

Do Apreendido ao Aprendizado: TV Boxes Descaracterizadas para Aplicações Tecnológicas em Educação

Julia Amélia da Silva Paiva*, Eder Barboza Kapisch*, Exuperry Barros Costa*,
Danilo Pereira Pinto*, Victória Leal Pinheiro*,

* Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil

Email: juliapaiva289@gmail.com, eder.kapisch@ufjf.br, exuperry.costa@ufjf.br, danilo.pinto@ufjf.br, victoria.leal.eng@gmail.com

Abstract—Given the increasing improper disposal of electronic devices and the seizure of equipment such as illegal TV Boxes, an opportunity arises to promote the sustainable reuse of these devices through free and open-source software. This article presents an initiative to reconfigure seized TV Boxes, converting them into mini-computers using the Armbian system for educational use in public schools. These devices are equipped with the educational game Gbrainy and the software for use in Arduino programming (Arduino IDE), contributing to the cognitive stimulation of students. The project combines sustainability, the fight against the misuse of technology, and the promotion of digital inclusion. It is carried out by electrical engineering students in partnership with the Brazilian Federal Revenue Service, as part of a university extension program.

Keywords—TV Box; Free Software; Armbian; Digital Inclusion; Sustainability; Educational Technology; Arduino.

Resumo—Diante do crescente descarte irregular de dispositivos eletrônicos e da apreensão de equipamentos como as TV Boxes ilegais, surge uma oportunidade de promover a reutilização sustentável desses aparelhos por meio de software livre. Este artigo apresenta uma iniciativa de reconfiguração de TV Boxes apreendidas, convertendo-as em minicomputadores utilizando o sistema Armbian para uso educacional em escolas públicas. Esses dispositivos são equipados com o jogo educativo Gbrainy e o software para uso em programação Arduino IDE, contribuindo para o estímulo cognitivo dos estudantes. A proposta alia sustentabilidade, combate ao uso indevido de tecnologia e promoção da inclusão digital. O projeto é desenvolvido por estudantes de engenharia elétrica, em parceria com a Receita Federal do Brasil (RFB), dentro da abordagem de extensão universitária.

Palavras-chave—TV Box; Software Livre; Armbian; Inclusão Digital; Sustentabilidade; Tecnologia Educacional; Arduino.

I. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da demanda por tecnologia tem contribuído de forma significativa para o aumento dos resíduos eletrônicos, configurando-se como um dos principais desafios ambientais da atualidade [1]. Esse cenário é agravado pelo descarte inadequado de equipamentos eletrônicos, cujos com-

ponentes contêm substâncias tóxicas capazes de contaminar o solo, a água e afetar negativamente o ecossistema.

Entre os dispositivos que contribuem para esse problema estão as TV Boxes, muitas vezes introduzidas no país por meio de importações irregulares e utilizadas para o acesso não autorizado a serviços de televisão por assinatura. Estas possuem um ciclo de vida curto, tornando-se obsoletas rapidamente, por isso esses aparelhos frequentemente são descartados sem o devido cuidado, ampliando o impacto ambiental causado pelo lixo eletrônico.

Somado a isso, observa-se uma carência significativa de infraestrutura tecnológica em diversas escolas públicas brasileiras. Diversas instituições ainda não dispõem de computadores para uso livre dos discentes e uma parcela deles, especialmente aqueles residentes em áreas rurais, não possuem acesso à internet, o que limita a incorporação plena de ferramentas digitais nos processos de ensino e aprendizagem. Essas ferramentas são fundamentais para ampliar o acesso à informação, promover práticas pedagógicas inovadoras e reduzir desigualdades educacionais, sobretudo em contextos de vulnerabilidade social [2].

Com base nesse contexto, foi desenvolvida uma pesquisa com o objetivo de aliar a destinação sustentável de equipamentos apreendidos pela Receita Federal do Brasil (RFB) ao seu reaproveitamento com fins educacionais [3]. Considerando a semelhança estrutural entre as TV Boxes e os computadores convencionais, ainda que com capacidade de processamento reduzida, investigou-se a possibilidade de adaptá-las para funcionar como minicomputadores. Para isso, realizou-se a descaracterização dos aparelhos, fazendo a substituição do seu sistema operacional original, que era o Android, pelo sistema livre Armbian¹ que oferece uma interface gráfica semelhante à

¹<https://www.armbian.com/>

de sistemas operacionais amplamente utilizados em computadores pedagógicos.

Após a reconfiguração, foram conduzidos testes com o intuito de avaliar a viabilidade de instalação e execução de softwares educacionais em ambiente escolar. Como resultado, foi possível implementar com êxito o jogo *Gbrainy*², que promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas como lógica, raciocínio matemático e memória, por meio de desafios interativos e de fácil compreensão. Em seguida, avaliou-se a viabilidade de uma nova implementação que pudesse contribuir para o uso dos kits de robótica recebidos pelas escolas públicas, levando a implementação do Arduino IDE, *software* amplamente empregado no ensino de programação e na criação de protótipos eletrônicos com placas Arduino.

Diante desse cenário, o presente trabalho propõe uma alternativa sustentável e educativa para o destino desses dispositivos, promovendo sua reconfiguração por meio de tecnologias de código aberto e um maior acesso à tecnologia nas escolas públicas.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Nos últimos anos, universidades públicas e institutos federais brasileiros vêm estreitando laços com a Receita Federal por meio do Programa Receita Cidadã [4]. O acordo prevê, entre outras metas, o reaproveitamento, a descaracterização e a destinação socioambiental de bens apreendidos, transformando-os em recursos didáticos para ensino, pesquisa e extensão.

Um dos resultados práticos dessa parceria está na conversão de aparelhos de TV Box irregulares em minicomputadores de baixo custo. No trabalho apresentado em [5], os autores demonstram que o processo de descaracterização desses dispositivos é tecnicamente viável e eficaz. A descaracterização consiste na substituição do sistema original por sistemas operacionais de código aberto, como distribuições baseadas em Linux. Essa prática tem permitido transformar aparelhos originalmente ilegais em ferramentas úteis para a inclusão digital.

Neste artigo, é abordado um estudo técnico sobre a descaracterização do modelo Tx9 Pro, um dos dispositivos mais comuns entre os equipamentos apreendidos, mas ainda pouco explorado. Diferentemente de trabalhos anteriores, foi adotado o *software Balena Etcher*³ para a gravação das imagens no cartão microSD, por sua simplicidade e conhecimento prévio da equipe. Somado a isso, pesquisas recentes [6] destacam o impacto positivo do uso dessas soluções na melhoria do acesso a recursos tecnológicos no ambiente escolar. A implementação de aplicações educacionais demonstra que é possível utilizar esses dispositivos para fins pedagógicos com resultados significativos.

²[https://wiki.gnome.org/Apps\(2f\)gbrainy.html](https://wiki.gnome.org/Apps(2f)gbrainy.html)

³<https://etcher.balena.io/>

Diante disso, será discutida a instalação, execução e usabilidade do *GBrainy*, uma ferramenta de código aberto voltada ao desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio de jogos, nos dispositivos reconfigurados, explorando também a implementação do Arduino IDE, um software usado para escrever, compilar e carregar códigos em placas de Arduino, permitindo a criação e execução de protótipos eletrônicos interativos.

III. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se em uma abordagem prática e experimental, realizada no contexto de um projeto de extensão Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). O projeto teve como finalidade principal investigar o processo de descaracterização de TV Boxes apreendidas pela Receita Federal e analisar a viabilidade de sua reconfiguração para fins de inclusão digital em escolas públicas. Foram recebidos diversos modelos desses dispositivos, incluindo as versões TX9, MXQPRO e H6+, que passaram por procedimentos iniciais de análise física e substituição do sistema operacional. No entanto, apenas o modelo TX9 foi utilizado para a análise da viabilidade de ferramentas educacionais, como o *Gbrainy* e um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), para a aplicação em contexto escolar.

A escolha do modelo TX9 decorreu de critérios técnicos e práticos. Entre os dispositivos recebidos, o TX9 apresentou especificações de hardware mais compatíveis com o *Armbian*, incluindo memória RAM suficiente, processador quad-core 1,2 GHz estável e suporte à ferramenta *Multitool*, além de ser um dos modelos mais comuns entre os equipamentos apreendidos, o que permitiu analisar uma situação representativa para futuras ampliações do projeto.

Dessa forma, o modelo TX9 constituiu o foco principal das discussões apresentadas neste artigo. Todas as atividades tiveram como propósito examinar a possibilidade de adaptar tecnicamente esses dispositivos com o uso de novos sistemas operacionais, com o intuito de facilitar o acesso à tecnologia em locais com infraestrutura limitada.

A Figura 1 mostra um fluxograma dos passos adotados na metodologia utilizada neste trabalho. A seguir, cada um dos passos é descrito com mais detalhes.

A. Análise física

O modelo de TV Box utilizado para o desenvolvimento da descaracterização e novas implementações, pode ser visto na Figura 2. Este modelo específico é amplamente comercializado de forma ilegal, devido ao seu baixo custo no mercado. Como primeira etapa do processo, foi realizada a abertura física de uma das unidades, com o objetivo de identificar as especificações técnicas do processador. Durante essa análise,

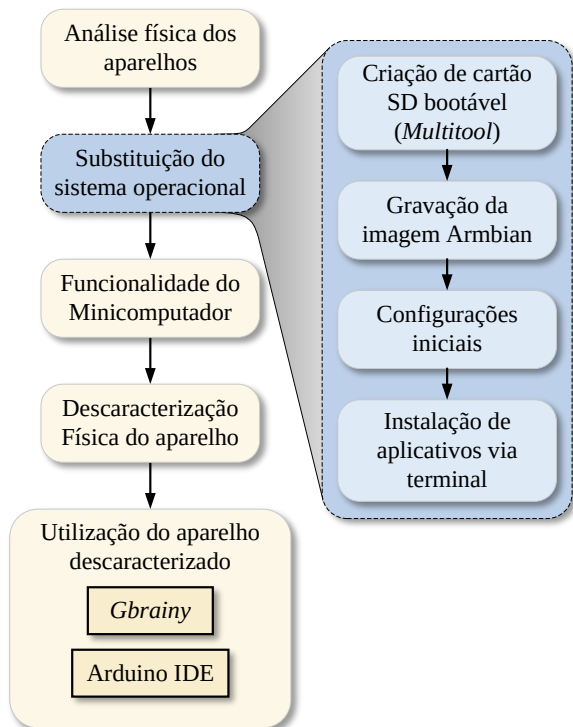


Fig. 1. Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.

constatou-se que o dispositivo utilizava o processador *Rockchip RK3228A*, comumente presente em equipamentos de baixo custo e com suporte limitado.



Fig. 2. Modelo Tx9.

A Figura 3 mostra a imagem de uma placa interna de aparelho TV Box com o processador mencionado. Algumas informações técnicas de hardware estão disponíveis na Tabela I.

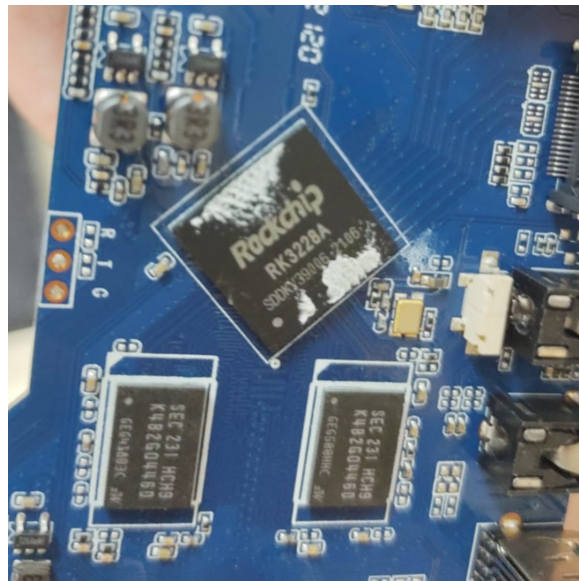


Fig. 3. Placa interna com processador Rockchip RK3228A.

TABELA I
ESPECIFICAÇÕES SIMPLIFICADAS DO ROCKCHIP RK3228A

Item	Detalhe geral
Arquitetura (ISA)	ARMv7-A (32 bits), Cortex-A7
Número de núcleos	Quad-core (4 núcleos, 4 threads)
Frequência máxima	Até 1,2 GHz por núcleo
Cache	256 KB de memória cache
Processo de fabricação	28 nm HKMG
Consumo (TDP)	Aproximadamente 5 W (baixo consumo)
Memória compatível	Máx. 2 GB; DDR3-1866 ou LPDDR3-1333
GPU integrada	ARM Mali-400 MP2
Clock da GPU	600 MHz
Desempenho GPU (FP32)	~10,8 GFLOPS

Para iniciar a descaracterização do aparelho, foi necessário selecionar um sistema operacional compatível com a arquitetura ARM presente no dispositivo. Optou-se pela utilização do *Armbian*, uma distribuição Linux desenvolvida especificamente para fornecer um ambiente leve, estável e funcional para placas com essa arquitetura, viabilizando o reaproveitamento das TV Boxes com finalidade educacional. Adicionalmente, identificou-se que a placa utilizada no modelo Tx9 é compatível com a ferramenta *Multitool*, que facilita significativamente a gravação e inicialização de novas imagens de sistema operacional, tornando o processo mais ágil e acessível.

B. Substituição do Sistema Operacional

O processo foi iniciado com a instalação do *software* Balena Etcher em um computador pessoal, a tela inicial da instalação pode ser vista na Figura 4. O *software* é utilizado para gravar a imagem da ferramenta *Multitool* em um cartão microSD, essa ferramenta é específica para dispositivos com o *chipset* RK322x, presente no modelo de TV Box analisado.

Após a gravação da imagem no cartão, prosseguiu-se com a seleção do sistema operacional a ser utilizado. Considerando que o dispositivo emprega memória do tipo NAND, foi necessário optar por uma versão *legacy* da distribuição *Armbian*. Essa escolha se justifica pelo fato de que as versões *legacy* são desenvolvidas com *kernels* mais antigos e suporte a drivers estáveis, garantindo maior compatibilidade com dispositivos que possuem hardware limitado ou interfaces de memória com suporte restrito. A imagem previamente selecionada foi copiada para a pasta de imagens presente no cartão microSD, permitindo sua posterior instalação no dispositivo.

Em seguida, o cartão foi reinserido no computador, permitindo o acesso à partição de arquivos do *Multitool*. Esse procedimento viabilizou a criação de um ambiente de inicialização personalizado, garantindo a substituição segura do sistema original baseado em Android e possibilitando a utilização eficiente do *Armbian* nos dispositivos reaproveitados.

Ao reiniciar a TV Box com o cartão microSD inserido, o menu da ferramenta *Multitool* é carregado automaticamente, permitindo a seleção da opção *Burn Image to Flash*. Essa funcionalidade executa a gravação da nova imagem diretamente na memória interna do aparelho. A Figura 5 mostra o progresso da operação de formatação da memória interna. Já a Figura 6 mostra a conclusão desse processo exibindo a tela inicial da interface de usuário do *Armbian*, que utiliza o ambiente gráfico

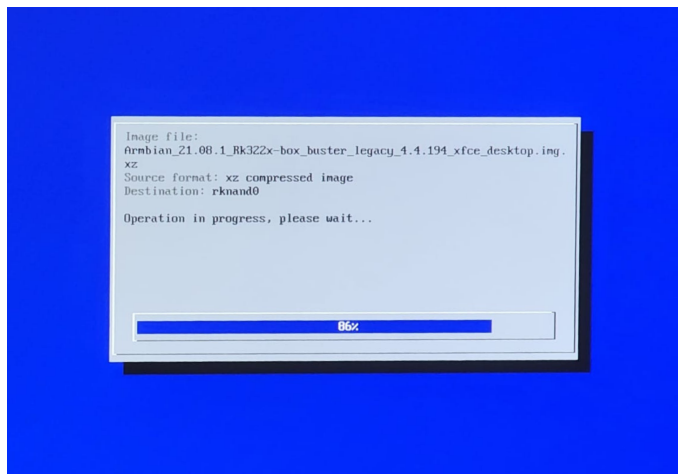


Fig. 5. Progresso da instalação do *Armbian*.



Fig. 6. Tela inicial do minicomputador.

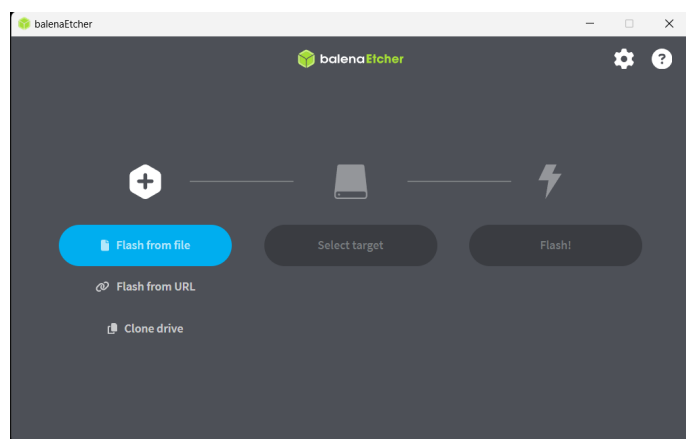


Fig. 4. Tela inicial do *Balena Etcher*.

leve e estável XFCE, proporcionando uma interface de usuário intuitiva e adequada para dispositivos com recursos limitados.

Após a instalação do *Armbian*, o sistema permite o uso do terminal para gerenciamento de pacotes e instalação de softwares adicionais a partir dos repositórios oficiais. Por meio de comandos no terminal, é possível manter o sistema atualizado e adicionar novas ferramentas de acordo com as necessidades educacionais. Essa flexibilidade de instalação amplia as possibilidades de uso do dispositivo, tornando-o comparável, em termos funcionais, a um minicomputador pessoal.

C. Funcionalidade do Minicomputador

Após a descaracterização, os dispositivos passam a operar como minicomputadores, com limitações principalmente relacionadas à sua capacidade de memória RAM, geralmente de 2 GB. Apesar dessas restrições, os aparelhos demonstraram

um desempenho satisfatório para atividades educacionais fundamentais, o que é o foco deste projeto.

O sistema operacional instalado foi configurado para incluir aplicações essenciais em sua instalação, como o navegador *Mozilla Firefox*⁴ e o *LibreOffice*⁵. Essa configuração permite o acesso à internet, a redação de textos e a realização de pesquisas escolares. A interface gráfica é intuitiva, proporcionando uma experiência de uso acessível mesmo para usuários com pouca familiaridade com tecnologia. Dessa forma, os dispositivos tornam-se ferramentas eficazes para auxiliar na informatização das escolas, especialmente em ambientes com infraestrutura tecnológica limitada.

D. Descaracterização física do aparelho

É relevante destacar que o processo de descaracterização não se limitou aos aspectos técnicos e funcionais dos dispositivos, mas também se estendeu à apresentação física dos produtos. Essa descaracterização foi realizada de forma padronizada, visando garantir a correta identificação das TV Box apreendidas e afastar qualquer associação com o produto original. Nesse processo, foram aplicados adesivos oficiais da Receita Federal tanto nos aparelhos quanto em suas respectivas embalagens, substituindo quaisquer elementos de identificação comercial previamente existentes. Essa medida assegura a conformidade legal do reaproveitamento dos dispositivos, além de reforçar a procedência pública e o controle institucional sobre os bens. A aplicação dos adesivos também cumpre uma função informativa e preventiva, sinalizando que o equipamento passou por processo de regularização e está destinado exclusivamente a fins educacionais. Essa etapa foi essencial para garantir que o uso dos equipamentos nas escolas ocorresse de forma ética e legal, eliminando riscos e assegurando a neutralidade institucional no ambiente educacional.

E. Utilização do aparelho descaracterizado

Com o objetivo de ampliar o aproveitamento pedagógico dos dispositivos reconfigurados como minicomputadores, iniciou-se uma pesquisa voltada à utilização dessas unidades como ferramentas de apoio ao ensino de disciplinas como Matemática, Língua Portuguesa e, em níveis mais avançados, Programação. A partir dessa proposta, foram realizados testes iniciais visando à instalação de softwares educacionais, com foco em ambientes que pudessem ser utilizados por alunos em diferentes níveis de formação.

Inicialmente, buscou-se instalar o aplicativo educacional *GCompris* por meio do terminal. A plataforma consiste em um conjunto de atividades educacionais voltadas ao desenvolvimento de habilidades cognitivas, lógicas, matemáticas,

linguísticas e digitais em crianças, apresentadas de forma lúdica e progressiva. Ele oferece uma ampla variedade de exercícios interativos, incluindo jogos de memória, quebra-cabeças, atividades de leitura e escrita, música, ciências e informática básica. O software é multiplataforma, podendo ser executado em diferentes sistemas operacionais, e permite que educadores adaptem seu uso de acordo com a faixa etária e as necessidades pedagógicas.

Contudo, o processo de instalação era muito demorado, mesmo utilizando para esse processo internet cabeada e, ao final, a aplicação apresentava uma interface comprometida, com uma tela branca que impossibilitava ver a tela interativa do jogo e opções fundamentais para seu uso adequado. Esse problema está relacionado à ausência de drivers gráficos compatíveis com o aplicativo na arquitetura do sistema utilizado. Dessa forma, essa aplicação foi inviabilizada e descartada e foram iniciadas algumas pesquisas para implementar outra ferramenta com uma função parecida.

Diante dessa limitação, após estudos, optou-se pela instalação do *GBrainy*, uma ferramenta educacional em forma de jogo educativo, mais leve e com menor consumo de memória RAM. A instalação foi significativamente mais rápida e o desempenho da aplicação mostrou-se satisfatório, sendo de fácil uso e entendimento. No entanto, a interface do aplicativo encontrava-se totalmente em inglês, conforme ilustrado na Figura 7, o que poderia dificultar seu uso por parte de estudantes dos primeiros anos escolares e comprometeria a sua aplicação. Para solucionar essa barreira, foi feita a instalação de um pacote de idioma em português e a criação de um atalho configurado para inicializar o programa diretamente no idioma selecionado. Todos os procedimentos foram realizados via terminal. Essa configuração mostrou-se eficiente, garantindo que a aplicação pudesse ser utilizada plenamente por alunos de diferentes níveis educacionais.

Foram realizados testes de funcionalidade da aplicação, com alunos selecionados da equipe do projeto. Foi possível notar que o jogo demonstrou um desempenho estável, além de contar com uma interface simples e intuitiva, oferecendo espaço para inserção de respostas e navegação entre os desafios propostos. De acordo com o *feedback* deles, o recurso seria mais adequado para discentes do sexto ao nono ano, uma vez que as perguntas apresentadas exigem um nível maior de conhecimento.

Após a implementação bem-sucedida do *GBrainy*, deu-se início à segunda etapa da pesquisa, que consistia na instalação do ambiente *Arduíno IDE*, com o intuito de permitir a realização de atividades introdutórias em programação e robótica, com foco em práticas com alunos do ensino médio.

Para fazer a instalação foi necessário instalar o *Arduino IDE ARM64* por se tratar do uso em um aparelho com esse tipo de arquitetura. A instalação também foi realizada via

⁴<https://www.firefox.com/pt-BR>

⁵<https://www.libreoffice.org/>

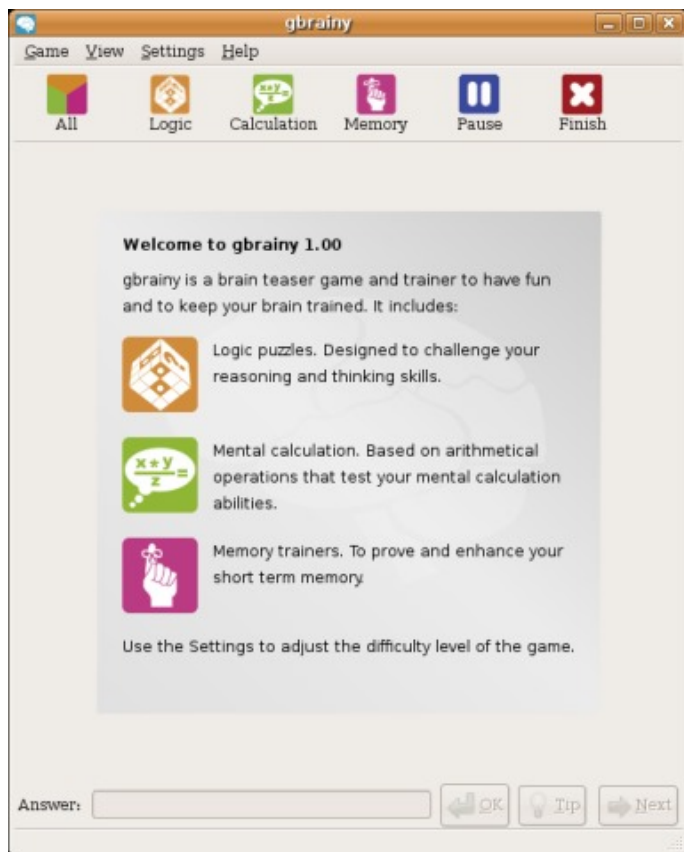


Fig. 7. Tela inicial em inglês GBrainy.

terminal, incluindo a resolução das dependências necessárias. Concluído esse processo, foi preciso adicionar o usuário ao grupo *dialout* que é responsável por conceder permissões de acesso às portas seriais do sistema. Esse passo é essencial, uma vez que a IDE depende dessa comunicação para programar placas como Arduino Uno, Nano, Mega, entre outras. Caso o usuário não esteja incluído nesse grupo, não terá as permissões adequadas para acessar as interfaces USB/serial, o que pode resultar em erros durante o envio de códigos às placas. Após essa configuração, procedeu-se à criação de um atalho gráfico na interface do sistema, permitindo o acesso à IDE diretamente pela guia de aplicativos. Essa medida tem como objetivo facilitar o uso, eliminando a necessidade de execução via terminal e proporcionando maior agilidade na localização e no uso do ambiente de desenvolvimento.

Na etapa final do processo, foram conduzidos testes práticos com o objetivo de verificar a comunicação entre o sistema reconfigurado e o dispositivo de hardware externo. Para isso, foi compilado e executado um código simples de acionamento

de um LED, cuja montagem pode ser vista na Figura 8.

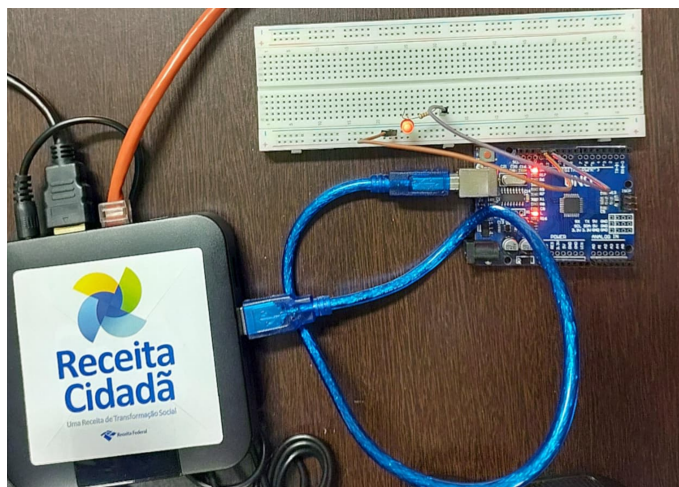


Fig. 8. Montagem do circuito do LED.

A resposta foi satisfatória, demonstrando o funcionamento adequado da interface serial e a viabilidade do ambiente como plataforma de apoio à introdução à programação. A Figura 9 ilustra a tela com o código compilado durante os testes.

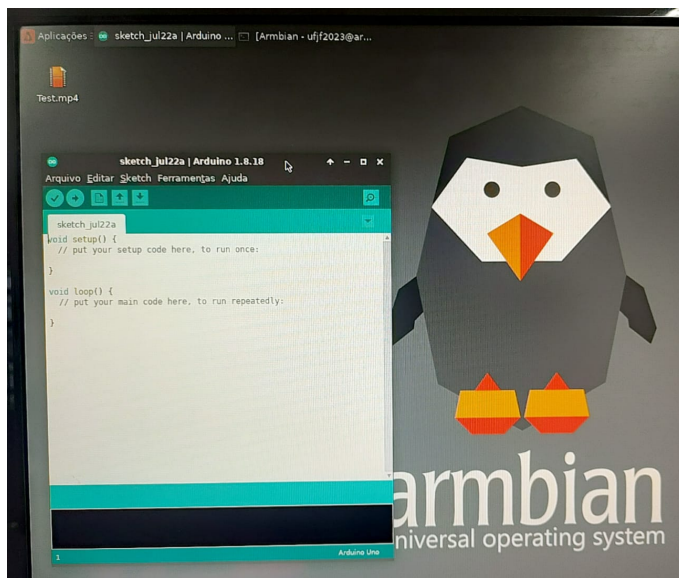


Fig. 9. Tela IDE Arduino.

Apesar dos resultados satisfatórios, uma limitação identificada durante os testes foi a quantidade reduzida de portas USB disponíveis no dispositivo TX9, que conta com apenas duas entradas. Essa restrição implicava na necessidade de desconectar periféricos essenciais, como *mouse* ou teclado,

sempre que desejava compilar um código utilizando o Arduino IDE. Para contornar essa limitação, foi empregado um *hub* USB, que atua como extensor, permitindo a conexão simultânea de múltiplos dispositivos.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A iniciativa teve início com o recebimento de aproximadamente 1.600 unidades de TV Boxes apreendidas pela RFB. A partir dessa ação e das etapas mencionadas anteriormente, deu-se início a um processo de descaracterização em massa, contando com a participação ativa de professores e alunos dos cursos de Engenharia Elétrica da UFJF.

A aplicação desse projeto revelou-se de grande relevância social, especialmente para escolas públicas brasileiras que enfrentam limitações no acesso a recursos computacionais.

Após a conclusão das descaracterizações e dos testes de funcionalidade nos dispositivos transformados, todos os minicomputadores foram doados a escolas públicas e entidades assistenciais da cidade de Juiz de Fora e região. Ao todo, mais de 40 instituições foram beneficiadas, permitindo que estudantes tivessem acesso a ferramentas digitais e fomentando a inclusão tecnológica nas comunidades atendidas pelo projeto de extensão. Ao oferecer dispositivos reconfigurados para fins educacionais de forma gratuita, a iniciativa contribuiu para reduzir a desigualdade tecnológica, promovendo maior equidade nas oportunidades de aprendizagem e aprimorando a qualidade do ensino.

Em comparação com computadores pessoais tradicionais utilizados em ambientes educacionais, os dispositivos TV Box descaracterizados e transformados em minicomputadores apresentam algumas vantagens, mas também limitações específicas decorrentes de sua arquitetura ARM e de suas especificações de hardware modestas. Entre os benefícios destacam-se o baixo consumo energético, menor aquecimento e operação silenciosa (uma vez que não há refrigeração ativa), fatores que os tornam adequados para uso contínuo em salas de aula e laboratórios de informática educacional. Além disso, o custo reduzido e a compactidade física favorecem a implantação em escolas com infraestrutura limitada.

Por outro lado, a arquitetura ARM impõe restrições na compatibilidade de softwares, especialmente aqueles originalmente desenvolvidos para sistemas x86 (arquitetura utilizada em computadores pessoais tradicionais, como PCs com processadores Intel ou AMD), exigindo o uso de distribuições e ferramentas educacionais adaptadas, como o *Armbian* e o *GBrainy*. Ainda assim, essas características reforçam o potencial dos dispositivos reconfigurados como alternativas sustentáveis e acessíveis para o ensino de tecnologia e informática básica.

Nesse cenário, a reconfiguração das TV Boxes e sua transformação em minicomputadores de uso educacional

consolidou-se como uma solução inovadora, econômica e de alto impacto ecológico e social. Esses equipamentos possibilitam que muitos estudantes tenham contato com ferramentas digitais básicas, como editores de texto, navegadores web e ambientes operacionais de uso geral. Os resultados do uso das TV Boxes com as aplicações iniciais já foi validado. Isso se deu por meio das respostas positivas das secretarias de escolas públicas e entidades assistenciais da região, que receberam o aparelho como doação.

Os resultados do projeto de extensão descritos neste trabalho foram apresentados em feiras e mostras científicas e de extensão promovidas pela Faculdade de Engenharia e pela UFJF, tanto no campus quanto em escolas da região.

Durante as interações com os minicomputadores, observou-se que os alunos demonstraram interesse pelos conteúdos educacionais oferecidos pelos jogos, evidenciando engajamento e motivação. Além disso, o uso coletivo dos dispositivos favoreceu o desenvolvimento de habilidades transversais, como comunicação, colaboração e socialização, uma vez que as crianças passaram a interagir entre si e a formar relações de amizade enquanto utilizavam os equipamentos. Esses resultados reforçam a relevância da iniciativa, validando a eficácia dos minicomputadores como ferramenta pedagógica para promover aprendizagem ativa e inclusão tecnológica.

Além disso, a implementação do software educacional *GBrainy* agrega valor pedagógico ao projeto. Sua proposta lúdica, aliada à simplicidade de uso, auxilia na fixação de conteúdos básicos de forma divertida e engajadora, despertando o interesse dos estudantes e contribuindo para um aprendizado mais eficaz. Adicionalmente, a integração da IDE do Arduino nos dispositivos reconfigurados se apresenta como uma oportunidade para complementar os kits de robótica já distribuídos na maioria das escolas públicas ou como meio de introduzir alunos no mundo da robótica e programação. Essa combinação pode enriquecer as práticas de ensino de ciência e tecnologia, incentivando a experimentação e o pensamento computacional.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi demonstrada a viabilidade técnica da descaracterização do modelo Tx9, utilizando o *Balena Etcher* como ferramenta alternativa para a gravação do sistema operacional. A implementação do software educacional *GBrainy* e do Arduino IDE nos dispositivos reconfigurados evidencia o potencial desses equipamentos na promoção do desenvolvimento cognitivo e no apoio ao processo de aprendizagem. O *GBrainy* apresenta uma interface simples e atrativa, além de conter níveis de dificuldade progressivos, o que permite sua aplicação em diferentes etapas da educação básica, desde o ensino fundamental até o ensino médio, reforçando a aprendizagem multidisciplinar do conteúdo escolar. O Arduino IDE apresenta

uma interface simples, permitindo que os estudantes explorem conceitos de programação e eletrônica de forma prática, desde que contem com o devido acompanhamento pedagógico. Por meio da experimentação e da construção de circuitos, essa ferramenta estimula o pensamento crítico e a resolução de problemas, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades essenciais. Os resultados obtidos reforçam a importância de iniciativas que combinam software livre e reaproveitamento tecnológico como estratégias sustentáveis e acessíveis para promover a inclusão digital.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se a expansão da pesquisa com outros modelos de TV Box, a integração de diferentes aplicações educacionais e a realização de estudos que avaliem o impacto pedagógico dessas tecnologias em contextos escolares reais. Como a instalação dos aplicativos foi concluída, torna-se possível realizar uma implementação em massa e posteriormente análises qualitativas e quantitativas de seu funcionamento em ambiente escolar, avaliando a absorção do conteúdo pelos alunos, o engajamento nas atividades e a efetividade das aulas mediadas por esse tipo de tecnologia. Já existem planos futuros sendo discutidos, como a criação de turmas para um teste piloto, à ser realizado nas escolas da região, visando analisar o impacto social positivo que esta pesquisa pode causar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto de extensão “Descaracterização de TV Box para o auxílio da informatização nas escolas públicas”, que possibilitou a realização das pesquisas; à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) da UFJF, pelo apoio na concessão de bolsas e na viabilização das ações de extensão; ao Laboratório de Eficiência Energética (LEENER) e à Faculdade de Engenharia da UFJF pelo espaço e infraestrutura disponibilizados; ao PET Elétrica da UFJF pelo apoio nas atividades de descaracterização e extensão, à Receita Federal do Brasil pela oportunidade e fornecimento das TV Boxes e materiais para descaracterização; e a todos os alunos e professores que participaram ativamente do desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] R. E. M. dos Santos Bomfim and A. W. de Almeida Souza, “O descarte do lixo eletrônico: A escola como uma alternativa eficiente do movimento sustentável,” in *Anais do Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*. João Pessoa, PB, Brasil: Editora Realize, 2023, trabalho completo apresentado no CONEDU 2023. Acesso em 23 jul. 2025. [Online]. Available: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/16982>
- [2] UNESCO, “Educação e transformação digital,” Relatório UNESCO, 2021, disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376061>. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376061>
- [3] R. F. do Brasil, “Novos destinos - programa de cidadania fiscal,” Portal Gov.br, 2025. [Online]. Available: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cidadania-fiscal/novos-destinos>
- [4] Receita Federal do Brasil. (2025) Receita Cidadã: Uma Receita de Transformação Social. Ministério da Fazenda, Receita Federal do Brasil. Publicado em 24/10/2022. Atualizado em 30/04/2025. Acesso em 22/07/2025. [Online]. Available: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cidadania-fiscal/novos-destinos>
- [5] M. Quevedo and G. Galante, “Transformando tv boxes apreendidas pela receita federal em computadores educacionais,” in *Anais do XXI Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas (Latinoware 2024)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024, pp. 496–499. [Online]. Available: <https://sol.sbc.org.br/index.php/latinoware/article/view/31590>
- [6] F. T. de Souza, K. M. Lacerda, C. R. M. Mauricio, R. B. da Silva, G. S. Altarugio, and A. M. M. Hachisuca, “Análise de desempenho de aparelhos tv box descaracterizados para uso educacional,” in *Anais do XXI Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas (Latinoware 2024)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024, pp. 364–367. [Online]. Available: <https://sol.sbc.org.br/index.php/latinoware/article/view/31552>