estado estão inseridos na Rede Comunitária Metropolitana para Ensino e Pesquisa de Florianópolis (REMEP-FLN) e possui conectividade com a Rede Nacional de Pesquisa (RNP) através do POP SC. Esse fato tende a facilitar uma possível expansão do projeto para interligação com outras regiões e outros hospitais universitários.

A forma como esses elementos estão conectados poderão facilitar sua expansão ou mesmo restringi-la. Por outro lado, os artigos e sites relacionados ao projeto não deixam claro sobre a legislação que impede que instituições privadas possam fazer parte da rede, bem como, se outras comunidades de desenvolvedores podem produzir para a rede, ou ainda, diante dessa impossibilidade, até que ponto o desenvolvimento de recursos de outras comunidades de desenvolvedores poderiam se inserir. Portanto, mesmo que o modelo de gestão, aparentemente centralizado, possa facilitar o controle da RCTM, por outro lado cria um alto nível de rigidez, visto que dificulta a entrada de outras instituições. Assim, de acordo com a **RP13**, a quantidade de elementos sociais e técnicos podem dificultar alterações futuras, uma vez que aumenta a complexidade, as barreiras à inclusão de novas comunidades e o nível do acoplamento e, de fato, influenciam na heterogeneidade e evolução da RCTM. A sobreposição de recursos de TI facilita e promove tais alterações quando necessárias, como visto no fraco acoplamento entre o DICOM, HL7 e Banco de dados (SQL) proposta pela **RP14**, possibilitando a adaptabilidade. Em oposição a isso, observa-se que essa adaptabilidade poderia estar presente em outros recursos, como no CyclopsDCMServer.

É importante destacar PIANYKH (2012, pag. 340). Inicialmente ele ressalta a importância da granularidade fina do PACS, isto é, quanto mais fragmentado a infraestrutura e quanto mais independentes suas partes forem umas das outras, menor será a probabilidade de que eventos quaisquer influenciem e comprometam todo o sistema. Essa granularidade implica modularidade e adaptação, de forma que a infraestrutura consiga abranger um número crescente de comunidades diversas e

heterogêneas. A RCTM embora crescente e madura – com 10 anos de atuação – ainda precisa evoluir visando alta modularidade para acolher uma alta variação de componentes, com estratégias para potencializar o uso de infraestruturas com acoplamento fraco, apesar dos indícios de que a rede vem perseguindo essa tendência. Como exemplo, cita-se o fato de que, inicialmente os parceiros tinham que utilizar o Java DICOM Viewer nas atividades de diagnóstico, entretanto, atualmente as organizações estão livres para utilizar quaisquer outras ferramentas para esse propósito. Isso demonstra que a RCTM tem adequado suas capacidades para se conectar a elementos distintos.

Cada organização deve ter pelo menos uma Bridge para coletar e enviar informações de pacientes ao repositório central, portanto, ao mesmo tempo em que esse recurso possibilita a compatibilidade com equipamento legados, ele remete a uma provável situação de *lock-in*, como consequência futura, isto é, um aprisionamento tecnológico que pode dificultar sua expansão. A legislação impede que comunidades diversas façam parte da rede. Assim sendo, o fato da implantação da Bridge não torna a infraestrutura tão simples de modificação e expansão, visto a complexidade técnica e social tratada na **RP13**.

O Portal de Telemedicina tem como ponto central o CyclopsDCMServer, seu servidor DICOM central, para o qual converge todo o fluxo de informações da RCTM. Esse servidor possibilita a atualização contínua das informações do portal, principalmente porque ele coleta dados dos servidores DICOM locais dos parceiros, alimentando o Portal, que por sua vez pode ser acessado a partir de qualquer navegador *web*. Entretanto não é possível visualizar o nível de abertura do CyclopsDCMServer para com outras aplicações (modularidade), ou seja, quais critérios permitem ou restringem a conexão de softwares diversos desenvolvidos por outras comunidades e para com outras necessidades. Do ponto de vista social, essa magnitude do acoplamento aparece diante da legislação que rege quem pode fazer parte da RCTM e quem não pode, sendo, portanto, um obstáculo à expansão da rede para outras regiões e para com organizações privadas.

Vê-se que esse modelo infraestrutural poderia ser mais cooperativo, de forma que pudesse ser capaz de aceitar a associação e desassociação de componentes diversos e de formas inesperadas, possibilitando a variação de elementos técnicos e

sociais, facilitando também o surgimento de outras centrais que pudessem atuar de forma sociotécnica autônoma, porém com algum ponto de integração entre essas redes. Decisões como, por exemplo, a de utilizar produtos desenvolvidos pelo próprio projeto, pode restringir a expansão do sistema. Sabe-se que existe um gama de soluções para telerradiologia, e a RCTM poderia aceitar essa variação de componentes de parceiros heterogêneos. O modelo adotado pode vir a dificultar essa adaptabilidade e ainda não é possível observar *gateways* operando e interagindo com a RCTM a partir de regiões fora de Santa Catarina. Tudo isso remete à impossibilidade de que ela seja, no contexto em que atua, uma rede livre de escala – que se caracterizaria pela possibilidade de ser aberta o suficiente para aceitar novas conexões de parceiros diversos com soluções heterogêneas e de formas inesperadas (e.g. qualquer organização pode se conectar a Internet e utilizar seus serviços, sendo suficiente pra isso seguir algumas regras mínimas), com a formação de *hubs*. Uma vez que ela pudesse ter as características de uma rede livre de escala, a quantidade de nós, isto é, de parceiros da RCTM, cresceria de forma ilimitada, tornando-se uma rede heterogênea e com um grande número de conexões independentes, integradas através de *gateways*. No entanto, o modelo atual ainda não permite o surgimento de novas centrais, que poderiam retirar essa carga de responsabilidade para com o Portal e evitar eventuais colapsos ou escassez de recursos.

Outro aspecto importante está no fato de que a RCTM não representa um PACS regional, que se caracteriza por servidores PACS que permitem conexões diretas através de Workstations e equipamentos DICOM através da WAN. Se a RCTM, de fato, transpassar as fronteiras de Santa Catarina, há grande possibilidade de que ela encontre outros modelos de infraestruturas, como é o caso dos PACS regionais. Dessa forma, como poderia ser feita essa integração, visto que nessa infraestrutura os visualizadores estão diretamente conectados aos servidores PACS em portas específicas? Qual seria o ponto de integração? Além disso, questões relacionadas à legislação dentro do estado ainda não permitem instituições privadas na RCTM, sendo mais um desafio de ordem social a ser superado.

Apesar de ser aberta às organizações públicas que queiram se integrar, médicos precisam estar previamente cadastrados, como requisito para obter acesso aos exames dessas unidades de saúde, podendo utilizar o software visualizador de

imagens que mais lhe adequar. Para alguns tipos de exames de estudos de imagens, como ressonância, o médico precisa ter um equipamento previamente configurado, para outros tipos de exames, como Raios-X e Tomografia, é possível acessá-los e laudá-los de qualquer computador conectado à Internet (Informação pessoal)⁸. Percebe-se assim que nem todo exame poderá ser laudado à distância se não houver um equipamento previamente configurado. Segundo um dos autores do projeto, cita que organizações privadas não podem fazer parte da RCTM, motivado pela falta de uma legislação específica para isso (Informação pessoal)⁹.

O fato de satisfazer a maioria das regras de projeto fortalece o argumento de que tal rede possa ser uma candidata a infraestrutura de informação a ser adotada em outros locais no Brasil, uma vez que ela contém características que podem lhe colocar à além das fronteiras do estado de Santa Catarina, ao permitir compatibilidade com equipamentos não DICOM e interoperabilidade via WEB, apesar de sua implantação ser complexa em termos técnicos e sociais. Sua abertura é limitada a instituições públicas, dessa forma delimitando seu espaço de compartilhamento entre algumas comunidades, apesar de sua heterogeneidade e diversidade sociotécnica permanecerem em crescimento.

Um aspecto que contraria o conceito de infraestrutura de informação está em sua forma de controle. Toda a gestão da rede é delegada a órgãos governamentais que a coordenam de forma centralizada e dispõem sobre as regras de acesso, de acordo com a legislação ou a ausência dela, isto é, a RCTM não está flexível o suficiente para aceitar conexões arbitrárias e imprevisíveis. Um exemplo disso pode ser visto quando há a necessidade de cooperação entre médicos da rede pública e da rede privada, o que seria ideal se eles pudessem colaborar uns com outros, porém a ausência ou necessidade de acordos e negociações, além da dificuldade técnica exigida para o estabelecimento de conexões com locais não predefinidos, tornam o projeto inflexível, o que poderia ser diferente se a gestão das várias partes pudesse ser partilhada, englobando comunidades diversas, órgãos privados ou não. Portanto, para se ter uma confirmação mais abrangente da dinâmica dessa rede, será necessário esperar que ela possa ultrapassar os limites daquele estado e da própria legislação, de forma que seja possível analisar seu comportamento e

⁸ Wagner, H. M. **RTSC Project**. Mensagem recebida por harley@telemedicina.ufsc.br em 04/05/2015

⁹ Wagner, H. M. **RTSC Project**. Mensagem recebida por harley@telemedicina.ufsc.br em 25/05/2015

governança por entre outras comunidades, e ainda, a possibilidade de que ela possa derrubar as barreiras técnicas e sociais, visando conexões imprevisíveis com módulos independentes, de modo a aumentar as perspectivas de reorganização e de trajetórias, podendo acomodar outras soluções baseadas em infraestruturas diversas, e possibilitando que essas novas redes possam se multiplicar sem no entanto perder a incompatibilidade com a RCTM.

5. DISCUSSÃO FINAL

Uma abordagem holística dos casos é necessária na discussão, a fim de se avançar o conhecimento dos fenômenos que podem dificultar a formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia.

Depois de analisados os três estudos de caso, cada um deles baseado em modelos de teleradiologia diferentes uns dos outros, observa-se que, apesar do objetivo inicial das organizações envolvidas serem os mesmos – viabilizar a troca de estudos de imagens médicas e informações de pacientes em qualquer direção e para qualquer lugar em uma determinada região, visando à melhoria no cuidado com pacientes – todas elas passaram pelo menos por uma das seguintes tarefas:

- Selecionar o modelo de infraestrutura para a telerradiologia a ser implementado;
- Selecionar os serviços, síncronos e/ou assíncronos, a serem disponibilizados;
- Definir o alcance ou abrangência da rede de telerradiologia selecionada;
- Selecionar protocolos, padrões e demais meios físicos e sociais relacionados à segurança das informações e imagens de pacientes, e ainda aqueles relacionados às questões éticas;
- Selecionar fornecedores diversos, seja de software ou hardware;
- Adequar o projeto à legislação vigente;

Tais tarefas são parte de uma abordagem para resolução de um, ou de alguns dos problemas a seguir, relacionados à telerradiologia:

- Escassez de especialistas capazes de laudar exames de imagens médicas;
- Alta demanda de exames de imagens em regiões diversas;

- Altos custos com deslocamento de pacientes, além da possibilidade de recorrência no transporte, de áreas longínquas para regiões com concentração de especialistas;
- Incapacidade de prover laudos colaborativos;
- Ausência de sincronia para com a atualização do prontuário de pacientes baseada em estudos de imagens médicas realizados em diferentes hospitais de uma mesma região;

A implantação das soluções, em qualquer um dos casos, buscava satisfazer necessidades iniciais, sendo, portanto, projetadas visando cobrir as deficiências de uma região específica, embora em um caso ou noutro, já existissem instituições utilizando alguma solução para este fim, mesmo antes da implementação dos projetos planejados.

A TPCD possibilitou analisar cada um dos casos, e essa análise buscou pela compreensão do comportamento dessas soluções durante o tempo. É importante destacar mais uma vez que esses casos se originaram antes da teoria ter sido publicada e que as regras da teoria foram aplicadas de modo a testar sua falseabilidade, ao mesmo tempo buscando revelar pelo menos uma instância dessas regras dentro de cada estudo de caso analisado. Por outro lado, é considerável saber que os casos não foram acompanhados *in loco*, mas pela análise limitada de documentos e curtas entrevistas via e-mail em alguns dos casos, portanto reduzindo a possibilidade de uma investigação mais profunda. No início do trabalho estava prevista a análise de quatro casos pelo menos, todavia, o maior obstáculo na seleção dos casos foi a falta de documentação suficiente à análise.

Embora a análise tenha se limitado a telerradiologia, o comportamento dos casos revela a complexidade dos sistemas de saúde, desde seu planejamento, inicialização até sua contínua evolução. Como citado por HANSETH e LYYTINEN (2010), a expansão e evolução desses sistemas é permitida ou restringida pelos componentes que lá existem, e qualquer decisão tomada no início do projeto, ou mesmo durante sua evolução, pode produzir efeitos irreversíveis no futuro, assim, alguns fenômenos de fundamental importância, são observáveis nos casos: armadilhas tecnológicas (*technology traps*), *lock-ins*, salientes reversos (*reverse*

salients), além dos fenômenos descritos pelo SAC. Tais manifestações norteiam a trajetória de um sistema e interferem em sua evolução e escalabilidade.

No caso do Reino Unido, armadilhas tecnológicas tais como a contratação de fornecedores PACS terceirizados e a adoção de soluções PACS majoritariamente proprietárias, podem restringir a expansão do sistema para outras regiões, visto a dificuldade de adaptação para com outras soluções estabelecidas noutras regiões devido principalmente à inflexibilidade infraestrutural. Essa submissão às empresas privadas terceirizadas fortalece ainda a dependência quanto à necessidade de se realizar alterações em configurações locais e reaprendizado. Além disso, esse forte acoplamento entre fornecedores e instituições conduz naturalmente à geração de aprisionamentos tecnológicos (*lock-ins*). PACS proprietários usam extensões DICOM proprietárias que conseqüentemente também dificultam a expansão dessa infraestrutura.

No caso da Alemanha, armadilhas tecnológicas podem ser vistas na exigência da implantação de gateways proprietários – utilizados para mapear o AET para e-mail e vice-versa – e na necessidade de instalação de softwares visualizadores. Essa solução baseada no DICOM e-mail não permite que imagens sejam visualizadas no próprio navegador. Em relação à utilização de gateways proprietários, essa infraestrutura recai sobre a mesma problemática da solução adotada no Reino Unido, isto é, a submissão a empresas privadas, que podem restringir a expansão do sistema, embora a especificação do DICOM e-mail seja aberta.

Em Santa Catarina, armadilhas tecnológicas estão relacionadas com a legislação local, que limita quem pode projetar e participar da RCTM, um exemplo disso está no fato de instituições privadas não poderem aderir a rede; O portal de telemedicina, que centraliza todo o fluxo de informações e; a exigência de Bridges, que podem dificultar conexões com outras infraestruturas ou exigir novos gateways.

Nos casos da Alemanha e do Brasil, a recomendação era iniciar o projeto direcionado a poucas comunidades, com a precaução de buscar e selecionar ferramentas para telerradiologia que pudessem ser integradas exigindo-se um mínimo ou nenhuma alteração nas configurações da base instalada, diferentemente do Reino Unido, com seus fornecedores PACS terceirizados. Considerado que todos

os casos apresentaram propostas que atraíram comunidades para benefícios diretos e imediatos, nem sempre elas se apresentaram tão simples, baratas e fáceis de usar, como no caso do Reino Unido, que promove sua expansão a partir de soluções proprietárias, que de certa forma, alcança cedo à situação de *lock-in*, pelo qual produz certo nível de inércia local e dependência tecnológica, além de custos extras com reprojeto, reaprendizado, reorganização de componentes.

Decisões, tais como, usar o DICOM e-mail, ou uma aplicação web central como o Portal de Telemedicina, ou um PACS por uma ampla região, adotados na Alemanha, Brasil e Reino Unido, respectivamente, irão influenciar e impactar entre as comunidades, com desenvolvimento diferenciado, mesmo seguindo as mesmas regras de utilização do DICOM, como descrito pelo *Path Dependence* dos SAC: mesmo submetidos às mesmas regras e partindo de um mesmo ponto inicial, dois ou mais sistemas poderão alcançar resultados diferentes. As redes na Alemanha e Brasil apresentaram expansão, dentro de suas regiões, significativamente maior que os países que formam o Reino Unido, graças aos efeitos positivos da rede – *feedback loops*. Consequentemente, esse modelo de abertura consegue atrair de forma mais ampla, outros atratores, isto é, à medida que novos componentes são incluídos, o valor das redes se reforçam (HANSETH e LYYTINEN, 2010), alcançando assim uma situação onde não é possível mais reverter os seus efeitos. No Brasil esses efeitos positivos ocorrem em torno do Portal de Telemedicina, seu principal atrator. Através dele a RCTM conseguiu ser visualizada como uma ferramenta útil para profissionais e pacientes, prova disso reside na crescente expansão dos tipos e quantidade de exames executados pelo estado. Na Alemanha, a possibilidade de fazer o *download* de exames de imagens a partir das estações de visualização atraíram diversos parceiros, inclusive com a criação de várias redes baseadas na mesma ideia de utilizar o DICOM e-mail para tal tarefa. No Reino Unido cada região tem seu PACS ligado a algum fornecedor específico, assim sendo os *feedbacks* são delimitados pelos serviços oferecidos por esse fornecedor, isto é, tais *feedbacks* ficam limitados apenas aos usuários da região onde o fornecedor atua, impossibilitando a atração de novos atratores e outras comunidades de usuários.

Os modelos da Alemanha e Brasil conseguem atingir mais rapidamente e de forma mais ampla outras comunidades e parceiros, à medida que outras organizações vão sendo incluídas, assim, há uma contribuição para aumentar seu

valor e reforçar o processo de *path dependence*, alcançando uma situação em que não é possível mais reverter os efeitos de tais escolhas. Normalmente, atratores atraem novos atratores, portanto o nível de abertura das redes influencia diretamente sua sustentabilidade. Modelos de telerradiologia como o que foi empregado no Reino Unido, rapidamente alcançam o *lock-in*, pelo qual tendem a ficar estagnados e limitados, técnica e socialmente, a uma região específica, dificultando inclusive a ocorrência do efeito manada (*Bandwagon*). Apenas na Alemanha é possível verificar a conexão da rede DICOM e-mail com outras infraestruturas, evidenciando o efeito manada em sua forma efetiva.

No caso do Brasil, as escolhas iniciais favoreceram a migração das soluções para outras cidades do estado Santa Catarina, visto que elas tiveram a preocupação no aproveitamento de recursos já existentes, embora o acoplamento geral ainda precise se tornar socialmente e tecnicamente mais fraco, de modo a beneficiar e sustentar cada vez mais seu crescimento e se transformar em uma rede livre de escala, favorecendo ainda a generalização do modelo de solução. Atualmente, o modelo depende da existência de uma central, que não é escalável socialmente ou tecnicamente. Somente com um nível de acoplamento mais fraco se tornará possível à cooperação entre organizações, ou entre elas e profissionais de saúde de uma forma não prevista e dinâmica, fato esse que pode ser vislumbrado parcialmente no caso do Brasil – e.g. em alguns casos apenas um *Tablet* é suficiente para que médicos consigam acessar os estudos imagens médicas, em qualquer lugar a qualquer hora, via web – entretanto existem casos em que há a dependência de um software específico para visualização de imagens .

Nos três casos, desde o início de seus desenvolvimentos, outras capacidades foram sendo atribuídas aos projetos, isso é um fato comum entre os casos, mas nem sempre resultaram em melhorias no sistema como um todo. Como aconteceu no caso do Reino Unido, onde mesmo diante do investimento em terceirização, treinamento e reprojeto, radiologistas continuaram sobrecarregados. Isso indica que pode haver um desequilíbrio entre a demanda por laudos e os recursos oferecidos, embora essa rede também se mostre bastante limitada quanto às comunidades de suporte, reorganização de capacidades e conexões, com gestão dependente do Sistema Nacional de Saúde. Em todos os casos, as soluções apresentam um nível de governança centralizada, visto que em todas elas as redes

são delegadas a algum órgão que determina a incorporação de elementos diversos, fato que é suficiente para encorajar a ordem do sistema, porém mantendo-as em um nível de inércia desfavorável à recombinação, reuso e inovação, limitando a área de abrangência da rede, isto é, esse controle centralizado que determina quem pode participar e/ou projetar para essas redes, vai contra um modelo de controle amplamente distribuído por comunidades diversas, pela qual facilitaria a gestão e diminuiria as barreiras sociais e técnicas, favorecendo também o surgimento de novas capacidades e comunidades. Esse tipo de controle resultaria em uma distribuição de responsabilidades, proporcionando adaptabilidade e ordem em um sistema que pudesse atuar e acomodar um número crescente e não limitado de componentes sociais e técnicos interdependentes. O controle distribuído resultaria em distribuição de responsabilidades, proporcionando adaptabilidade e ordem em um sistema que pudesse atuar e comportar um número crescente e ilimitado de componentes sociais e técnicos interdependentes um do outro (e.g. a Internet).

De acordo com HUGHES (1987 apud HANSETH e LYYTINEN, 2010), “todo sistema evolui, mas nem todos se adaptam igualmente bem. Sistemas que alcançam cedo o *lock-in*, ou exibem muitos salientes reversos, falharão”. O DICOM foi projetado para satisfazer a demandas de distribuição local de imagens, devido à falta de um padrão de interoperabilidade dos fabricantes de equipamentos na década de 80, todavia, ao mesmo tempo em que se sanou um problema, outro permaneceu: o DICOM não foi projetado para atuar entre redes distintas. Assim desde os anos 80, muitas soluções foram projetadas para solucionar esse saliente reverso. A solução empregada na Alemanha, pelo qual exige a instalação de softwares na estação de visualização, remete a um modelo de telerradiologia mais pesado, com um nível de acoplamento significativo entre as camadas de aplicação e serviço. Nos casos do Brasil e Reino Unido é possível realizar a visualização das imagens diretamente no navegador web, dessa forma tornando o processo mais leve, sem instalação de softwares adicionais, e ainda, no caso do Brasil, é possível que as imagens sejam visualizadas em dispositivos móveis.

Segundo os SAC, sistemas altamente adaptáveis são caracterizados pela alta variação de componentes através da alta modularidade. Assim o uso de *gateways* é a chave para acomodar infraestruturas heterogêneas durante a expansão dos sistemas. O caso do Reino Unido não cita a presença de *gateways* em seu projeto,

certamente por causa da previsibilidade e certeza dos locais até onde a telerradiologia deveria chegar. Por outro lado, à medida que soluções aceitam conexões arbitrárias, dinâmicas e imprevisíveis, elas podem ser vistas ainda mais próximas da não linearidade do SAC. O uso de *gateways* tanto na Alemanha quanto no Brasil, sugere que essas soluções buscam modularidade e adaptabilidade, embora ainda existam salientes reversos que impedem a expansão dessas redes, tais como a legislação que impede que instituições privadas possam participar da RCTM e a dependência de uma central, no caso do Brasil, e o *gateway* proprietário que mapeia o AET para e-mail, no caso do DICOM e-mail na Alemanha.

Essa variação de elementos que permite ou restringe a adaptabilidade está presente através dos componentes técnicos e sociais, podendo viabilizar alta interdependência, seja diante de protocolos, padrões e órgãos de governança, seja diante de elementos técnicos quaisquer. No Reino Unido, essa modularização permitiria que os países participantes trocassem informações e imagens de pacientes através de uma já planejada adesão a perfis IHE. A Alemanha e o Brasil também poderiam adotar tais perfis prevendo a adesão de outras infraestruturas, de modo a estabelecer um padrão no tratamento das informações de paciente. A Tabela 7 mostra o nível em que cada regra de projeto da TPCD foi atendida em cada estudo de caso.

Tabela 7: Distribuição das regras de projeto pelos casos.

Princípio de Projeto	Regra de Projeto	Dicom e-mail na Alemanha	PACS no Reino Unido	RCTM
PP1	1	+++	—	+++
	2	+++	+++	+++
	3	+++	—	+++
	4	+++	+++	+++
PP2	5	+++	—	++
	6	+++	—	++
	7	+++	NE	+++
	8	+++	++	+++
PP3	9	+++	++	+++
	10	+++	+	+++
	11	+++	+	+++
	12	+++	++	+++
PP4	13	+++	—	+
	14	+++	NE	++
PP5	15	++	++	++
	16	NE	NE	+++
	17	++	NE	+++
	18	+++	—	+
	19	NE	NE	NE

(+++) Fortemente Evidenciada (++) Evidenciada (+) Fracamente Evidenciada (NE) Não Evidenciada (—) Contraditória

Através da TPCD é possível determinar se uma infraestrutura para telerradiologia está seguindo rumo à formação de uma infraestrutura com as características de uma infraestrutura de informação. As Figuras 20 e 21 ilustram as informações relativas ao problema do *bootstrap* e da *adaptabilidade* respectivamente, distribuídas pelos três casos, de acordo com a Tabela 7.

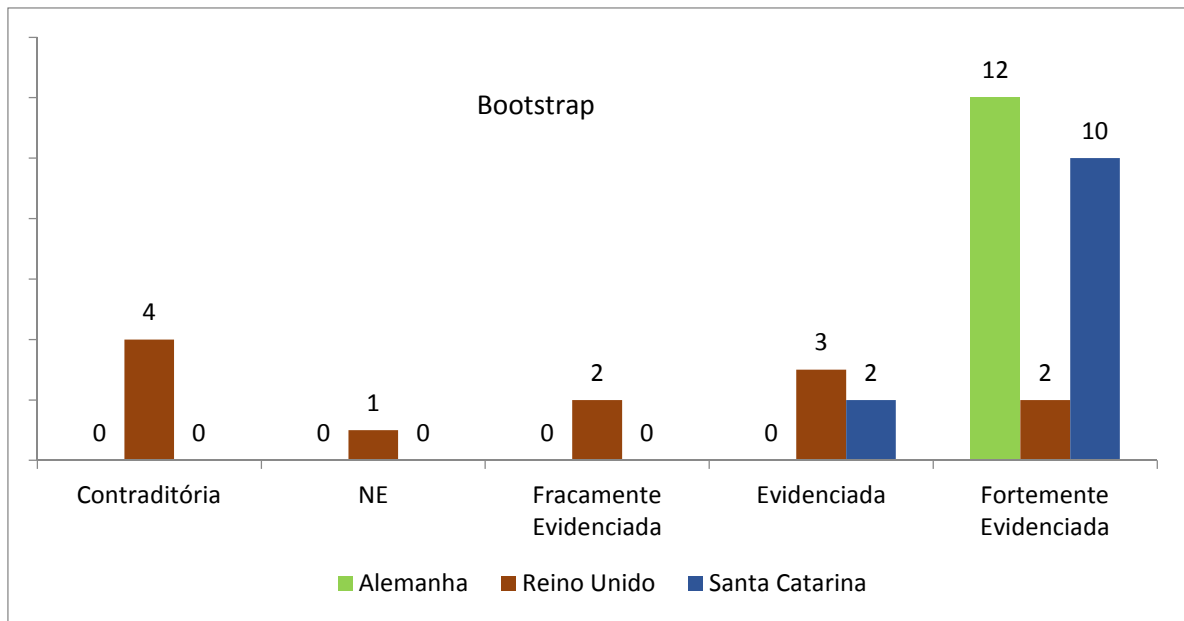


Figura 20: Variação das regras de projeto relativas ao problema do bootstrap evidenciadas em cada caso.

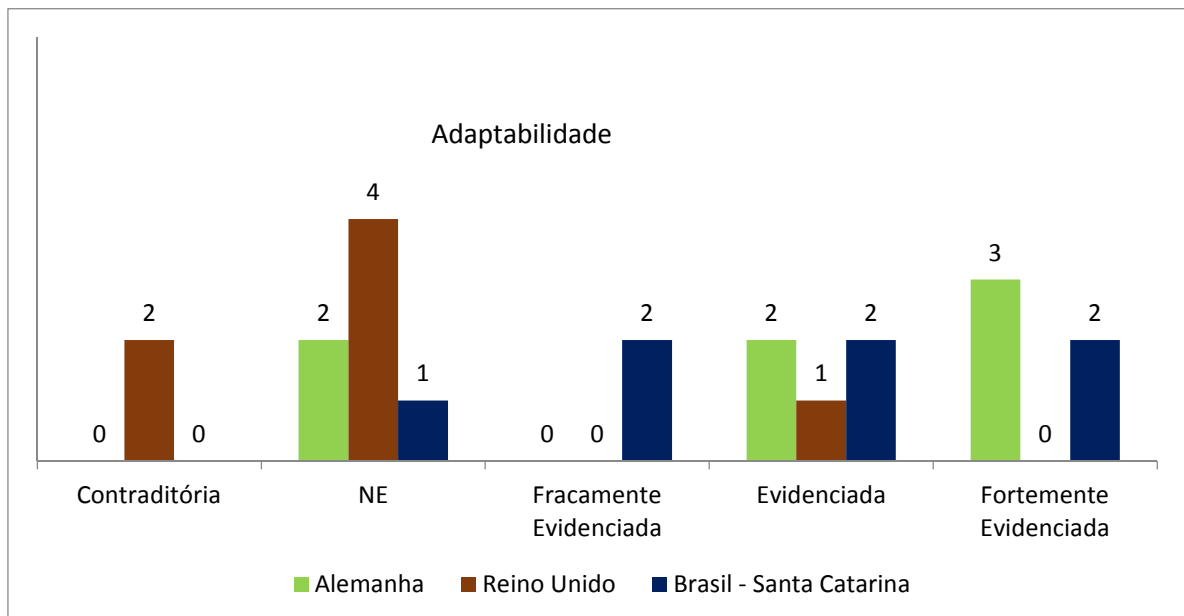


Figura 21: Variação das regras de projeto relativas ao problema da adaptabilidade evidenciadas em cada caso.

Para conseguir chegar a essa figura com esses resultados foi necessário estabelecer a escala abaixo descrita, de acordo com os níveis de observação das regras nos casos:

- Fortemente Evidenciada ou +++ ;
- Evidenciada ou ++;
- Fracamente Evidenciada ou +;
- NE e
- Contraditória ou -.

O objetivo dessas figuras não foi quantificar, mas melhorar o nível de observação das regras de projeto em relação ao caso.

Observando-se a Figura 20, percebe-se que os casos descritos na Alemanha e Brasil tem a ocorrência do nível de satisfação fortemente evidenciado (+++) maior do que o caso descrito no Reino Unido, indicando que, de acordo com a TPCD, esses dois casos tiveram um processo de *bootstrap* com características similares àquelas de uma infraestrutura de informação. Porém, tal tendência não é tão forte em relação à flexibilização e adaptação, como mostrado na Figura 21, levando-se em consideração que nasceram para corrigir deficiências locais. Assim, se as compararmos com a gênese da Internet, o exemplo canônico de uma infraestrutura de informação, essas redes se encontram em estágios embrionários, podendo se transformar em infraestruturas de informação em algum momento no futuro. Por outro lado, o caso do Reino Unido mostra uma variação diante das regras de projeto, principalmente em seu processo de *bootstrap* – **RP1** a **RP12** – no qual algumas ações foram contraditórias. Isso demonstra que a preocupação desse projeto não era gerar capacidades que atraíssem mais e mais comunidades de forma crescente, mas apenas corrigir as carências de uma região específica, como pode ser visto diante da pouca preocupação no tratamento com os recursos locais existentes, a dependência entre os recursos disponíveis (e.g. equipamentos e softwares originados de fornecedores proprietários) e um mínimo de comunidades envolvidas para reforçar os *feedbacks* positivos e o aprendizado. Há ainda pouca ocorrência das evidências das regras de projeto para o problema da adaptabilidade – **RP13** a

R19 – denotando que pouca atenção é dada à modularidade e ao uso de gateways, dessa forma a infraestrutura projetada fere a máxima do SAC: “projetar o sistema para a máxima adaptabilidade e variação, para evitar armadilhas tecnológicas”. HANSETH e LYYTINEN (2010) ressaltam que um dos princípios dos SAC é “assegurar que um sistema emergente permaneça adaptável no limiar do caos, à medida que ele cresce”, a fim de resolver o problema da adaptabilidade. Tal argumento reforça a importância da sustentabilidade do sistema, que pode ser visualizado melhor no caso da Alemanha, onde comunidades diversas, componentes de naturezas e infraestruturas heterogêneas fomentam sua condição futura. CATLETT et al. (1992) apud HANSETH et al. (1996) destacam que “é reconhecido, pelo menos por alguns, que as II terão que continuar mudando durante seu ciclo de vida”.

É importante observar que cada capacidade atribuída à infraestrutura pode, algumas vezes, restringir mais do que permitir sua expansão. O Portal de Telemedicina da RCTM, por exemplo, ao mesmo tempo em que centraliza objetos DICOM e não DICOM, pode se tornar um gargalo no sistema à medida que mais parceiros são integrados, visto que, permitir o acesso via web a estudos de imagens médicas, a partir de equipamentos diversos, pode ter um custo maior do que limitar tais acessos somente a softwares visualizadores de imagens, como no caso da Alemanha. Isso se deve ao fato das aplicações *web* dependerem de servidores *web*, assim, há a necessidade do estabelecimento de uma infraestrutura que possa atender demandas de requisições e respostas dos usuários conectados ao Portal em um tempo razoável, além da imprescindibilidade da gestão dessas sessões e da escalabilidade dos recursos. Por outro lado, uma solução em que se têm visualizadores de imagens capazes de estabelecer uma conexão com um servidor DICOM, vai realizar o download dos estudos de imagens solicitados e fechar a conexão ao término do processo, liberando o servidor para outro usuário. Portanto, os anseios iniciais para resolução da problemática de distribuição de estudos de imagens médicas, podem esconder lacunas que podem se tornar, mais tarde, um saliente reverso.

O resultado mostrado na Figura 20 evidencia que as soluções conseguiram se sair bem quanto ao problema do *bootstrap*, entretanto, quando se verificam as regras que tratam da adaptabilidade do sistema, Figura 21, vê-se que há uma queda

nas ocorrências das regras de projeto no nível mais forte, provocada pela baixa adaptabilidade das infraestruturas. Assim, essa deficiência tende a reduzir as chances dessas infraestruturas se replicarem para outras regiões e outros contextos.

Por último, é importante enfatizar que apesar das questões abordadas poderem ajudar a reforçar a discussão sobre a escolha de soluções para telerradiologia e colaborar na compreensão dessas infraestruturas do ponto de vista não apenas técnico, mas também social, essa discussão pode ser mais aprofundada a partir do momento em que se possa envolver mais casos. A busca por indícios de que uma infraestrutura de informação para telerradiologia esteja em formação pode exigir muito mais estudos de casos, que vão além do que esse trabalho pode demonstrar. De fato, não há melhor ou pior solução no contexto atual, quando se toma por referência a TPCD, entretanto, observa-se que uma ou outra solução está mais de acordo com as regras de projeto do que outra, embora nenhuma possa se afirmar como solução viável e capaz de atender a exigências diversas, a não ser que fosse experimentada em contextos variados.

6. CONCLUSÃO

A análise dos casos, apesar de limitada, permite-nos afirmar que há uma tendência natural à formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia à medida que cresce a necessidade de cooperação entre organizações e/ou profissionais de saúde além dos limites locais. A ampla quantidade de modelos para telerradiologia, alguns deles muitas vezes aplicados somente no contexto acadêmico, são a evidência de que existem contínuas respostas das comunidades em reação às lacunas que se conservam quando se trata de distribuição de imagens além das fronteiras em que essas imagens foram geradas, e que, uma dessas soluções pode desencadear, naturalmente, um processo de expansão ilimitada, desde que seja adaptável o suficiente para aceitar recursos, aplicações e plataformas heterogêneas e diversas, aceitando a interoperabilidade com outras soluções baseadas em outros modelos de infraestrutura. Os modelos de telerradiologia nos casos da Alemanha e do Brasil ainda não são infraestruturas de informação para telerradiologia propriamente ditas, mas são o esboço de uma II. Conhecendo-se os elementos que dificultam o processo de bootstrap e a adaptabilidade do sistema, fica mais fácil lidar com a evolução, controle, segurança, e ainda com os critérios de escolha de padrões, legislação, governança e cooperação que possam se tornar obstáculos à adesão de novas instituições ao sistema, sejam elas públicas ou privadas.

De fato, não basta adotar ou criar soluções para telerradiologia, tão importante quanto isso é a necessidade de se obter soluções flexíveis que favoreçam a máxima adaptação, seja técnica ou social, durante seu ciclo de vida. Desse modo, será possível à formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia, cabendo a cada uma dessas soluções a responsabilidade de se lançar apta a tal modularidade, assim contribuindo para proporcionar uma contínua evolução, expansão e interoperabilidade. As atuais soluções para telerradiologia se encaixam em modelos que promovem uma expansão bastante controlada, lidando com muitas variáveis, que limitam a adesão espontânea e dinâmica de elementos quaisquer, como por exemplo, a legislação local. Assim, compreender esses obstáculos à telerradiologia compartilhada, evolutiva, aberta, heterogênea e segura, como pode ser vista na análise dos casos, envolve a discussão de aspectos sociais e técnicos inerentes a escolhas iniciais, e durante seu ciclo de vida. Tais

impedimentos muitas vezes são fruto dessas escolhas, que diminuem a possibilidade de variação de componentes e aumentam a inércia sociotécnica.

Enfim, as questões em torno do entendimento dessas infraestruturas desde seu início; as tecnologias empregadas por cada uma; seus limites geográficos; sua abrangência técnica e social; as dificuldades de expansão; a sua possível relação com outras infraestruturas; sua flexibilidade e outros aspectos que possam influenciar direta ou indiretamente a telerradiologia, permite-nos afirmar que ainda não há uma II para telerradiologia, e que, vários aspectos dessa discussão podem merecer uma atenção especial ainda mais profunda, como é o caso da tensão entre flexibilidade e padronização descrita por HANSETH, MONTEIRO e HATLING (1996).

REFERÊNCIAS

AANESTAD, M., HANSETH O. **Implementing open network technologies in complex work practices: a case from telemedicine.** In Baskerville R, Stage J, DeGross JI. (Eds.), *Organizational and Social Perspectives on Information Technology*. Aalborg: Springer; 2000. p. 355-369.

AANESTAD, M.; JENSEN, T. B. **Building nation-wide information infrastructures in healthcare through modular implementation strategies,** *The Journal of Strategic Information Systems*, vol 20, Issue 2, June 2011, p. 161-176,

BENBYA, H.; MCKELVEY, B. **Toward Complexity Theory of Information System Development.** *Information, Technology and People*, 2006, vol 19 Iss 1, p 12–34.

BENEVENUTO, F.; ALMEIDA, J. M.; SILVA, A. S. **Explorando Redes Sociais Online: Da Coleta e Análise de Grandes Bases de Dados às Aplicações,** XXIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 2011

BINKHUYSEN, F. H. B.; RANSCHAERT E. R. **Teleradiology: evolution and concepts.** *Euro J Radiol*, 2011;78(2):205–9.

BORTOLON, S.; BERGER M.; ALMEIDA, A. **Uma Proposta de Integração de Sistema GED a um Repositório Comunitário IHE Brasileiro.** In: CBIS, Campos do Jordão, 2008.

BOWKER, G. C.; BAKER K.; MILLERAND F.; RIBES D. **Toward information infrastructure studies: ways of knowing in a networked environment.** In Hunsinger J, Klastrup L, Allen M (Eds.), *International handbook of internet research*. Dordrecht: Springer; 2010. p. 97-117.

CESAR, A. M. R. V. C. **Método do Estudo de Caso (Case studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)? Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração.** REMAC Revista Eletrônica Mackenzie de Casos, São Paulo - Brasil, vol. 1, n. 1, 2005.

Disponível em:

<http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCSA/remac/jul_dez_05/06.pdf>

Acesso em: 05 Jan. 2014.

CHRISTENSEN, C. M. **Disruptive Innovation**. In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation. Disponível: <https://www.interactiondesign.org/encyclopedia/disruptive_innovation.html>

Acessado em: 20 Abr. 2015

CILLIERS, P. **Complexity and postmodernism. Understanding Complex Systems**. London: Routledge; 1998.

CZEKIERDA, L.; MASTERNAK, T.; ZIELIŃSKI, K., "Evolutionary Approach to Development of Collaborative Teleconsultation System for Imaging Medicine," Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on , vol.16, no.4, p.550,560, July 2012.

DEDEHAYIR, O.; MAKINEIF, S. J. **Dynamics of reverse salience as technological performance gap: an empirical study of the personal computer technology system**. Journal of Technology Management & Innovation, Santiago , vol. 3, n. 3, 2008.

DICOM Standards Committee. (2002) DICOM supplement 54: DICOM MIME type.

Disponível em: <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup54_ft.pdf>

Acessada em: 30 Jan. 2015.

DICOM Standards Committee. (2011) DICOM supplement 148: Web Access to DICOM Persistent Objects by Means of Web Services Extension of the Retrieve Service (WADO Web Service)

Disponível em: <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup148_ft.pdf>

Acessada em: 30 Jan. 2015.

EDWARDS P. N.; JACKSON, S. J.; CHALMERS, M. K.; BOWKER, G. C.; BORGMAN, C. L.; RIBES, D.; BURTON, M.; CALVERT, S. **Knowledge Infrastructures: Intellectual Frameworks and Research Challenges**. 2013 May. Report of a workshop sponsored by the National Science Foundation and the Sloan Foundation.

Disponível em:< <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/97552/>>

Acesso em: 06 Fev. 2014.

ENGELMANN, U.; SCHUTZE, B.; SCHROTER, A.; WEISSER, G.; WALZ, M.; KAMMERER, M.; MILDENBERGER, P. **DICOM E-mail: Germany's minimum standard for teleradiology**. IntCongr Ser 2005;1281:926–31.

FIGUEIREDO, J. F. M.; MOTTA, G. H. M. B. **SocialRAD: An Infrastructure for a Secure, Cooperative, Asynchronous Teleradiology System**. Studies in Health Technology and Informatics. 2013. vol. 192(MEDINFO 2013): 778-782.

GREGOR, S.; JONES, D. **The Anatomy of a Design Theory**. J Assoc Inf Syst, 2007;8(5):312–35.

GRISOT, M.; HANSETH, O.; THORSENG, A. A. **Innovation Of, In, On Infrastructures: Articulating the Role of Architecture in Information Infrastructure Evolution**. Journal of the Association for Information Systems. Vol. 15, Abril 2014, p 197 – 219

HANSETH, O.; LYYTINEN, K. **Design theory for dynamic complexity in information infrastructures: the case of building internet**. J Inf Technol 2010; 25:1-19.

HANSETH, O.; MONTEIRO, E.; HATLING, M. **Developing Information Infrastructure: The Tension between Standardisation and Flexibility**. Science Technology Human Values, October 1996 vol. 21 no. 4 407-426

HANSETH, O; AANESTAD, M. **Design as Bootstrapping. On the evolution of ICT Networks in Health Care**. Methods Inf Med 2003, 42: 385 – 91

HOLLAND J. **Hidden Order**. Massachusetts: Addison-Wesley; 1995.

HUANG, H. **PACS and imaging informatics basic principles and applications**. 2nd. ed. New Jersey, USA: John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 2010.

HUANG, Y. et al., "**Web-based remote collaboration over medical image using web services**," Information Infrastructure Symposium, 2009. GIIS '09. Global , p.1,8, 23-26 June 2009

HUGHES, T. P. **Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930**. USA: The John Hopkins University Press. 1983.

HUGHES, T. P.; BIJKER, W. E.; PINCH, T.J. **The Social construction of technological systems. New Directions in the Sociology and History of Technology**. Fourth printing. Massachusetts Institute of Technology, 1993

IHE TECHNICAL FRAMEWORKS

Disponível em: <http://www.ihe.net/Technical_Frameworks/#IT>

Acessada em: 30 Jan. 2015.

INTEGRATING AMAZON WEB SERVICES. In: **BEGINNING ASP.NET E-Commerce in C#**. Apress, 2009. p. 675–691. ISBN 978-1-4302-1074-0.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4302-1073-3_22>.

Acesso em: 05 Mai 2014.

LANSING, J. S. **Complex Adaptive System**. Annu. Rev. Anthropol. 2003. 32: 183 – 204.

LEFEBVRE, H. **State, space, world: selected essays**. Minneapolis, Minn: University of Minnesota Press; 2009.

LEINER , BARRY M. et al. 1997. **The past and future history of the Internet**. Commun. ACM 40, 2 (February 1997), 102-108.

LEWIS, K.; KAUFMAN, J.; GONZALEZ, M.; WIMMER, A.; CHRISTAKIS, N. **Tastes, ties, and time: A new social network dataset using Facebook.com**, Social Networks, vol. 30, Issue 4, October 2008, p 330-342.

LIPTON, P.; NAGY, P.; SEVINC, G. **Leveraging internet technologies with DICOM WADO**. Journal of Digital Imaging, Springer-Verlag, vol. 25, n. 5, p. 646–652, 2012.

MAGNUS, M. et al. **A Study of NetCDF as an Approach for High Performance Medical Image Storage**. Journal of Physics: Conference Series 341 (2012) 012016

MAIA, R. S.; VON WANGENHEIM, A.; NOBRE, L. F. **A Statewide Telemedicine Network for Public Health in Brazil**, Computer-Based Medical Systems, 2006. CBMS 2006. 19th IEEE International Symposium on, p.495,500, 0-0 0

MÁTTAR NETO, J. A. **Metodologia científica na era da informática**. São Paulo: Saraiva. 2002.

MAYER, A.; PULLER, S. L. **The old boy (and girl) network: Social network formation on university campuses**, Journal of Public Economics, vol. 92, Issues 1–2, February 2008, p. 329-347.

MOTTA, G.H.M.B. **Towards social radiology as an information infrastructure: reconciling the local with the global**. JMIR Med Inform 2014; 2 (2): e27.

OSIRIX IMAGING SOFTWARE

Disponível em: <<http://www.osirix-viewer.com/>>

Acessado em: 12 Jun 2015.

PADHY, R. P.; PATRA, M. R. ; SATAPATHY, S. C. **Design and Implementation of a Cloud based Rural Healthcare Information System Model**. UNIASCIT, vol 2 (1), 2012, 149-157

PAINA, L.; PETERS, D. H. **Understanding pathways for scaling up health services through the lens of complex adaptive systems**. Health PolicyPlann. 2012; 27:365-73.

PIANYKH, O. S. **Digital imaging and communications in medicine (DICOM) A practical introduction and survival guide**. 2rd. ed. New York, USA: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.

RATIB, O.; ROSSET, A.; HEUBERGER, J. **Open Source software and social networks: disruptive alternatives for medical imaging**. Eur J Radiol. 2011 May;78 (2):259-65. Epub 2011 Mar 27.

RIBEIRO, L. S.; COSTA, C.; OLIVEIRA, J. L. **Clustering of distinct pacs archives using a cooperative peer-to-peer network**. Computer Methods and Programs in Biomedicine, v. 108, n. 3, p. 1002 – 1011, 2012.

ROSENBERG, N. **Perspectives on Technology**. Cambridge: Cambridge University Press. 1976.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAUDE – SC E UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC, **Projeto de Telesaúde**, Florianópolis, SC, 2007

SAVARIS, A.; ANDRADE, R.; MACEDO, D. D. J. DE.; VON WANGENHEIM, A. **O Uso da Telemedicina Assistencial Assíncrona em Larga Escala no Setor Público de Saúde**. UFSC. 2008

SHEARD, S. A.; MOSTASHARI, A. **Principles of complex systems for systems engineering**. SystEng 2009; 12 (4):295–311

SILVA, L. A. B.; COSTA, C.; OLIVEIRA, J. L. **DICOM relay over the cloud**, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Springer-Verlag, vol. 8, Issue 3 , p 323-333, 2013-05-01, DOI 10.1007/s11548-012-0785-3.

SIMON, I. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. 2001.

Disponível: <<https://www.ime.usp.br/~is/ddt/mac339/projetos/lock-in/lockin-final.html>>
Acesso em: 09 Jan de 2015.

STAR, S. L.; RUHLEDER, K. **Steps toward an ecology of infrastructure: design and access for large information spaces**. Information Systems Research, 1996, 7(1), 111–134.

STURMBERG, J. P.; MARTIM, C. M. (Eds.). **Handbook of Systems and Complexity in Health**. Springer; 2013.

SUTTON, L. N. **PACS and diagnostic imaging service delivery—A UK perspective**, *European Journal of Radiology*, vol. 78, Issue 2, May 2011, p. 243-249.

VALENTE, F; VIANA-FERREIRA, C.; COSTA, C.; OLIVEIRA, J. L. **A RESTful Image Gateway for Multiple Medical Image Repositories**, *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* , vol.16, no.3, p.356,364, May 2012.

VON WANGENHEIM, A.; BARCELLOS, C. L.; ANDRADE, L.; GIULIANO, I. C. B.; BORGATTO, A. F.; ANDRADE, D. F. **Implementing DICOM structured reporting in a large-scale telemedicine network**. *Telemed J E Health*. 2013 Jul;19(7):535-41.

VON WANGENHEIM, A.; JUNIOR, C. L. B.; WAGNER, H. M.; CAVALCANTE, C. **Ways to implement large-scale telemedicine: The Santa Catarina Experience**. *Latin Am J Telehealth*, Belo Horizonte, 2009; 1 (3): 364-377

WALLAUER, J. et al. **"Building a National Telemedicine Network,"** *IT Professional*, vol. 10, no. 2, p. 12-17, March/April, 2008

WEISSER, G.; ENGELMANN, U.; RUGGIERO, S.; RUNA, A.; SCHROTER, A.; BAUR, S.; WALZ, M. **Teleradiology applications with DICOM e-mail**. *EurRadiol* 2007;17:1331-40.

WEISSER, G.; ENGELMANN, U.; SCHROTER, A.; WALZ, M.; KAMMERER, M.; MILDENBERGER, P.; RUGGIERO, S.; RUNA, A. . **Standardization of teleradiology using DICOM e-mail: recommendations of the German Radiology Society**. *EurRadiol* 2006;16(3):753–8.

WORKING GROUP ON INFORMATION TECHNOLOGY OF THE GERMAN RADIOLOGY SOCIETY. **Recommendation for a Standardized Teleradiology Transmission Format**. 2013. Versão 1.7.

YANG, C. T.; CHEN, C. H.; YANG, M. F. **"Implementation of a Medical Image File Accessing System on Cloud Computing,"** *Computational Science and Engineering (CSE)*, 2010 IEEE 13th International Conference on , pp.321,326, 11-13 Dec. 2010

YIN, R. K. **Estudo de caso**: Planejamento e métodos. 2º Ed. Porto Alegre. Bookman, 2001.