

16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

TV BOX REVOLUTION: TRANSFORMANDO DISPOSITIVOS DESCARACTERIZADOS EM CLUSTERS DE ALTO DESEMPENHO PARA PROCESSAMENTO PARALELO.

THIAGO RAFAEL G. DA SILVA, FÁBIO ALEXANDRE C. MODESTO.

¹ Graduando em Ciência da Computação, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Salto, goncalves.thiago@aluno.ifsp.edu.br.

² Docente EBTT do IFSP, campus Salto, fabiomodesto@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: Este projeto tem como objetivo transformar dispositivos TV Box descaracterizados, anteriormente utilizados para fins ilícitos com sistemas Android modificados, em unidades computacionais que serão integradas em um cluster de processamento paralelo. Utilizando o processador S905X3 e um sistema Linux *open source*, será possível reaproveitar esses dispositivos para executar algoritmos paralelos complexos, como a multiplicação de matrizes. O projeto promove a sustentabilidade ao evitar o descarte de eletrônicos, além de fornecer uma solução viável de computação de baixo custo no IFSP Campus Salto, ampliando o acesso a recursos computacionais de alto desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: TV-Box; Linux; cluster; sustentabilidade; processamento paralelo.

TV-BOX REVOLUTION: REPURPOSED DEVICES TRANSFORMED INTO HIGH-PERFORMANCE CLUSTERS FOR PARALLEL PROCESSING.

ABSTRACT: This project aims to repurpose decharacterized TV Box devices, previously used for illicit purposes through modified Android systems, into computational units integrated into a parallel processing cluster. By leveraging the S905X3 processor and an open-source Linux system, these devices can be reused to execute complex parallel algorithms, such as matrix multiplication. The initiative promotes sustainability by preventing electronic waste while providing a low-cost high-performance computing solution at IFSP Campus Salto, expanding access to advanced computational resources.

KEYWORDS: TV-Box; Linux; cluster; sustainability, parallel processing.

INTRODUÇÃO

Em torno de 33 milhões de brasileiros consomem conteúdo de TV por assinatura por algum meio ilegal, gerando um prejuízo anual de 15,5 bilhões de reais. Dentre os aparelhos usados destacam-se os TV-Boxes irregulares, dos quais a Secretaria da Receita Federal apreende acima de 600 mil equipamentos com *software* malicioso. A destruição desse material é cara, além de implicar na geração de lixo eletrônico. Com o intuito de evitar a destruição, o IFSP Câmpus Salto estabeleceu uma parceria com a Delegacia da Receita Federal de Sorocaba e passou a descaracterizar os TV-Boxes apreendidos. Nesse procedimento, o *software* ilegal é removido e um sistema Linux de código aberto é instalado, juntamente com outros *softwares* livres.

Santos Filho e Carneiro Neto (2025) definem um cluster como computadores heterogêneos que trabalham de forma distribuída e colaborativa, efetuando diversas tarefas paralelas simultâneas. Esse conceito é visto como uma alternativa economicamente viável para atender à alta demanda de processamento de dados e reduzir os custos de aquisição e manutenção de supercomputadores. Nesses

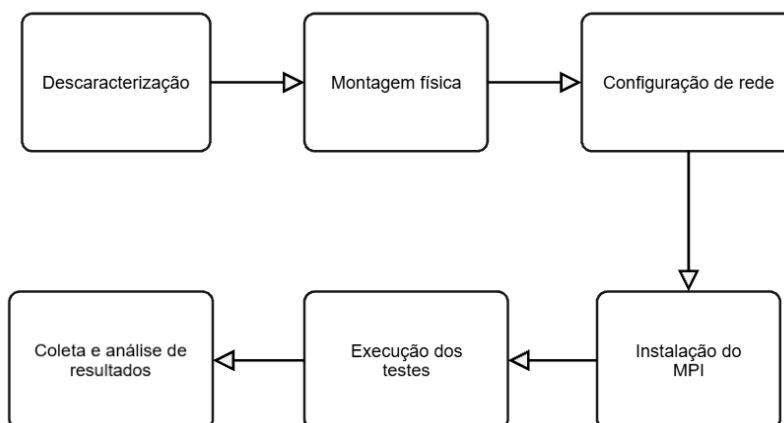
clusters, um grupo de máquinas independentes, interligadas por uma rede de alta velocidade, executa aplicações de computação de alto desempenho, o que muitas vezes envolve processamento paralelo. O objetivo principal será avaliar o desempenho de um algoritmo de multiplicação de matrizes em diferentes configurações, visando estudar a relação da paralelização com tempo de execução e desempenho computacional. Segundo Rauber e Runger (2010), o desempenho de sistemas paralelos está diretamente relacionado à forma como as tarefas são distribuídas entre os nós, ao modelo de comunicação adotado e ao balanceamento de carga. O uso de clusters baseados em arquiteturas ARM, como as TV-Boxes do presente estudo, possibilita explorar o modelo *Multiple Instruction, Multiple Data* (MIMD), característico de sistemas de memória distribuída, amplamente utilizado em computação científica e em aplicações de baixo custo. Silva, Brito e Filho (2019) citam que a importância da computação verde está em promover o uso consciente e eficiente dos recursos computacionais, buscando reduzir o consumo de energia elétrica, minimizar impactos ambientais e otimizar o desempenho de sistemas de hardware e software.

A pesquisa tem como objetivo investigar a viabilidade de transformar TV-Box descaracterizadas em um clusters, utilizando bibliotecas de paralelismo para executar tarefas em múltiplos nós. A hipótese central é que esses dispositivos, mesmo possuindo recursos limitados, podem operar de forma eficiente em ambientes educacionais. O objetivo principal é desenvolver e testar um cluster com TV-Boxes descaracterizadas, promovendo a sustentabilidade, economia de recursos e acesso à computação paralela no IFSP.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa aplicada, de natureza exploratória, que adota procedimentos bibliográficos e experimentais, envolvendo a construção e análise de um protótipo funcional de cluster baseado em TV-Boxes. Segundo Bardin (2011), a análise de conteúdo permite interpretar sistematicamente dados qualitativos, contribuindo para a construção de inferências válidas a partir de registros observáveis. Para facilitar a compreensão do processo de desenvolvimento do cluster, elaborou-se um fluxograma que representa, de forma sequencial, as etapas executadas na pesquisa. O diagrama sintetiza o caminho metodológico percorrido, desde a preparação dos dispositivos até a realização dos testes de desempenho, evidenciando a integração entre as etapas práticas e a análise experimental.

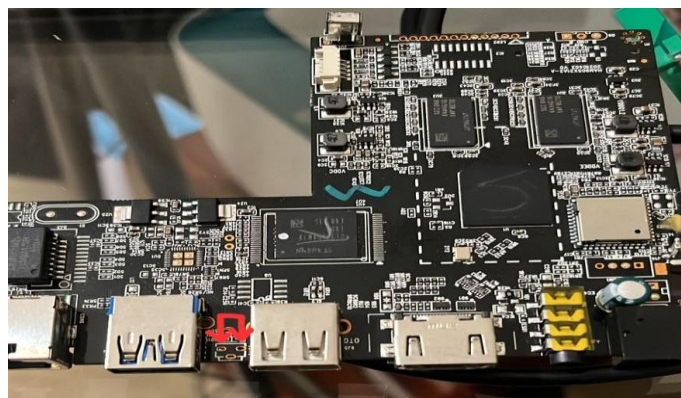
FIGURA 1. Fluxograma das etapas da pesquisa



A primeira etapa consistiu na descaracterização dos oito dispositivos TV-Box, removendo completamente o sistema operacional proprietários (Android). Para o processo de descaracterização, foi realizada a instalação da distribuição *Armbian*, uma versão do Linux otimizada para dispositivos ARM. A escolha de um sistema de código livre foi levando em consideração a leveza do sistema operacional. Por se tratar de um *hardware* com recursos limitados, o Linux seria um ótimo sistema operacional para as TV-Box, por serem dispositivos de baixo poder computacional. Por se tratar de uma arquitetura ARM, a distribuição *Armbian* seria ideal para essa utilização.

Esse procedimento é realizado através da gravação de uma imagem do sistema *Linux Armbian* em um pendrive com capacidade superior a 16GB, através do *software BalenaEtcher* – um *software* simples para gravação de imagens. O modelo da TV-Box utilizado é uma ATV A5, que utiliza processador *Amlogic S905X3 quad-core* (ou seja, cada nó com 4 núcleos de processamento), possui 2GB de memória RAM LPDDR4 e 16GB de armazenamento, o mais forte conhecido pelo projeto TV-Box do IFSP – Salto, ilustrado na Figura 2.

FIGURA 2. Placa da ATV A5. Pontos para entrar em modo de instalação.



O procedimento de instalação da imagem do sistema *Linux Armbian* deve alinhar o arquivo *.dtb* (*device tree binary*), que é uma representação binária da árvore de dispositivos, com o hardware presente na TVBox. Isso se explica, pois, computadores ARM normalmente não possuem autodetecção de *hardware*, exigindo que o kernel receba informações sobre o *hardware* disponível através de um arquivo. Para a descaracterização, deve curto-circuitar dois terminais na placa da TV-Box, ilustrados na Figura 2, tendo conectado um *pendrive* gravado com a ISO do sistema equivalente à porta USB. O procedimento de instalação segue a configuração padrão de um sistema Linux. Esse processo garantiu que os equipamentos estivessem livres de *softwares* ilícitos, aptos para utilização das utilizações do cluster e com pleno funcionamento do *hardware* básico. A conexão do sistema com a internet foi feita utilizando o Wi-Fi da própria TV-Box.

O processo de montagem física do cluster envolveu a preparação de cabos de rede utilizando conectores RJ45, ferramentas de crimpagem e 5 metros de cabo de rede CAT-5e, a fim de garantir que todos os cabos tivessem o comprimento necessário para conexão entre os TV-Box e o switch. Para interligar os dispositivos, foi utilizado um switch de largura de banda de 1000Mbps, marca TP-Link TL-SG1016d, que oferece maior largura de banda e melhor desempenho na comunicação entre os nós do cluster, visto que o projeto inicial era utilizar um hub de capacidade e tamanho menor, cuja largura de banda era de 100Mbps (10 vezes menor, comparada ao switch utilizado). Tal atualização permitiria que não houvesse gargalo pela comunicação na rede do cluster.

Após a montagem física e descaracterização dos dispositivos, foi implementado um servidor DHCP no nó master, que seria essencial para a configuração do cluster. Foi utilizado o utilitário *isc-dhcp-server*. A escolha levou em conta a leveza e facilidade de configuração em sistemas embarcados como os TV-Boxes. O nó master recebeu o IP fixo 192.168.1.100, configurado diretamente em sua interface de rede. Em seguida, o servidor DHCP foi configurado para fornecer endereços IP estáticos aos nós *slaves* com base no endereço MAC de cada TV-Box, utilizando o recurso de reservas DHCP (*static leases*). Os *IP's* atribuídos variaram de 192.168.1.101 a 192.168.1.107, garantindo previsibilidade na comunicação entre os nós. A configuração foi feita por meio do arquivo *"/etc/dhcp/dhcpd.conf"*, onde cada endereço MAC foi associado manualmente a um IP fixo. Após a configuração, foram realizados testes de conectividade utilizando os comandos *ping* e *ssh* para verificar o correto recebimento dos *IP's* e a comunicação bidirecional entre os dispositivos, confirmando o funcionamento da malha de rede do cluster.

A alimentação elétrica foi otimizada utilizando uma fonte de 5V e 10A, capaz de fornecer energia suficiente para todos os TV-Box simultaneamente. Essa solução foi escolhida para evitar o uso das fontes individuais dos dispositivos, que ocupariam mais espaço e poderiam gerar desorganização na montagem. O switch foi ligado paralelamente com a alimentação da fonte. Por fim, foi instalado um

ventilador adicional para refrigeração, visando reduzir temperaturas durante o uso do cluster, prevenindo aquecimentos excessivos que poderiam comprometer a estabilidade do sistema.

O projeto se encontra na fase de pesquisa para o desenvolvimento de um algoritmo paralelo para multiplicação de matrizes, como exemplo a biblioteca MPI4Py, que permite a comunicação entre os nós via protocolo MPI (*Message Passing Interface*). O MPI4Py (*MPI for Python*) é um *wrapper* que permite o uso da API MPI diretamente em *scripts* Python. No entanto, essa biblioteca não atua de forma autônoma: ela depende de uma implementação MPI previamente instalada no sistema — neste caso, o *OpenMPI*. Assim, para que o ambiente esteja corretamente configurado, a instalação da biblioteca MPI4Py deve ocorrer em todos os nós que participarão da execução paralela.

Esta etapa servirá como prova de conceito para validar o funcionamento do cluster e testar sua eficiência no processamento paralelo. Nesta fase, estão sendo realizados estudos sobre paralelismo e divisão de tarefas em ambientes distribuídos. Após a instalação e verificação do funcionamento do *OpenMPI* em todos os nós do cluster, será necessário configurar a biblioteca MPI4Py, que fornece uma interface para desenvolvimento de aplicações paralelas utilizando a linguagem Python com suporte à comunicação via MPI. Após a construção e configuração do cluster, será realizada uma etapa de avaliação experimental para medir o desempenho e a eficiência do sistema. Então, serão realizados testes de desempenho com o objetivo de avaliar a eficiência do cluster na execução de tarefas paralelas. Esses testes envolverão a execução de algoritmos como a multiplicação de matrizes e o cálculo de operações aritméticas distribuídas, utilizando a biblioteca MPI4Py. O desempenho do cluster será comparado com a execução sequencial do mesmo algoritmo em um único nó, a fim de identificar os ganhos obtidos por meio do paralelismo. O teste de validação será feito com a execução paralela de algoritmos, como a multiplicação de matrizes, utilizando a biblioteca MPI4Py.

As métricas adotadas para análise incluem o tempo de execução total, o *speedup*, a eficiência e a escalabilidade, comparando a execução paralela com a execução sequencial do mesmo algoritmo. Serão utilizados diferentes números de nós e tamanhos de matrizes, de modo a observar o comportamento do cluster sob diferentes cargas. Cada teste será repetido múltiplas vezes, e os tempos médios serão analisados para reduzir variações. Os resultados obtidos permitirão verificar se o cluster apresenta ganhos reais de desempenho e estabilidade, servindo como prova de conceito para o uso de dispositivos TV-Box em aplicações de computação paralela. A análise de conteúdo, segundo Bardin (2011), será aplicada à interpretação qualitativa dos registros e observações durante os testes, complementando a análise quantitativa e permitindo identificar fatores que influenciam o desempenho do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este projeto explora a viabilidade de reaproveitar as TV-Box, envolvendo o processo de “descaracterização”, que consiste em remover o sistema Android malicioso e a instalação de um sistema de código aberto, como distribuições *Linux*, para a criação de um *Cluster* de TV-Box. Um cluster pode ser entendido como um sistema distribuído de computadores independentes e interligados, cujo objetivo é suprir a necessidade de um grande poder computacional com um conjunto de computadores, de forma transparente ao usuário. A pesquisa tem como objetivo transformar dispositivos TV-Box descaracterizadas, anteriormente utilizados para fins ilícitos, em unidades computacionais que serão integradas a um cluster de processamento paralelo, validando assim seu potencial como cluster. Para isso, é necessária a utilização de uma biblioteca de paralelismo ou *software* que gerencie os recursos, a comunicação entre os nós e a distribuição/execução das tarefas, distribuindo a carga entre os nós, comparando-as com o desempenho unitário de uma TVBox. Dessa forma, o reaproveitamento desse *hardware* promove a sustentabilidade ao reduzir o descarte de eletrônicos, além de fornecer uma solução viável de computação de baixo custo no IFSP - Campus Salto, ampliando o acesso a recursos computacionais de alto desempenho.

Espera-se que, uma vez concluído e operacional, o projeto contribua significativamente para o ensino e a pesquisa, ao oferecer um ambiente de experimentação acessível para disciplinas como sistemas distribuídos, arquitetura de redes e computadores, computação paralela, sistemas operacionais e outras. Estima-se que o uso de clusters formados por TV-Boxes possa facilitar o acesso ao processamento paralelo em instituições com recursos limitados, permitindo atividades práticas de alto valor educacional e a realização de pesquisas em áreas como aprendizado de máquina, simulações

computacionais e análise de dados. Além disso, o caráter sustentável do projeto pode despertar maior consciência sobre a reutilização de *hardware*, servindo como base para projetos futuros em outros campi ou instituições.

Inicialmente, foi realizada a montagem física do cluster, etapa fundamental para assegurar o funcionamento adequado dos dispositivos. Para isso, os cabos de rede foram crimpados e ajustados às medidas necessárias para organizar a disposição dos dispositivos. A interligação dos nós foi realizada por meio de um switch gigabit. Houve também a descaracterização dos TV-Box, que consiste na remoção completa dos sistemas operacionais com aplicações maliciosas, originalmente instalados nos aparelhos. Prosseguiu-se com a instalação do sistema operacional *Armbian*, uma distribuição Linux de código aberto para dispositivos com arquitetura ARM. Além da instalação do sistema, configuraram-se os serviços básicos necessários para o gerenciamento do cluster, como acesso remoto via SSH, IP Fixo e servidor DHCP.

A alimentação elétrica dos dispositivos foi centralizada em uma fonte de 5V e 10A, pois a utilização de uma régua de tomadas iria ter um custo elevado e poderia limitar a quantidade de TV-Box instaladas, o que proporcionou uma melhor gestão do espaço físico. Foi observado que as TV-Box produzem muito calor em aplicações básicas, como o comando de atualização do Linux (*apt-get update && upgrade -y*). Visando a estabilidade térmica e a preservação do funcionamento dos dispositivos durante longos períodos de operação, também foi implementado um cooler para refrigeração, conforme apontado na Figura 3. Estuda-se a possibilidade de criar furos nas carcaças das TVBoxes para ampliar a eficiência térmica. Tal medida foi adotada por conta de uma TV-Box se tornar inoperante após a utilização por tempos prolongados em altas temperaturas (60°C).

FIGURA 3. Cooler adicionado para auxiliar a refrigeração.



Para fins de automação e execução simultânea de *scripts* de inicialização e monitoramento, emprega-se a ferramenta ParallelSSH (PSSH), responsável apenas por orquestrar o disparo dos processos em múltiplos nós, sem interferir na lógica paralela implementada pelo MPI. A escolha dessa biblioteca foi utilizada como apoio durante a configuração e operação do cluster, uma vez que ela possibilita o controle, gerenciamento e automação de tarefas administrativas nos nós, via conexões SSH. O cluster será considerado funcional e eficiente apresentando comunicação estável entre os nós, execução correta de programas paralelos e ganhos de desempenho mensuráveis em relação à execução sequencial. Espera-se observar redução no tempo total de execução à medida que o número de nós aumenta, mantendo níveis adequados de eficiência e estabilidade térmica, uma vez que o processamento paralelo divide a carga de trabalho entre os *threads*.

CONCLUSÕES

Os resultados parciais demonstram que a infraestrutura física está operando de forma estável, ou seja, as TVBoxes mantiveram estabilidade na execução do sistema operacional e a comunicação em rede está configurada e funcional, demonstrando que o ambiente está preparado para a realização dos

primeiros testes práticos com processamento paralelo. Os próximos passos envolvem a validação do desempenho do cluster por meio de experimentos com o algoritmo que será desenvolvido. O cluster teve problemas com temperaturas durante a configuração dos nós, sendo necessário substituir uma das TVBoxes do arranjo durante o processo. Após a adição do cooler da Figura 3, operou de forma estável, ou seja, inicializando o sistema operacional Linux e mantendo conectividade contínua entre os nós durante as configurações. Porém, como as temperaturas continuam altas, estuda-se realizar furos nas carcaças das TVBoxes, a fim de melhorar o fluxo de ar nos componentes.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Thiago Rafael Gonçalves da Silva foi responsável pela construção do cluster e elaboração e redação do resumo expandido. Fábio Alexandre Caravieri Modesto atuou no acompanhamento do desenvolvimento do cluster e na concepção e revisão do manuscrito.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Programa PIBIFSP/2025 pelo apoio financeiro e institucional. Agradeço também aos colegas, ao professor orientador, à instituição Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), ao Projeto TVBox e a Delegacia da Receita Federal de Sorocaba, que contribuíram de diferentes formas, enriquecendo o desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, Sebastião Emídio. *Arquitetura de um cluster computacional de baixo consumo e com proporcionalidade energética*. 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/items/a07dced5-df25-480f-991b-9fbed2b46f55>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.

DALCÍN, L.; KLER, P.; RAFFIN, B.; RIBES, A. *MPI for Python (mpi4py)*. [S. l.]: mpi4py dev, 2024. Disponível em: <https://mpi4py.readthedocs.io/en/stable/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

OPEN MPI TEAM. *Open MPI: Documentation*. Lafayette: Open MPI Team, [2024?]. Disponível em: <https://www.open-mpi.org/doc/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

PARALLEL-SSH. *Parallel-SSH*. Disponível em: <https://parallel-ssh.org/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

RAUBER, T.; RUNGER, G. *Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems*. Springer, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37801-0>. Acesso em: 15 out. 2025.

SANTOS FILHO, J. F.; CARNEIRO NETO, J. A. *Implementação de clusters de baixo custo e alto desempenho com Raspberry Pi e Apache Hadoop: um mapeamento sistemático*. Revista P2P e Inovação, v. 11, n. 2, 2025. Disponível em: <https://brapci.inf.br/v/339970>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SCHEPKE, Claudio; MAILLARD, Nicolas; NAVAUX, Philippe O. A. *Parallel lattice Boltzmann method with blocked partitioning*. International Journal of Parallel Programming, v. 37, p. 593–611, 2009.

SILVA, Jarbele C. da; BRITO, Alisson V.; S. FILHO, Gilberto F. de. *Um estudo de caso sobre a avaliação energética de software como uma contribuição à Computação Verde*. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (SBSI)**, 9., 2013, João Pessoa. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2013. p. 577–588. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbsi.2013.5723>. Acesso em: 15 out. 2025.