

IMPLANTAÇÃO DO e-SUS ATENÇÃO PRIMÁRIA EM AMBIENTE DE NUVEM: ESTUDO DE CASO

ANTONIO CARLOS APARECIDO NASCIMENTO¹
CLAYTON EDUARDO DOS SANTOS²

RESUMO

O presente trabalho elenca as principais dificuldades encontradas no processo de implementação do sistema e-SUS APS no município de Extrema –MG, utilizando a princípio, infraestrutura de *datacenter* própria - também denominada “*on premises*”. Em seguida, é apresentado um estudo de caso com o objetivo de sugerir estratégias assertivas voltadas a equipes de tecnologia da informação que eventualmente encontrem-se em processo de implementação do sistema ou que estejam cogitando a possibilidade de migração para o ambiente de nuvem. As recomendações apresentadas levam em conta também as capacidades de disponibilidade, redundância e tolerância a falhas oferecidas pelo paradigma, os diferenciais inerentes ao processo de manutenção da infraestrutura, bem como o ajuste do dimensionamento dos “ativos virtualizados”, responsáveis por serviços tidos como básicos na literatura - computação, armazenamento e redes, à medida que a demanda de acessos aumenta ou diminuiu ao longo do tempo.

Palavras-chave: computação em nuvem, e-SUS, governo eletrônico, migração, saúde.

¹ Pós-graduando em Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação, Instituto Federal de São Paulo - campus Bragança Paulista, e-mail: mrbirth@gmail.com .

² Professor Doutor, Instituto Federal de São Paulo – campus Bragança Paulista, e-mail: claytones@ifsp.edu.br .

E-SUS PRIMARY ATTENTION IMPLEMENTATION IN THE CLOUD ENVIRONMENT: CASE STUDY

ABSTRACT

The present paper lists the main difficulties found in the e-SUS APS system implementation process in the municipality of Extrema – MG, primarily using based on its own data center infrastructure, also called “on premises”. After that, a case study is presented aiming to suggest assertive strategies directed to both IT teams undergoing the system implementation, and those considering the possibility of migrating to cloud environment. The recommendations presented also take into account the availability, redundancy, and fault tolerance capabilities offered by the paradigm, the inherent differentials in the infrastructure maintenance process, as well as the “virtualized assets” dimensioning, responsible for the services regarded as basic in the literature – computing, storage, and network, while demand for access increases or decreases overtime.

Keywords: cloud computing, e-gov, e-SUS, healthcare, lift and shift cloud migration.

1. INTRODUÇÃO

O e-SUS é uma ferramenta de gestão pública disponibilizada pelo governo federal em uma parceria entre o Ministério da Saúde e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Trata-se de um sistema que permite aos municípios brasileiros implementar atenção primária de saúde (APS) à população, disponibilizando prontuários eletrônicos com os dados de seus usuários no âmbito das Unidades Básicas de Saúde (UBS), de modo a reduzir o tempo de espera dos pacientes por atendimento.

O e-SUS APS representa uma estratégia de reestruturação de informações da Atenção Básica (AB) em nível nacional, promovida pelo Departamento de Atenção Básica (DAB). Tal ação está alinhada com uma proposta mais geral de reestruturação dos Sistemas de Informação em Saúde (SIS) do Ministério da Saúde, de modo a qualificar a gestão da informação como elemento fundamental para ampliação da qualidade no atendimento à população.

A estratégia dá continuidade ao processo de informatização qualificada do Sistema Único de Saúde (SUS) em busca de uma solução nacional totalmente informatizado (e-SUS) com vistas a um novo modelo de gestão de informação que apoie os municípios e os serviços de saúde na gestão efetiva da AB bem como, na qualificação do cuidado dos usuários.

Para a implantação do e-SUS, o Ministério da Saúde disponibiliza o *software* em questão gratuitamente, via portal específico. No entanto, não fornece infraestrutura de implantação e hospedagem, cuja responsabilidade, inicialmente atribuída aos estados, é delegada à cada uma das prefeituras que os compõem. O fato concreto é que nem todos os estados fornecem infraestrutura e mão de obra qualificada para que as prefeituras, localmente, possam implantar o sistema, fato este, que motivou o desenvolvimento do presente trabalho.

1.1. MOTIVAÇÃO

A realização de um estudo de caso que considera as etapas de implantação do e-SUS levando em conta as possibilidades disponíveis em uma eventual migração de

um *datacenter* convencional, também chamado de “*on premises*”, para um ambiente de nuvem pública, reflete um trabalho de relevância nacional, tendo em vista não somente a necessidade de implantação do sistema em todas as cidades da federação, como também, as dificuldades inerentes ao processo.

O paradigma de computação em nuvem foi levado em consideração pelo fato de possibilitar vantagens econômicas e funcionais frente ao modelo de implantação tradicional.

No modelo tradicional, é necessário um grande investimento de capital já no início da operação (*Capital Expenditure - CapEx*), referente a aquisição dos equipamentos utilizados, ativos de rede e demais custos diretos e indiretos, como locação imobiliária, redundância de *links*, refrigeração e armazenamento, bem como custos de pessoal, manutenção e otimização de infraestrutura. Em uma arquitetura de nuvem, essas despesas são substituídas por despesas operacionais (*Operational Expenditure - OpEx*), de forma semelhante ao que ocorre com telefonia, energia elétrica, água e despesas semelhantes, não exigindo investimentos de grande vulto e acelerando o processo de implementação.

Além disso, os ativos computacionais precisam ser estimados pela equipe de implantação de modo a atender à demanda de uso. Como o caso em tela refere-se a um novo sistema, onde não existem referenciais de acesso anterior, é muito provável que a infraestrutura seja superestimada, o que na prática representa desperdício de recursos, ou subestimada, o que é ainda pior.

Outro fator que deve ser levado em conta é a dificuldade em se oferecer redundância de serviços tidos como básicos na infraestrutura tradicional, tais como: computação, armazenamento e tráfego, além dos *links* de acesso à *Internet*.

1.2. JUSTIFICATIVA

O repasse de recursos financeiros referentes à saúde por parte do estado aos municípios, passou a utilizar como referência indicadores sistêmicos de atendimento e controle gerados pelo e-SUS.

Nesse sentido, a implantação do sistema é obrigatória e de fundamental importância para as prefeituras, que por sua vez dependem das informações fornecidas pelo sistema, de sua estabilidade e disponibilidade - métricas de difícil controle em pequenos municípios que, eventualmente, carecem de profissionais qualificados, infraestrutura tecnológica e recursos financeiros.

1.3. OBJETIVO

O presente trabalho apresenta as principais dificuldades e problemas técnicos enfrentados pela equipe de Tecnologia da Informação da prefeitura da cidade de Extrema (MG) na implementação do e-SUS APS no município, bem como, as soluções tecnológicas necessárias para a eventual migração do sistema, inicialmente hospedado em ambiente local, para uma arquitetura baseada no paradigma de computação em nuvem.

Para tanto, foram utilizados manuais do sistema e-SUS, disponíveis publicamente na *Internet*, levantamento do modelo adequado de implantação do sistema no *datacenter* local - dentre as arquiteturas disponíveis sugeridas, bem como, a revisão bibliográfica do tema computação em nuvem na literatura.

Sendo assim, o estudo propõe-se a esclarecer os seguintes questionamentos:

- Como mitigar os problemas de implantação local do sistema e-SUS?
- Qual a melhor forma de migrar o sistema de um *datacenter* convencional para a nuvem?
- Quais serão as dificuldades enfrentadas?
- Quais seriam as melhorias obtidas?

2. CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

2.1. INFRAESTRUTURA “ON PREMISES”

Em uma tradução literal, o termo “*on premises*” significa “no local”. Nesse sentido, quando nos referimos ao parque computacional de uma empresa ou

instituição, o termo está relacionado à infraestrutura própria disponível nas instalações da organização.

De posse dessa definição, é trivial entender que o tamanho e a complexidade da infraestrutura computacional de uma organização variam em inúmeros sentidos, em especial, quando levamos em conta sua atividade fim, regras de negócio envolvidas e capacidade financeira.

No caso específico da prefeitura em tela, a infraestrutura disponível atende a um município de aproximadamente quarenta mil habitantes e dispõe de um parque computacional composto por servidores dedicados, *racks*, *switches* e *appliances* com diferentes finalidades, equipamentos estes devidamente alocados em um datacenter próprio, também denominado “*on premises*”.

Nesse tipo de cenário, todas as atividades de instalação, manutenção e gerência de infraestrutura básica, tais como serviços de computação, armazenamento e redes, são de total responsabilidade do time de tecnologia de informação do município. A mesma equipe de colaboradores é responsável ainda por outros serviços diretamente associados aos já supracitados, como refrigeração, cabeamento e segurança perimetral, bem como a definição de políticas de segurança, *backups* e redundância de todos os serviços e recursos disponibilizados.

A grande dificuldade desse tipo de modelo, consiste na dificuldade em se construir toda essa infraestrutura em um pequeno espaço de tempo e de uma só vez. Tal afirmação se dá em especial pela limitação orçamentária anual a que o órgão público está sujeito e aos burocráticos mecanismos de aquisição associados. Nesse sentido, a aquisição, adaptação, manutenção ou ampliação da infraestrutura precisa acompanhar essa dinâmica e realidade.

À medida que o tempo passa, os equipamentos de um datacenter, como qualquer outra tecnologia, se tornam obsoletos e precisam ser substituídos. Alguns especialistas afirmam que o tempo médio ideal para atualização de equipamentos informáticos gira em torno de 2 a 3 anos para que estes mantenham a mesma eficácia operacional de quando adquiridos. Levando em conta a realidade supracitada, tal cenário é impraticável na grande maioria das prefeituras do país.

Adicionalmente, além do custo de aquisição dos equipamentos, é necessário promover a capacitação contínua da equipe local de tecnologia da informação, de modo a manter suas habilidades e competências atualizadas. Nesse sentido, as dificuldades de gestão e manutenção de *datacenters* “on premises”, bem como os custos associados têm sido apontadas como as principais razões do afastamento das organizações em relação ao modelo, tido até então como o mais tradicional, frente às novas possibilidades disponíveis no mercado como por exemplo, a computação em nuvem (UNDERDAHL, LEWIS E MUETING, 2010).

2.2. COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Uma menção bastante conhecida à expressão “computação em nuvem” tem origem em 1996, em um documento interno da *Compaq*³. O termo “nuvem” foi originalmente vinculado ao conceito de computação distribuída, conceito amplamente difundido no meio acadêmico que se tornou popular na *General Magic*, empresa formada por desenvolvedores da *Apple*, no início dos anos 1990.

De acordo com a *Computer World*⁴, o conceito inicialmente discutido por J. C. R. Licklider, primeiro diretor do *Information Processing Techniques Office* na divisão ARPA do Pentágono na década de 1960, revolucionou a computação. Em 1969, *Bob Taylor* e *Larry Roberts* desenvolveram a *ARPANET* (*Advanced Research Projects Agency Networks*) precursora do que atualmente conhecemos como a *Internet*.

Ainda no início da década de 60, por volta de 1961, *John MacCharty* sugeriu em um discurso no *MIT* que a computação poderia ser vendida como um serviço, de mesmo modo que a água ou a eletricidade⁵. Na ocasião, como toda idéia brilhante, a proposta estava à frente do seu tempo e apesar do interesse do mercado pelo modelo proposto, não existiam tecnologias na época que possibilitassem sua implementação, fazendo com que a idéia desaparecesse por completo em meados da década de 1970.

3 Revista Logística & Supply Chain: Origens das tecnologias “4.0”. Disponível em: <https://www.imam.com.br/logistica/noticias/servicos/3302-origens-das-tecnologias-4-0>. Acesso em: 10 out 2020.

4 Arpanet. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/ARPANET>. Acesso em: 10 out 2020.

5 A História da computação em nuvem. Disponível em: <https://www.icloud.com.br/1825/a-historia-da-computacao-em-nuvem>. Acesso em: 10 out 2020.

No entanto, por volta dos anos 2000, o conceito proposto por *John MacCharty* passou a ser amplamente difundido conforme descrito por *Rittinghouse* e *Ransome* (2009), em especial a saber:

- Em 1999, a *Sales Force*⁶ iniciou o processo de oferecimento de aplicativos a seus usuários utilizando para tanto, um *website* simples;
- Em 2004, o *Google* passou a oferecer aplicativos corporativos baseados no paradigma de computação em nuvem, inicialmente com o *Gmail* e posteriormente, com uma ampla suíte de aplicativos de escritório e uso geral, denominada *Google Apps*;
- Em 2006, iniciaram-se as atividades da *Amazon Web Services (AWS)*, maior provedor de nuvem pública da atualidade, que na ocasião possuía em seu portfólio serviços básicos de computação, armazenamento, tráfego e até mesmo, inteligência artificial.

Após essa contextualização histórica, é importante que tenhamos o entendimento das vantagens da computação em nuvem frente ao modelo tradicional “*on premises*”:

2.2.1. MODELOS DE IMPLANTAÇÃO

Segundo *Rittinghouse* e *Ransome* (2009), existem três principais abordagens de implantação de computação em nuvem, a saber:

- **Infraestrutura como Serviço (IaaS):** Modelo de implantação de infraestrutura junto a um provedor de nuvem remoto devidamente responsável pelo fornecimento, manutenção, bem como de todas as demais tarefas e responsabilidades relacionadas à infraestrutura física de maneira geral. A criação de recursos computacionais, também denominados “objetos de nuvem”, é realizada de modo virtual e permite a configuração de funcionalidades de realocação dinâmica de infraestrutura, ou seja, o aumento

⁶ Salesforce. O que é computação em nuvem? Disponível em: <https://www.salesforce.com/br/cloud-computing/>. Acesso em: 10 fev 2021.

ou redução dos ativos varia conforme a demanda - recurso também conhecido como elasticidade. Acima da camada física, toda a responsabilidade é do usuário, alguns exemplos comuns que podem ser citados são: configuração e gerência do sistema operacional; administração de usuários; segurança; instalação e manutenção de aplicativos e serviços; toda e qualquer funcionalidade desejada em termos de arquitetura e sistemas. Nesse tipo de abordagem, sistemas legados ou sistemas com alta dependência de versões específicas de *software* rapidamente conseguem tirar proveito da agilidade, elasticidade e flexibilidade proporcionadas pelo modelo com o mínimo esforço e máxima transparência para os usuários. Atualmente, um dos maiores representantes dessa modalidade é o serviço *Amazon Elastic Computer Cloud - Amazon EC2*, disponibilizado pela *AWS*.

- **Plataforma como Serviço (PaaS):** Trata-se de um tipo de implementação de nuvem onde o desenvolvedor realiza o *upload* do código fonte de sua aplicação e a plataforma cuida de todo o processo de provisionamento de infraestrutura, desde a criação das instâncias de virtualização, armazenamento, redes, segurança, disponibilidade, redundância e escalabilidade até a definição do sistema operacional, servidores necessários e efetivo provisionamento da aplicação em ambiente de produção. A responsabilidade do usuário fica por conta do desenvolvimento e gerência da aplicação. Alguns exemplos são: *AWS Elastic Beanstalk*, *Google App Engine*, *AppJet*, *Etelos*, *Qrimp* e *Force.com*.
- **Software como Serviço (SaaS):** Nessa modalidade de serviço, toda a aplicação é hospedada no provedor de nuvem e a gestão de todos os recursos de *software* e infraestrutura fica a cargo do desenvolvedor. A manutenção da aplicação é centralizada e o modelo de acesso é baseado em assinaturas. Cabe ao usuário somente gerir as credenciais de acesso referentes a sua conta, geralmente baseadas em usuário, senha e mais recentemente em algum dispositivo virtual, como um *token* baseado em *software*, utilizado como segundo fator de autenticação (2FA). Nesse modelo, problemas relacionados a compatibilidade, atualizações e manutenções de segurança tendem a ser bastante efetivos. Aplicativos de negócios (*GMail*, *Office 365*) e serviços de

streaming (Netflix, Spotify) baseados em assinaturas são bons exemplos de plataformas SaaS.

Independentemente do modelo de implantação adotado, o usuário paga somente pelo recurso utilizado, normalmente tarifado por hora de uso - no caso de serviços de computação e afins, ou por *gigabyte* armazenado - no caso dos serviços de armazenamento.

Os principais tipos de nuvem, segundo *Furht e Escalante (2010)*, são os seguintes:

- **pública:** Essa modalidade de implementação de nuvem está publicamente disponível para acesso via *Internet*. Vale lembrar que o acesso aos dados da infraestrutura dos clientes é baseado em um ambiente privado - portanto restrito e autenticado, cabendo aos clientes no papel de administradores, dar ou não, visibilidade pública aos serviços que oferecem via provedor de nuvem. A chamada gestão “da nuvem” é de responsabilidade do provedor e contempla toda a infraestrutura física, segurança perimetral e serviços gerenciados de maneira geral;
- **privada:** Nuvens privadas, também conhecidas como internas ou corporativas, são utilizadas pelas organizações com o objetivo de proporcionar a seus colaboradores funcionalidades e modelos de trabalho semelhantes aos encontrados no modelo de nuvem pública, no entanto, restritas às dependências físicas da organização. Podem ser implantadas por meio de ferramentas de código aberto, como *Openstack* e *Eucalyptus*;
- **comunitária:** Mesma metodologia aplicada no modelo anterior, com o diferencial de compartilhar seus recursos entre organizações privadas com interesses comuns; e
- **híbrida:** A nuvem híbrida reúne o “melhor dos dois mundos”, pois possibilita a integração de serviços disponibilizados em nuvens privadas com os oferecidos por provedores de nuvens públicas.

2.3. UTILIDADES DO DATA CENTER EM NUVEM

Uma vez apresentadas as principais características da computação em nuvem, é possível identificar vantagens, desvantagens e diferentes cenários de uso aplicáveis que variam em função de funcionalidades prioritárias, serviços agregados, conformidade, entre outros.

É importante destacar que no caso em tela, uma eventual migração do datacenter convencional já existente para a nuvem, não implica necessariamente na implantação do e-SUS somente. É preciso também discutir e analisar as implicações envolvidas na adoção do novo modelo computacional, de modo a garantir que os demais serviços de missão crítica possam ser utilizados com a devida performance, confiabilidade e disponibilidade necessárias e esperadas em um modelo de nuvem híbrida, por exemplo – alternativa mais comum e provável em um cenário de migração.

Ainda que a opção pela implementação do sistema em ambiente de nuvem esteja confirmada, o uso efetivo da tecnologia depende de alguns fatores importantes relacionados à infraestrutura de TI da organização, como por exemplo o dimensionamento dos ativos, a confiabilidade de armazenamento e a velocidade de comunicação (VELTE, VELTE, ELSENPETER, 2011).

A nuvem nos permite acessar de forma rápida e fácil as informações da loja em qualquer lugar, a qualquer hora do mundo, usando uma conexão com a internet. Uma infraestrutura de nuvem na Internet aumenta a produtividade e a eficiência da organização, garantindo que nossos dados estejam sempre acessíveis e para o sistema e-SUS que alimenta o banco de dados do governo federal a nuvem facilita muito esta relação prefeitura-governo.

Para uma aplicação mais rápida e efetiva, é normal considerar-se a utilização de um provedor de nuvem pública. Conforme detalhamento apresentado na seção de metodologia a seguir, o e-SUS opera em diferentes modelos de arquitetura de modo que, no modelo ideal, deseja-se que os dados possam ser inseridos, consultados e modificados facilmente por usuários devidamente autenticados - via *smartphones*, *tablets* ou computadores, nas unidades básicas de saúde ou ainda em campo,

possibilitando a mobilidade necessária para que os agentes de saúde possam realizar a coleta de dados nas casas dos munícipes.

Conforme apresentado na seção anterior, a adoção do modelo não necessariamente precisa contemplar todos os serviços, processos e aplicações existentes na organização. Organizações de pequeno e médio porte, em geral não dispõem de grandes investimentos em infraestrutura e sistemas legados, o que de certo modo serve como incentivo e facilitador para esse novo modelo, tal como no caso estudado no presente trabalho (TAURION, 2009).

Nesse contexto, o provisionamento de uma infraestrutura minimalista de armazenamento, computação e tráfego, capaz de lidar com a carga de trabalho média demandada pelos usuários e colaboradores, mas devidamente preparada para ajustar sua capacidade de acordo com picos ou vales referentes variação da média de uso previamente calculada, tende a ser uma boa escolha para a maioria dos casos, uma vez que promove disponibilidade sem abrir mão da economia de recursos, pilares fundamentais de uma arquitetura de nuvem bem planejada (HURWITZ, 2010).

Vale lembrar que apesar do provedor disponibilizar recursos via *Internet* e se denominar provedor de nuvem pública, todos os recursos “core” são provisionados em uma infraestrutura protegida, composta por espaços de endereçamento e sub-redes privadas, disponíveis e acessíveis somente via mecanismos de acesso previstos na arquitetura da solução, todos devidamente autenticados e autorizados somente a usuários pré-determinados.

3. METODOLOGIA

3.1. e-SUS

De acordo com o Ministério da Saúde⁷, os primeiros passos para implantação do e-SUS APS consistem em:

7 Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde (SAPS). Os primeiros passos para implantar o e-sus. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/ape/esus/comoimplantar>. Acesso em: 11 fev 2021.

- Identificar o coordenador da implantação do sistema;
- Diagnosticar a capacidade de recursos humanos existentes nos Estados e municípios;
- Realizar o levantamento da capacidade tecnológica disponível na Secretaria Estadual de Saúde, nas Secretarias Municipais de Saúde e nas Unidades Básicas de Saúde;
- Garantir a integração do Plano Local ao Plano Regional;
- Viabilizar a qualificação de profissionais para capacitar os profissionais de saúde e de tecnologia da informação do município;
- Articular e viabilizar equipe de suporte à informatização;
- Elaborar estratégia de implantação.

Vencida essa primeira etapa, começam as dificuldades de implantação, tendo em vista a necessidade de aquisição de equipamentos informáticos e de conectividade confiáveis e específicos para a tarefa em questão.

Ainda segundo a mesma fonte, o Ministério da Saúde “irá elaborar” uma ata nacional de registro de preço para compra de equipamentos de informática de menor custo e informatizar as UBS.

Tendo em vista a eminente necessidade de implantação do sistema, será possível aguardar por tal ata, utilizando por ora os equipamentos, eventualmente precários e inadequados, de forma satisfatória e com a confiabilidade necessária para uma tarefa de tamanha relevância?

Ainda permanecendo no campo do questionamento, seria a compra de equipamentos, ainda que via ata nacional de registro de preço, a maneira mais indicada para a implementação?

Considerando a modalidade de implantação sugerida e ainda segundo o Ministério da Saúde, podem existir variações dos cenários de implantação, a depender da realidade de cada unidade de saúde, em especial: quantidade de computadores existentes e modalidade de conectividade à *Internet*.

As Figuras apresentadas a seguir demonstram os possíveis cenários de implantação. Na Figura 1, considera-se um cenário em que as unidades básicas de

saúde não são informatizadas, realizando os registros de atendimentos, retirada de medicamentos e demais atividades em papel para posterior registro no sistema na unidade central representada pela Secretaria de Saúde do município.

Figura 1: Cenário 01 - AB Municipal UBS não informatizada



Fonte: Brasil (2020?)

A Figura 2 apresenta um cenário em que as unidades básicas de saúde são parcialmente informatizadas, mas não possuem conectividade com a *Internet*. Nesse modelo, os registros de atendimentos, retirada de medicamentos e demais atividades são feitos localmente de forma manual e via computador e posteriormente registrados no sistema na unidade central, representada pela Secretaria de Saúde do município, com a solução definida pela equipe de Tecnologia da Informação local.

Figura 2: Cenário 02 - AB Municipal UBS sem *Internet*



Fonte: Brasil (2020?)

A Figura 3 ilustra um cenário muito próximo ao encontrado na Figura 2, no sentido em que as unidades básicas de saúde são parcialmente informatizadas, mas, no entanto, possuem conectividade com a *Internet*. Sendo assim, os registros de atendimentos, retirada de medicamentos e demais atividades também são feitos localmente de forma manual e via computador para posterior registro no sistema na unidade central, representada pela Secretaria de Saúde do município, via *Internet*.

Figura 3: Cenário 03 - AB Municipal UBS com *Internet*



Fonte: Brasil (2020?)

No cenário apresentado na Figura 4, a unidade básica de saúde, assim como nos cenários 02 e 03, é parcialmente informatizada com a particularidade de possuir conectividade limitada com a Internet. Nesse modelo, é realizada a implementação de um servidor local do serviço que, em determinados momentos do dia definidos pelo setor de Tecnologia da Informação, irá transmitir os dados armazenados para registro no sistema na unidade central, representada pela Secretaria de Saúde do município, via *Internet*.

Figura 04: Cenário 04 - AB Municipal UBS com *Internet* limitada



Fonte: Brasil (2020?)

A Figura 5 traz um cenário em que o registro manual é totalmente eliminado, no entanto, em função da limitação de acesso à Internet, a necessidade de um servidor local permanece. Nesse modelo, os dados são totalmente registrados via computadores no servidor local e posteriormente enviados para registro no sistema na unidade central, representada pela Secretaria de Saúde do município, em determinados momentos do dia definidos pelo setor de Tecnologia da Informação, via *Internet*.

Figura 5: Cenário 05 - AB Municipal UBS com *Internet* limitada



Fonte: Brasil (2020?)

Por fim, a Figura 6 traz um cenário em que as unidades básicas de saúde são totalmente informatizadas e possuem conexões estáveis com a *Internet*, dispensando assim, os servidores locais e alimentando os dados diretamente no sistema na unidade central, representada pela Secretaria de Saúde do município.

Figura 6: Cenário 06 - AB Municipal UBS com *Internet* estável



Fonte: Brasil (2020?)

Todos os cenários apresentados como possibilidade de implantação são factíveis, frente à ampla diversidade de realidades enfrentadas pelos municípios em todo o Brasil.

Na prefeitura de Extrema (MG), a arquitetura utilizada é híbrida, pois contempla duas realidades distintas:

- Em geral, as unidades básicas de saúde do município enquadram-se no modelo apresentado na Figura 06. Nessa topologia, é possível a atualização em tempo real das informações alimentadas nas estações locais da UBS com o servidor central da Secretaria de Saúde. Nesse sentido, é possível identificar com precisão o prontuário eletrônico do paciente no que se refere não somente às consultas, mas também aos exames realizados e medicamentos retirados, gerando economia para o município, em função da otimização do tempo dos médicos, ampliação dos atendimentos realizados e pelo controle de medicamentos fornecidos;
- No entanto, existem unidades que estão instaladas em zonas rurais distantes do município. Evidentemente, tais unidades não possuem a infraestrutura de rede necessária para conectividade direta com o servidor central, conforme ilustrado nas Figuras 01 e 02. Nesse sentido, o controle manual de informações pode ocasionar o registro de dois ou mais prontuários de um mesmo paciente, em função de erros operacionais ou de registro em papel, comprometendo dessa forma a consistência dos dados do paciente e resultando invariavelmente, em uma péssima experiência de uso do serviço por parte do contribuinte.

Frente aos cenários existentes, fica nítida a superioridade do modelo de arquitetura apresentado no modelo *online* frente à opção *offline*. Ainda assim, os recursos tecnológicos de infraestrutura utilizados no modelo tido como “ideal”, apresentam fragilidades evidentes e pontos únicos de falha.

Sendo assim, nos cabe investigar quais seriam os impactos positivos do eventual direcionamento de recursos financeiros utilizados, a princípio, para a aquisição de equipamentos de grande vulto, na adequação do acesso à *Internet* de

todas as unidades básicas de saúde do município e na migração do servidor central do sistema e-SUS para uma arquitetura em nuvem.

4. SUGESTÕES PARA O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO

Antes da migração definitiva para o ambiente de nuvem, é de extrema importância a realização de testes e *benchmarks* para levantamento dos parâmetros e recursos necessários, bem como para a definição da arquitetura ideal da solução.

Os principais provedores de nuvem do mercado oferecem diferentes modalidades de contratação de recursos, em especial, no que se refere a serviços de computação. Em geral, nessa primeira fase, recomenda-se a contratação de recursos sob demanda, modalidade em que não há a necessidade de um rigor tão grande quanto à definição exata do quantitativo de insumos necessários. Como se trata de uma fase de testes e de prova de conceito, a modalidade é recomendada ainda por não exigir compromissos contratuais de curto, médio ou longo prazo, permitindo ao usuário pagar por segundo, minuto ou hora máquina utilizada, a depender do sistema operacional utilizado.

Os principais provedores de nuvem do mercado – *AWS*, *Microsoft Azure*, *Google Cloud* e *Oracle Cloud*, oferecem créditos e recursos denominados “*always free*” com o objetivo de atrair novos usuários e possibilitar que os mesmos testem os principais serviços oferecidos, dentro de um limite pré-estabelecido de custo, mas inquestionavelmente dentro de uma perspectiva razoável e sobretudo, disponibilizando uma experiência real de uso. Tais ofertas e recursos, eventualmente combinados entre si, podem sem dúvida servir como ferramenta de validação antes da especificação final dos recursos necessários para aquisição via licitação, passo inevitável exigido no processo de migração em definitivo.

A aplicação dos modelos de implantação apresentados na seção anterior, devem ser avaliados caso a caso em um processo de migração real, a depender da infraestrutura legada do município. Todos os modelos são capazes de trazer um novo nível de experiência, agilidade e flexibilidade ao negócio, devendo essas métricas ser

coletadas e analisadas pelas equipes responsáveis, de acordo com as regras de negócio desejadas e as estratégias de TI envolvidas.

Após uma implantação classificada como ideal, o resultado esperado são unidades de saúde devidamente conectadas ao *datacenter* em nuvem com prontuários *online* e informações em tempo real.

Medições primárias de desempenho do *link* devem ser feitas no momento da implantação para avaliar se a execução foi realizada de maneira satisfatória. Medições de desempenho deverão ser realizadas no contexto real de utilização, via experiência cotidiana dos agentes de saúde que deverão fornecer um *feedback* positivo ou negativo, de acordo com suas experiências prévias em ambiente local, antes da migração. Tipos de *feedback*:

- **Positivo:** O sistema responde as requisições de maneira satisfatória não atrasando o atendimento e impactando de forma negativa os trabalhos da unidade; e
- **Negativo:** O sistema não responde as requisições ou responde de maneira lenta atrasando sistematicamente o atendimento e impactando os trabalhos da unidade.

4.1. FERRAMENTAS IMPORTANTES E AJUSTES NECESSÁRIOS

Dentre as principais dificuldades de implantação encontradas no cenário proposto, é consenso que o fator custo é o mais lembrado.

Um *datacenter* em nuvem precisa de uma visão diferente da análise para entender os custos imprevistos. Os serviços em nuvem são mais baratos do que os serviços locais. Isso ocorre porque os serviços em nuvem são escolhidos em um mercado aberto, onde a concorrência e as economias de escala podem reduzir os custos desses serviços além do que pode ser esperado no local.

Para efeito contábil trimestral ou anual, o data center, os recursos de tecnologia da informação, a refrigeração, a gestão de energia, a automação predial e a segurança do local em termos de contabilidade são consideradas custos fixos e são amortizados ao longo de sua vida útil apresentando depreciação (MARKS e LOZANO, 2010).

O custo total de propriedade (TCO) fornece às empresas uma visão abrangente dos fatores de custo, o que permite uma melhor tomada de decisão. Aplicar a abordagem de TCO na computação em nuvem é vital para os beneficiários da nuvem evitarem estimativas vagas dos valores agregados e contabilizar os custos indiretos e ao longo da vida.

Embora a questão econômica possa se apresentar como promissora, no uso da nuvem, essa questão de análise de custos necessita de cautela. Os custos podem aumentar se não houver um planejamento e a organização poderá utilizar um serviço sem necessidade (VELTE, VELTE, ELSENPETER, 2011).

Também por outro lado, escolher e adotar o serviço mais adequado e com o melhor preço leva tempo, negociação e envolve outras questões. Assim, um exame dos serviços em nuvem por meio do custo de transação econômico pode revelar esforços e custos ocultos de gerenciamento de nuvem que não são evidentes no entendimento dos gestores.

Nesse sentido, é de fundamental importância que a equipe de migração conheça as ferramentas de previsão de custos oferecidas pelos principais provedores de nuvem. Tais ferramentas permitem que o usuário simule o custo de contratação de serviços, informando o quantitativo desejado, perfil dos equipamentos, sistema operacional desejado, tipo e quantidade de armazenamento, tráfego de rede, localidade em que os recursos serão alocados, dentre várias outras possibilidades. Dessa forma, é possível elencar todos os produtos e serviços desejados e ao final do processo, gerar um relatório consolidado detalhado para utilização em reuniões, discussões de topologia ou mesmo como embasamento para elaboração do termo de referência a ser utilizado no processo licitatório.

Também é possível calcular o custo total de propriedade dos equipamentos, serviços e demais custos agregados em uma eventual aquisição física voltada a uma infraestrutura própria “*on premises*”, via ferramenta específica, possibilitando dessa forma ao cliente confrontar as duas planilhas de custo e decidir qual o mais viável.

Por fim, é possível ainda, diminuir consideravelmente os custos de infraestrutura, por meio da aquisição de instâncias de computação reservadas, que exigem a assinatura de contratos que em geral podem variar de 12 a 36 meses, mas

que oferecem em contrapartida reduções de custo de até 75% frente à contratação sob demanda, a depender da duração do contrato e da modalidade de pagamento escolhida.

5. SEGURANÇA

Em um ambiente de nuvem, existem diferentes mecanismos de segurança perimetral, física e lógica, de modo a atender aos mais diversos e exigentes níveis e tipos de conformidade, e para a implantação do e-SUS nesta tecnologia uma breve introdução à segurança de dados é bem-vinda.

Todos os recursos disponíveis na nuvem estão invariavelmente conectados a procedimentos de gerenciamento de identidades e controle de acesso, providos via API pelos serviços de autenticação e autorização, respectivamente.

Serviços oferecidos por um provedor de nuvem pública, tem o fato de disponibilidade totalmente atrelado à *Internet*. Em geral, os serviços oferecidos pelo provedor – mesmo os de computação e armazenamento, são na verdade *web services*, que atendem às solicitações dos clientes utilizando a metodologia de requisição e resposta, gerando *log's* de cada uma das chamadas para fins de auditoria. Sendo assim, é importante proteger as interfaces e API's que são utilizadas por usuários externos. As API's são a maneira mais usual de se comunicar com a maioria dos serviços em nuvem. (MILLER, 2010).

Dois desafios devem ser perfeitamente endereçados em um ambiente de datacenter em nuvem: a gestão da segurança e privacidade e a gestão dos equipamentos móveis. Organizações que utilizam data center próprio sofrem de falhas significativas na segurança. A premissa que uma nuvem é mais vulnerável não é verdadeira (TAURION, 2009).

Mediante a criptografia dos dados antes de armazená-lo em nuvem, os dados podem estar mais seguros do que se fossem armazenados em “casa” (VELTE, VELTE, ELSENPETER, 2011).

Criptografar os dados é essencial e é preciso acompanhar as chaves no servidor que incluem: chaves de transporte, chaves de autenticação, símbolos de

autorização, criptografia de arquivo-chave, armazenamento de hardware-chave, chaves de revogação e certificados.

A segurança dos dados é um ponto bastante controverso nas discussões sobre data center em nuvem. A dúvida é se já é possível garantir a total segurança dos dados em trânsito, sem riscos de vazamento de informações confidenciais da organização.

Há uma grande preocupação no que diz respeito à segurança e privacidade. Ao utilizar o sistema, o usuário entrega seus dados e informações importantes aos cuidados de outra organização, o que para muitos é uma questão bastante complicada, causa uma sensação de vulnerabilidade; ao contrário de hoje, que estes dados e informações são bem guardadas por seus proprietários.

A resposta para todas essas questões é que os provedores de nuvem suportam criptografia dos dados em trânsito (fim-a-fim) e em repouso. As chaves envolvidas no processo podem ser fornecidas pelo cliente, pelo provedor ou geridas por serviços específicos e especializados.

6. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Verificou-se que a nuvem representa um novo e viável modelo de utilização a ser seguido para implantação de sistemas como o e-SUS. A tecnologia, desde que bem empregada, pode ser vista como um novo modelo para atender à necessidade de redução de custos fixos nas organizações. Também é possível afirmar que a computação em nuvem dispõe de sólidos mecanismos de segurança e oferece conformidade com diversos padrões utilizados na indústria, no entanto, existe um modelo de responsabilidade compartilhada onde o usuário – nesse caso o cliente, tem suas obrigações para garantir que tais recurso, de fato, ofereçam aquilo que é esperado.

Devemos ressaltar também que a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) irá exigir por parte das organizações e prefeituras, a adequação do processo de captação de dados sensíveis via e-SUS, uma vez que este necessita de dados dos munícipes, mantidos em um cadastro específico.

Sendo assim, de acordo com os estudos de caso coletados, é possível afirmar que o uso de um *datacenter* em nuvem pode ser viável – o que responde ao questionamento principal deste trabalho, tanto do ponto de vista funcional, como do ponto de vista econômico e de segurança, desde que as recomendações apresentadas seguem integralmente seguidas.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

É sabido que a tecnologia de computação em nuvem, apesar de intuitiva, não é trivial, tendo em vista o grande número de serviços oferecidos e o arcabouço teórico necessário para a elaboração e manutenção de uma arquitetura.

Nesse sentido, entendemos que, uma vez validada a infraestrutura, é de fundamental importância a construção de uma pilha de infraestrutura como código, de modo a mitigar os erros intrínsecos ao ser humano muito comuns em tarefas manuais e repetitivas, possibilitar a migração para outros provedores de nuvem que porventura, ofereçam melhores condições de trabalho, infraestrutura ou valores mais competitivos, garantir que todos os recursos sejam removidos quando uma pilha de infraestrutura não for mais necessária, bem como garantir a facilidade na recuperação de toda a infraestrutura em casos de recuperação de desastres.

6.2. AGRADECIMENTOS

À Sala IFSP-CIMNE, ambiente de pesquisa institucional viabilizado pelo acordo internacional firmado entre o *CIMNE – International Centre for Numerical Methods in Engineering* e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, que propiciou a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. **Quais os primeiros passos para a implantação?**. [2020?]. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/ape/esus/comoimplantar>. Acesso em: 10 jan 2021.

FURHT, Borko; ESCALANTE, Armando. **Handbook Of Cloud Computing**. Springer, 2010.

MARKS, A. Eric; LOZANO, Bob. **Executive's Guide to Cloud Computing**. Wiley Publishing, 2010.

MILLER, Michael. **Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online**. Que, 2010.

RITTINGHOUSE, John W; RANSOME, F. James. **Cloud Computing: Implementation, Management and Security**. CRC PRESS, 2009.

TAURION, Cezar. **Cloud computing: computação em nuvem: transformando o mundo da tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

UNDERDAHL, Brian; LEWIS Margaret; MUETING Tim. **Cloud Computing Clusters for Dummies: AMD Special Edition**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2010.

VELTE, T. Anthony; VELTE, J. Toby; ELSENPETER, Robert. **Cloud Computing: Uma Abordagem Prática**. Alta Books, 2011.