

AVALIAÇÃO DE SINGLE-BOARD COMPUTERS COMO ESTAÇÕES DE TELEMEDICINA E TELESSAÚDE

EVALUATION OF SINGLE-BOARD COMPUTERS AS TELEMEDICINE AND TELEHEALTH STATIONS

Vinícius Andreóli Petrolini^{1,2}, Eduardo Beckhauser^{1,2}, Alexandre Savaris^{1,2}, João Marcus Alves^{1,2}, Aldo von Wangenheim^{1,2}

¹Departamento de Informática e Estatística, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

²Laboratório de Telemedicina – Grupo Cyclops/INCoD

Resumo: Telemedicina e Telessaúde são disciplinas dedicadas a prover cuidados com saúde e uma conscientização sobre esses cuidados quando distância é um problema. Atualmente, Estações de Telemedicina e Telessaúde (ETTs) são utilizadas para prover a médicos e educadores ferramentas que concentram e integram diferentes tecnologias. A fim de suportar cenários envolvendo características relacionadas a teleconsultorias e tele-educação, as ETTs adotar plataformas de *hardware* robustas o bastante para alcançar os mínimos requerimentos enquanto provêm o determinado serviço de forma contínua e deliberada. Normalmente criada para ser executada em laptops, é possível que as ETTs sejam reorganizadas para utilizar Single-Board Computers (SBCs) como uma solução portátil e com custos mais baixos. Objetivando avaliar essa possibilidade, este trabalho apresenta um estudo de performance de cinco dos mais populares SBCs disponíveis no mercado brasileiro. Usando análise descritiva, concluiu-se que o Android TV Box foi a melhor opção a ser adotada, considerando seus resultados referentes a uso de CPU, memória e atraso de vídeo.

Palavras-chave: telemedicina, telessaúde, computadores.

Abstract: *Telemedicine and Telehealth are disciplines dedicated to provide health care and health care education when distance is an issue. Nowadays, Telemedicine and Telehealth Stations (TTSs) are used to provide physicians and educators tools that concentrate and integrate different technologies. To support scenarios involving features related to teleconsultation and tele-education, TTSs must consider the adoption of hardware platforms robust enough to reach minimal requirements while providing service deliverability and continuity. Despite being usually built for execution on laptops, it is possible that TTSs be reorganized to use Single-Board Computers (SBCs) as a most portable- and cost-effective solution. Aiming to evaluate such possibility, this work presents a performance study of five of the most popular SBCs available on the Brazilian market. Using descriptive statistics, we concluded that the Android TV Box SBC is the best option to be adopted, considering its results regarding CPU consumption, memory utilization, and video delay.*

Keywords: *telemedicine, telehealth, computer.*

Introdução

Assim como na crise imobiliária que assombrou os Estados Unidos da América no ano de 2007, um evento de força similar pode estar a caminho de atingir a área da saúde. Ao longo destes últimos anos, o aumento nos custos desta área vem contribuindo para um possível colapso na educação em saúde; por sorte, melhorias nas Tecnologias de Informação (TIs) estão auxiliando diversas áreas da medicina¹.

Mesmo existindo alguns problemas com relação à diminuição da relação interpessoal existente entre médicos e pacientes, a telemedicina (uma das áreas de aplicação destas TIs) apresenta benefícios substanciais, seja pela maior oferta de profissionais de educação melhor qualificados, seja por um maior acesso à informação, redução de custos na saúde, ou ainda um melhor controle de qualidade dos programas de saúde². Por definição, telemedicina é um campo que se utiliza de tecnologias de informação e telecomunicação para fornecer serviços de cuidados em saúde à distância³, incorporando modalidades como telediagnóstico, atendimento remoto a recém-nascidos, teleconsultorias e educação continuada para profissionais da saúde⁴.

Um exemplo existente de aplicação bem sucedida de telemedicina é o Sistema Catarinense Integrado de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC). O STT/SC cobre uma ampla variedade de modalidades de exame, tais como dermatologia, análises clínicas (como HIV e hepatite) e exames de alta complexidade (como Ressonância Magnética -- MRI, Raio-X e TC -- Tomografia Computadorizada). Além disso, o STT/SC disponibiliza serviços de educação para profissionais da saúde e de suporte⁵. Presente desde 2005 em todos os municípios de Santa Catarina, o STT/SC é utilizado por centenas de usuários incluindo médicos, enfermeiros, agentes comunitários de saúde e bioquímicos. Até o fim de 2015, o sistema gerenciou mais de quatro milhões e meio de exames de diversas especialidades⁶.

Com o objetivo de simplificar e diminuir os custos do STT/SC, a Secretaria de Saúde do Estado de Santa Catarina (SES/SC), juntamente com o Laboratório de Telemedicina (LabTelemed) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), está propondo o desenvolvimento de uma Estação de Telemedicina e Telessaúde (ETT) a fim de criar uma estação de trabalho *multimodal*, síncrona e assíncrona capaz de ofertar um conjunto de funcionalidades presentes no STT/SC. Dentro do contexto que envolve o STT/SC, uma ETT busca facilitar o acesso aos diversos serviços já disponíveis em aplicativos móveis (acessíveis via *smartphones* e *tablets*) ou via interface *web*, incluindo teleconsultorias, telediagnósticos e webconferências⁶. Para atender aos diversos serviços que o STT/SC oferece, a ETT necessita de robustez suficiente para realizar o processamento digital de imagens e *streamings* de áudio e vídeo (principalmente nas webconferências, funcionalidade do sistema na qual um bom desempenho do *hardware* é essencial); além disso, a ETT deve ter um custo-benefício satisfatório, já que o custo de instalação e manutenção deve ser compatível com o orçamento de diversos municípios. Neste cenário, *Single-Board Computers* (SBCs) -- computadores pequenos e completos -- são considerados como uma boa opção para atender tanto à robustez quanto o baixo-custo.

Este artigo propõe um estudo de caso para avaliar cinco SBCs comumente encontrados no mercado com o objetivo de identificar qual deles é o melhor candidato para ser utilizado como base da ETT. Os experimentos realizados visam avaliar cada SBC em termos de consumo de CPU, utilização de memória e atraso de vídeo durante o recebimento de um *stream* (simulando uma webconferência). Para tanto, o trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 conceitualiza SBCs, telemedicina e telessaúde; a seção 3 descreve como a pesquisa foi realizada, seguida da seção 4 onde são apresentados os testes realizados, os resultados obtidos e a análise dos dados. Por fim, a seção 5 discute os resultados, explanando as conclusões dos autores e elencando trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

Single-Board Computer

Um *Single-Board Computer* (SBC) é um microcomputador construído sobre uma placa única, possuindo um microprocessador, memória de acesso randômico (RAM) e suporte para dispositivos de entrada/saída⁷. A simplicidade de sua arquitetura contribui para um baixo consumo de energia, boa performance de CPU (*Central Processing Unit*), possuindo tamanho diminuto (algo próximo ao de um cartão de crédito⁸). Atualmente, os SBCs têm sido utilizados em diversos ramos como o de instrumentação médica,

computação embarcada e indústria automobilística. Seu tamanho e custo reduzido são as principais vantagens para utilizá-los quando comparados aos tradicionais computadores do tipo *desktop*⁹.

Os cinco SBCs candidatos a serem base para a ETT são: Raspberry Pi 2, Raspberry Pi B, BeagleBone Black, Banana Pi e Android TV Box, sendo o mais antigo o Raspberry Pi B, disponível desde outubro de 2012.

Estação de Telemedicina e Telessaúde

Uma Estação de Telemedicina e Telessaúde (ETT) é uma estação de trabalho que deve integrar diferentes modalidades de serviço oferecidas tanto pelo sistema de telemedicina quanto pelo sistema de telessaúde¹⁰. Um exemplo é o projeto EU-TeleInViVo¹¹ -- um sistema desenvolvido para monitoramento remoto de pacientes. ETTs também são um meio efetivo de disseminação de serviços de telemedicina e telessaúde¹².

A criação e desenvolvimento de uma ETT é motivada pela necessidade de uma fácil instalação, rápida realocação física (quando necessário) e redução de custos. Além do baixo custo, estes dispositivos possuem um número limitado de recursos de conectividade física (como portas USB), simplificando a configuração e operação da estação (por exemplo, a seleção de dispositivos de entrada/saída de áudio e vídeo).

STT/SC

O Sistema Catarinense Integrado de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC) é um conjunto de serviços, sistemas de informação e módulos que disponibilizam o acesso a diversas funcionalidades na área de saúde e educação continuada de profissionais da área médica. Este sistema engloba telemedicina e telessaúde, estando os dois disponíveis como aplicações web e para dispositivos móveis^{6,13}. O STT/SC inclui ainda o Sistema de Informação Laboratorial (SIL) usado pelo Laboratório Central de Saúde Pública do Estado de Santa Catarina (LACEN/SC)¹⁴.

Metodologia de Pesquisa

A fim de obter a melhor escolha dentre os SBCs disponíveis, focando no suporte a rotinas de webconferência, foi adotado o estudo de caso. A tabela 1 caracteriza os SBCs utilizados nesse estudo com foco em suas especificações de *hardware*.

Tabela 1 - Especificações de Single-Board Computers.

SBC	CPU	GPU	RAM
Raspberry Pi 2	ARM Cortex-A7 900Mhz (Quad-core)	Broadcom VideCore IV	1GB
Raspberry Pi B	ARM 11 700Mhz (Single-core)	Broadcom VideCore IV	512MB
BeagleBone Black	ARM Cortex-A8 1Ghz (Single-core)	PowerVR SGX530	512MB
Banana Pi	ARM Cortex-A7 1Ghz (Dual-core)	Mali-400MP2	1GB
Android TV Box	Cortex-A9 1,6Ghz (Quad-core)	4x Mali-400M	2GB

Foram coletadas três métricas para avaliação: porcentagem de utilização de CPU, memória e atraso de transmissão de vídeo (em ms). Usando a metodologia de estudo de caso definida por ¹⁵, as seções 3.1.1 e 3.1.2 apresentam a definição e considerações detalhadas para a execução desta abordagem metodológica. A seção 4 lista os resultados obtidos e apresenta a análise dos dados, seguida pela discussão na seção 5.

Definição do Estudo de Caso

O objetivo deste estudo é avaliar, dentre as cinco opções disponíveis, qual *single-board computer* é mais adequado para a transmissão de webconferências presenciadas por profissionais de saúde tais como agentes comunitários, enfermeiras e convidados no âmbito das variáveis deste estudo, ou seja, na utilização de CPU, memória e atraso de vídeo.

Execução do Estudo de Caso

Para reunir dados referentes ao consumo de CPU e memória, cada SBC foi conectado à internet cabeada com 100Mb de banda. Foi utilizada, então, uma ferramenta chamada Wondershaper® a fim de limitar a largura de banda para quatro diferentes tipos de conexão: 10Mb, 5Mb, 2Mb e 1Mb. Essa ferramenta foi utilizada com os primeiros quatro SBCs; no caso do Android TV Box, o mesmo foi feito através da limitação da largura de banda diretamente no envio de sinal, devido a não disponibilidade da ferramenta para o sistema Android. As larguras de banda utilizadas foram escolhidas com base no que é mais comumente provido pelas operadoras do estado de Santa Catarina a fim de representar com maior fidelidade o cenário presente desde pequenos centros de saúde até grandes hospitais. A figura 1 mostra dois cenários para coleta de dados: o primeiro (cenário 1) tem a função de explicar como ocorre o recolhimento de dados relacionados a métricas de utilização de memória e CPU, enquanto que o segundo (cenário 2) mostra como são coletados os dados de atraso de vídeo. Os experimentos relacionados ao cenário 1 foram repetidos 20 vezes -- quatro vezes para cada SBC testado, abrangendo as quatro larguras de banda diferentes, enquanto que os experimentos relacionados ao cenário 2 foram repetidos três vezes (com uma média final para cada SBC).

Na figura 1, cenário 1, um computador pessoal -- equipado com um processador Intel Core i5 de 2,8Ghz (Octa-core), 8GB de memória RAM e uma placa de vídeo Nvidia Geforce 210 -- foi conectado a um servidor *WebRTC* (1), também conectado ao SBC (2). O computador pessoal transmite, então, um vídeo de 45 minutos (tempo estimado de uma webconferência), enquanto que o SBC transmite o vídeo capturado pela *webcam* (3). Além disso, a ferramenta *web Initial State*® coleta dados dos SBCs com respeito ao consumo de memória e CPU (4).

O segundo cenário adapta uma abordagem definida em ¹⁶ para o cálculo de atraso de vídeo. Ela consiste em duas câmeras conectadas a um computador pessoal (*desktop*), sendo que uma delas está apontada para uma parede (câmera 1) e a outra está apontada para o monitor conectado ao SBC (câmera 2). A *webcam* conectada ao SBC está apontada para a parede, da mesma forma que a câmera 1. Para medir o atraso de vídeo, uma bola foi solta rente à parede em frente à câmera 1 e à *webcam* do SBC. O vídeo enviado ao SBC (1) é mostrado no monitor, cuja imagem é transmitida pela câmera 2. Com isso, o computador pessoal grava o *streaming* de vídeo transmitido por (2) e o atraso em vídeo visualizado no monitor do SBC, transmitido por (3). A análise dos vídeos gravados pelo computador pessoal, quadro a quadro até que a bola atinja o solo, nos habilita calcular o atraso em milissegundos do vídeo gravado para cada SBC. Enquanto alguns atrasos são esperados devido ao tempo requerido para gravação, processamento e visualização das imagens no monitor, o SBC mais rápido terá a menor diferença de quadros entre os *streams* adquiridos pelas câmeras 1 e 2.

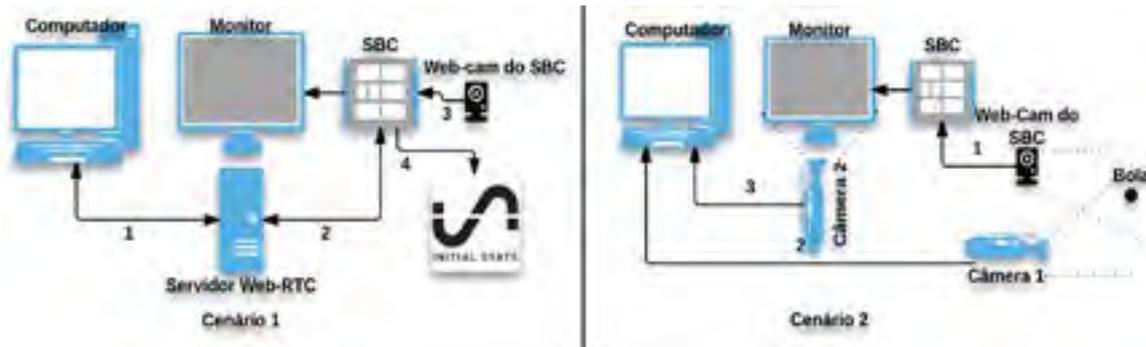


Figura 1 - Cenários de teste de performance e atraso

Resultados e Análise de Dados

Dados oriundos da utilização de CPU e memória (colhidos durante os testes de desempenho de acordo com o cenário 1 descrito na figura 1) são apresentados em formato de *panel box*. Esses gráficos mostram a percentagem de utilização de memória (abaixo) e de CPU (acima). No caso do Android TV Box, o consumo de memória é descrito na cor azul, enquanto que a utilização de CPU é descrita na cor cinza.

Cada *plot* representa o valor máximo (o limite superior), o valor mínimo (o limite inferior) e a caixa entre essas linhas representa a variabilidade dos dados (uma caixa maior significa maior variabilidade; uma caixa menor, uma menor variabilidade). Dentro de cada caixa há uma linha horizontal que representa a mediana (o valor central das amostras): quando mais próxima essa linha estiver do centro vertical da caixa, maior é essa distribuição. O tamanho das amostras de dados é disponibilizado acima do *label* de cada SBC. A última informação apresentada nos gráficos são *outliers*: círculos ao longo do eixo vertical em cada SBC representando valores discrepantes em relação ao todo.

Os próximos dois gráficos (figura 2) requerem atenção devido à não conclusão dos testes de *performance* por parte do Banana Pi, dados problemas técnicos (superaquecimento), implicando que o mesmo seja representado por uma caixa vermelha (CPU) e rosa (memória) a fim de alertar o leitor que seus dados devem ser analisados cuidadosamente (evento ocorrido em ambas conexões). Essa interrupção por si pode ter afetado a variabilidade em seu consumo de memória. Fora isso, o uso de memória e CPU permanece o mesmo. A variabilidade e o número de *outliers* no consumo de CPU do Raspberry Pi aumentou, mas seu mínimo chegou a menos de 50% de utilização. O comportamento dos outros SBCs é similar no que diz respeito à banda de 2Mb.

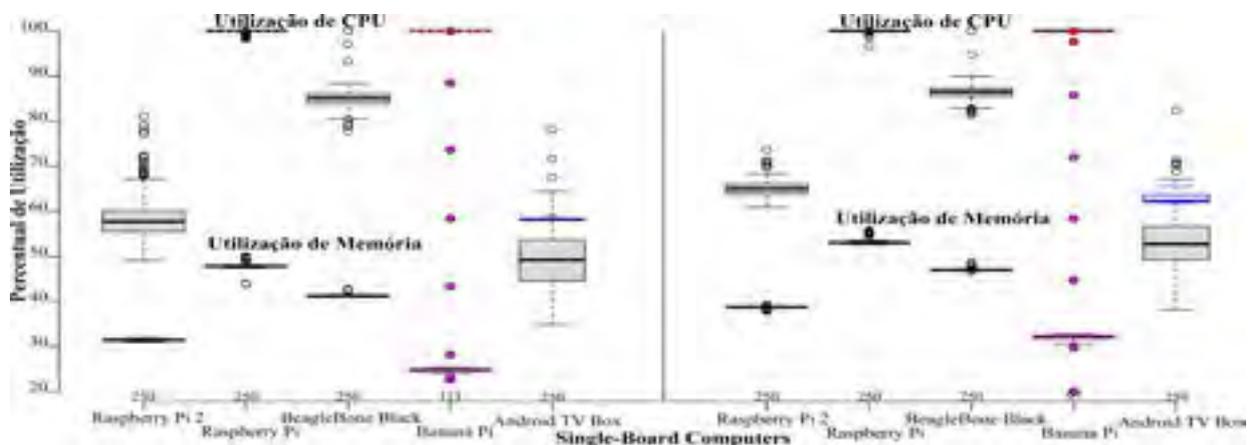


Figura 2 – Utilização de memória de CPU (velocidade de 1 e 2 Megabits)

Por sua vez, os gráficos da figura 3 mostram a porcentagem de utilização de memória e CPU dos SBCs para ambas conexões de 5Mb e 10Mb. Na largura de banda de 5Mb, o Android TV Box mostrou o menor consumo de CPU, seguido pelo Raspberry Pi 2. Tanto o BeagleBone Black quanto o Banana Pi tiveram um comportamento bem semelhante, com uma quantia considerável de *outliers*. Em termos de utilização de memória, o Banana Pi foi o que teve a menor utilização dentre os SBCs. Ambos BeagleBone Black e Raspberry Pi B obtiveram taxas semelhantes no que diz respeito à utilização de memória, e o Android TV Box obteve o maior índice de utilização. O gráfico correspondente à conexão de 10Mb mostra uma semelhança com a conexão de 5Mb, retirando o fato de que houve um número reduzido de *outliers* e tanto BeagleBone Black como Android TV Box utilizaram uma pequena fração à mais de memória.

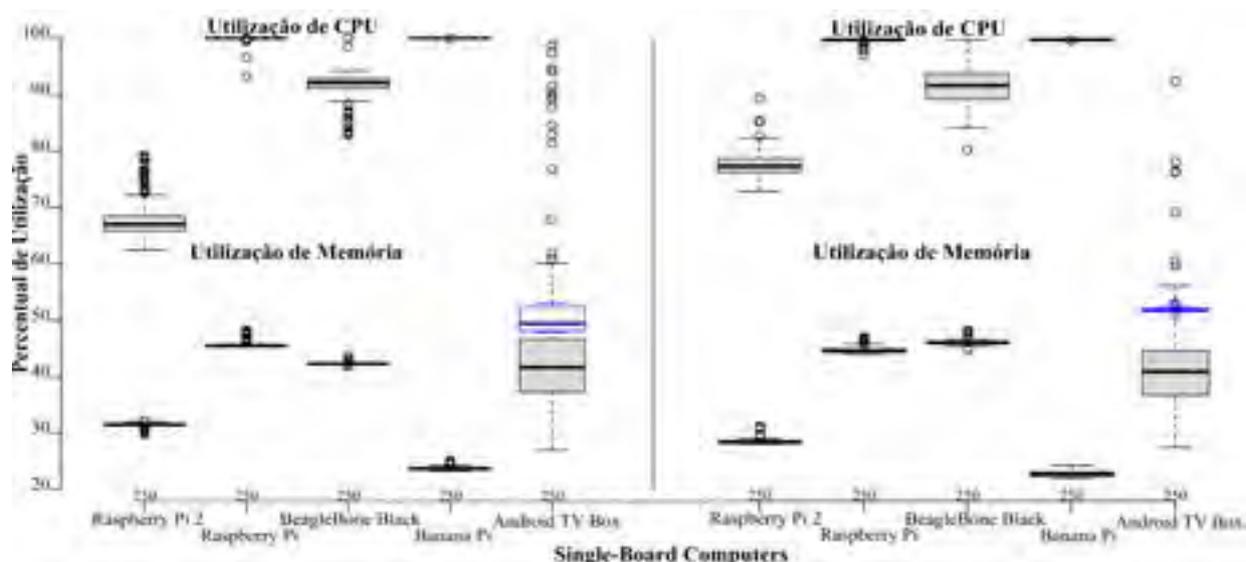


Figura 3 - Utilização de memória de CPU (velocidade de 5 e 10 Megabits)

O Android TV Box teve uma utilização de 44,41% em termos de CPU e 54,22% em memória. O Raspberry Pi 2 teve uma utilização de CPU de 66,26% e um consumo de memória de 30,45%. Seu precursor, chamado Raspberry Pi B, apresentou um consumo de CPU de 99,87% e um consumo de memória de 45,50%. O BeagleBone Black teve o terceiro melhor consumo médio de CPU (88,41%), mas o terceiro pior em questão de utilização de memória (42,62%). Por sua vez, o SBC com a configuração mais similar em relação ao Raspberry Pi 2, o Banana Pi, apresentou o pior índice de utilização de CPU: 99,98%; por outro lado, este SBC conseguiu o melhor índice de utilização de memória dentre todos os SBCs, com uma média de 24,56%.

Os resultados adquiridos para a última métrica (atraso de vídeo), obtidos através do cenário 2 descrito na figura 1, são apresentados na tabela 2. Após três repetições, o Android TV Box obteve o menor atraso dentre os SBCs.

Tabela 2 - Atraso de vídeo em (ms).

Teste	Raspberry Pi 2	Raspberry Pi	BeagleBone Black	Banana Pi	Android TV Box
1	125	250	208	250	83
2	83	208	250	291	83
3	125	250	250	208	125
Média	111	222	236	250	97

Discussões e Conclusões

Analisando os resultados adquiridos, foi verificado que o Android TV Box utilizou a menor fração de CPU, com uma média de utilização abaixo de 50%; esse comportamento é atribuído ao processador *quad-core* utilizado por este SBC, maior quantidade de memória e melhor GPU em comparação aos outros SBCs testados.

O Raspberry Pi 2 teve a segunda posição em consumo de CPU. Mesmo que não tão poderoso quanto o Android TV Box, seu processador *quad-core* fez a diferença em relação aos demais SBCs na execução de tarefas. O BeagleBone Black teve a terceira posição em consumo de CPU onde, mesmo com o fato de ter um processador *single-core*, concluímos que seu Sistema Operacional fez a diferença: o BeagleBone Black tem um SO pré-instalado otimizado para sua arquitetura de *hardware*, requerendo menos recursos para a conclusão de tarefas.

Surpreendentemente, o Banana Pi e o Raspberry Pi B tiveram índices de utilização de CPU similares. Apesar do fato de que o Banana Pi possui um processador *dual-core* de 1Ghz, sua utilização média de CPU obteve um resultado pior do que os do Raspberry Pi B, que possui um processador *single-core* de 700Mhz.

Quando analisado consumo de memória, os resultados podem ser divididos em dois grupos: um incluindo o Banana Pi e o Raspberry Pi 2 e outro para o BeagleBone Black e o Raspberry Pi B. Cada grupo consumiu uma carga similar de memória, o que era esperado já que o Raspberry Pi 2 e o Banana Pi possuem 1GB de memória RAM e o Raspberry Pi B e o BeagleBone Black possuem 512MB. No primeiro grupo, o Raspberry Pi 2 usou mais memória do que o Banana Pi -- provavelmente porque o Raspberry Pi 2 é relativamente novo no mercado e não é inteiramente otimizado em termos de integração *hardware-software*. No caso do Android TV Box, o mesmo obteve um consumo de memória maior do que os demais considerando a utilização do Sistema Operacional Android (que por si requer uma quantidade maior de memória).

De acordo com a tabela 2, o Android TV Box obteve a melhor média dentre os cinco SBCs testados, com uma performance somente comparável ao Raspberry Pi 2 e muito melhor que qualquer outro SBC.

Com base na análise dos resultados, conclui-se primeiramente que um SBC pode ser usado para suportar uma ETT no que diz respeito a webconferências. Dentro do conjunto dos SBCs avaliados nesse trabalho, quatro apresentaram um comportamento satisfatório, sendo o Android TV Box o melhor em termos de performance considerando utilização de CPU, memória e atraso de vídeo. Sendo um SBC com sistema operacional conhecido e poderoso, o mesmo é um forte candidato a ser adotado como base para a construção da estação proposta, fortificando a ideia da utilização de componentes de *hardware* portáteis e de baixo custo. No cenário proposto, o Banana Pi não atendeu à carga de trabalho deste estudo, apesar da sua configuração atual; logo, percebe-se a necessidade de uma análise detalhada para melhorar a qualidade de ETTs e reduzir riscos durante o projeto.

Há ainda uma boa demanda de trabalho a ser realizado no campo de estudo, relacionado especialmente à construção da Estação de Telemedicina e Telessaúde em si. Uma vez que esta estação esteja pronta, a mesma deve ser validada em um cenário envolvendo usuários reais em sua rotina diária. Mais adiante, mesmo que o Banana Pi não seja considerado um candidato a suportar a estação, o mesmo demanda um estudo mais profundo para verificar as possíveis causas de seu superaquecimento e de sua baixa performance comparada com os demais SBCs com uma configuração mais simples.

Ameaças e Validação

Com respeito à validade de construção, tentamos contornar os vieses considerando três diferentes métricas e utilizando dois diferentes cenários de teste.

Tentando eliminar as ameaças referentes à validade interna, apesar do uso de um ambiente de testes controlado, os mesmos foram realizados o mais próximo possível de um cenário real, utilizando múltiplas velocidades de conexão com *webcams* comuns e outros periféricos. Além disso, os dados referentes ao consumo de memória e CPU do Banana Pi podem ser tratados como assunto de viés de sobrevivência, já que o mesmo obteve falha na tentativa de concluir os experimentos para conexões de 1Mb e 2Mb. Todavia, os testes feitos com as demais velocidades de conexão mitigaram essa ameaça.

Para evitar o viés de seleção, este trabalho considera o máximo de SBCs possível, apesar do fato de que restrições orçamentárias limitaram a compra de outros SBCs menos utilizados no mercado, implicando numa validade interna limitada.

Por fim, foram utilizados *softwares* de terceiros, não se podendo garantir que os mesmos tenham a precisão requerida para os testes. Para transpassar essa eventualidade, as aplicações utilizadas são de fontes reconhecidas e bem avaliadas, como o *Wondershaper* e o *InitialState*, objetivando diminuir o risco de falhas e imprecisões.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina - SES/SC, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina – FAPESC.

Referências

- [1] Shortliffe EH, Cimino JJ. Biomedical informatics: computer applications in health care and biomedicine. Springer Science & Business Media; 2013.
- [2] Hjelm N. Benefits and drawbacks of telemedicine. J TELEMED TELECARE. 2005;11(2):60–70.
- [3] Daniel H, Sulmasy LS. Policy recommendations to guide the use of telemedicine in primary care settings: An American College of Physicians position paper. ANN INTERN MED. 2015;163(10):787–789.
- [4] Currell R, Urquhart C, Wainwright P, Lewis R. Telemedicine versus face to face patient care: effects on professional practice and health care outcomes. Cochrane Database Syst Rev. 2000;2(2).
- [5] von Wangenheim A, de Souza Nobre LF, Tognoli H, Nassar SM, Ho K. User satisfaction with asynchronous telemedicine: A study of users of Santa Catarina's system of telemedicine and telehealth. Telemedicine and e-Health. 2012;18(5):339–346.
- [6] Nobre LF, von Wangenheim A. Development and Implementation of a Statewide Telemedicine/Telehealth System in the State of Santa Catarina, Brazil. In: Ho K, JarvisSelinger S, Novak Lauscher H, Cordeiro J, Scott R, editors. Technology Enabled Knowledge Translation for eHealth. Healthcare Delivery in the Information Age. Springer New York; 2012. p. 379–400.
- [7] Mobley J, Cullum, B. M., Wintenberg, A. L., Frank, S. S., Maples, R. A., Stokes, D. L., & Vo-Dinh, T. Single-board computer based control system for a portable Raman device with integrated chemical identification. Review of scientific instruments. 2004;75(6):2016–2023.
- [8] Cheng Y, Lee D, Liao C, Huang C, Hsu K. Embedded Environment with Epics Support for Control Applications. 2015.
- [9] Alee N, Rahman M, Ahmad R. Performance comparison of Single Board Computer: A case study of kernel on ARM architecture. In: Computer Science & Education (ICCSE), 2011 6th International Conference on. IEEE; 2011. p. 521–524.
- [10] Rizou D, Sachpazidis I, Salvatore L, Sakas G. TraumaStation: A portable telemedicine station. In: Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE. IEEE; 2009. p. 1254–1257.

- [11] Kontaxakis G, Walter S, Sakas G. EU-TeleInViVo: an integrated portable telemedicine workstation featuring acquisition, processing and transmission over low-bandwidth lines of 3D ultrasound volume images. In: Information Technology Applications in Biomedicine, 2000. Proceedings. 2000 IEEE EMBS International Conference on. IEEE; 2000. p. 158–163.
- [12] Cone SW, Hummel R, Leon J, Merrell RC. Implementation and evaluation of a low-cost telemedicine station in the remote Ecuadorian rainforest. J TELEMED TELE CARE. 2007;13(1):31–34.
- [13] Wallauer J, Macedo D, Andrade R, von Wangenheim A. Creating a statewide public health record starting from a telemedicine network. IT Professional. 2008;10(2):12–17.
- [14] Alves JM, von Wangenheim CG, Savaris A, von Wangenheim A. Identifying and Evaluating Usability Heuristics Applicable to Clinical Laboratory Systems. In: 2014 IEEE 27th COMP MED SY (CBMS). IEEE; 2014. p. 529–530.
- [15] Yin RK. Case study research: Design and methods. Sage publications; 2013.
- [16] von Wangenheim A, Prusse M, Maia RS, Abdala DD, Regert AG, et al. Recording and reenactment of collaborative diagnosis sessions using DICOM. J DIGIT IMAGING. 2009;22(6):605–619.

Contato

Vinícius Andreóli Petrolini
Email: vinicius@telemedicina.ufsc.br
Telefone: +55 48 3721-9516 R.17
Endereço: Campus Reitor João David Ferreira
Lima, s/n - Trindade, Departamento de
Informática e Estatística – Sala 320
Florianópolis - SC, 88040-900

