Artigo Completo

Nintendo Switch como plataforma de computação embarcada: arquitetura e limites de desempenho

Nintendo Switch as an embedded computing platform: architecture and performance limits

Luis Otávio Vilela da Cruz [Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) | *luisvilelajuridico@outlook.com*]

Programa de Pós-Graduação em Produção de Conteúdo Multiplataforma (PPGPCM), Centro de Educação e Ciências Humanas (CECH), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Rod. Washington Luís, km 235, São Carlos, SP, CEP 13565-905, Brasil.

Resumo. Este artigo analisa o Nintendo Switch como estudo de caso de computação embarcada, com ênfase nas escolhas de arquitetura que sustentam seu desempenho em um formato híbrido e alimentado por bateria. A investigação busca compreender em que medida o console combina capacidade de processamento gráfico, eficiência energética e controle térmico, além de situar esse compromisso diante de plataformas com regimes de projeto distintos. O estudo adota abordagem qualitativa, bibliográfica e documental. O corpus reúne documentação pública da Nintendo, da NVIDIA e da Arm, literatura acadêmica sobre sistemas em chip, computação heterogênea CPU-GPU, eficiência por watt e gestão térmica, bem como estudos de benchmark conduzidos em plataformas Tegra X1 e Jetson TX1. A etapa comparativa mobiliza especificações oficiais do PlayStation 4, PlayStation 4 Pro, Xbox One X, Steam Deck e Nintendo Switch 2. A análise concentra-se na família Nintendo Switch original, com dados funcionais do modelo HAC-001(-01), e trata o Switch 2 como contexto geracional, sem transferir para o primeiro console características da arquitetura sucessora. Os resultados indicam que o valor computacional do Switch decorre menos de métricas isoladas de pico e mais do ajuste entre subsistema gráfico, memória compartilhada, orçamento energético, portabilidade e otimização de software. Os benchmarks de plataformas correlatas reforçam que cargas, frequência, acesso à memória e perfil de execução alteram de modo expressivo a relação entre desempenho e energia, o que recomenda cautela ao converter especificações nominais em expectativas práticas. A comparação com consoles estacionários mostra que o Switch trabalha sob restrições físicas e elétricas muito mais severas, enquanto o confronto com o Steam Deck evidencia duas respostas diferentes ao problema da computação portátil. Conclui-se que o Nintendo Switch constitui um exemplo relevante de engenharia embarcada orientada por compromisso: oferece desempenho gráfico suficiente e previsível dentro de limites estreitos de consumo e dissipação, ao mesmo tempo que apresenta restrições claras em cargas sustentadas intensivas em CPU, memória e largura de banda.

Abstract. This article analyzes the Nintendo Switch as a case study in embedded computing, emphasizing the architectural choices that sustain its performance in a hybrid, battery-powered form factor. The investigation seeks to understand how the console combines graphics processing capability, energy efficiency and thermal control, while placing this design compromise alongside platforms built under different engineering regimes. The study follows a qualitative, bibliographic and documentary approach. Its corpus includes public documentation from Nintendo, NVIDIA and Arm, academic literature on system-on-chip design, heterogeneous CPU-GPU computing, performance per watt and thermal management, as well as benchmark studies conducted on Tegra X1 and Jetson TX1 platforms. The comparative stage uses official specifications for PlayStation 4, PlayStation 4 Pro, Xbox One X, Steam Deck and Nintendo Switch 2. The analysis focuses on the original Nintendo Switch family, using functional data from model HAC-001(-01), and treats Switch 2 as generational context without transferring features of the successor architecture to the first console. The results indicate that the computational value of the Switch derives less from isolated peak metrics than from the fit among its graphics subsystem, shared memory, energy budget, portability and software optimization. Benchmarks on related platforms reinforce that workload, frequency, memory access and execution profile substantially affect the relationship between performance and energy, which calls for caution when converting nominal specifications into practical expectations. The comparison with stationary consoles shows that the Switch operates under much tighter physical and electrical constraints, while the contrast with Steam Deck reveals two different responses to the challenge of portable computing. The article concludes that the Nintendo Switch is a relevant example of compromise-oriented embedded engineering: it delivers sufficient and predictable graphics performance within narrow limits of power and heat dissipation, while retaining clear constraints in sustained CPU-intensive, memory-intensive and bandwidth-intensive workloads.

Palavras-chave: Nintendo Switch, computação embarcada, arquitetura de hardware, sistema em chip, eficiência energética

Keywords: Nintendo Switch, embedded computing, hardware architecture, system-on-chip, energy efficiency

Recebido/Received: 06 06 2026 • **Aceito/Accepted:** 11 08 2026 • **Publicado/Published:** 15 10 2026

Publicado sob a Licença Pública Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0)

1 Introdução

O desempenho de um sistema computacional resulta da relação entre arquitetura, software e condições de operação. Frequência, quantidade de núcleos e capacidade teórica de ponto flutuante oferecem sinais úteis, porém ganham sentido apenas quando lidos ao lado da hierarquia de memória, do paralelismo disponível, do consumo de energia e do tipo de carga executada. Em plataformas móveis e embarcadas, esses fatores se tornam ainda mais interdependentes porque o projeto precisa transformar um orçamento elétrico pequeno em trabalho computacional estável, sem ultrapassar os limites de bateria, temperatura, área e custo [Hennessy and Patterson, 2017; Patterson and Hennessy, 2016; Suárez *et al*., 2024].

O Nintendo Switch oferece um caso particularmente claro desse problema. O produto reúne funções de console doméstico e dispositivo portátil em uma plataforma baseada em *System-on-Chip* (SoC), ou sistema em chip. Na página técnica do modelo HAC-001(-01), a Nintendo informa processador NVIDIA Custom Tegra, tela de 6,2 polegadas com resolução de 1280×720, saída de vídeo de até 1920×1080 em modo TV, 32 GB de armazenamento interno, bateria de 4310 mAh e autonomia estimada entre 4,5 e 9 horas. A fabricante também registra consumo aproximado de 4 W durante jogos nos modos portátil e de mesa e de 7 W em modo TV [Nintendo, sdc,s]. O conjunto aponta para uma plataforma cujo valor técnico depende da convivência entre mobilidade, computação gráfica e disciplina energética.

O recorte temporal deste trabalho abrange a família Nintendo Switch original, lançada em 2017, com atenção aos dados públicos do modelo HAC-001(-01), disponibilizado a partir de 2019 com menor consumo e maior autonomia. A própria Nintendo atribui essa revisão ao emprego de tecnologia de semicondutores mais eficiente no SoC, mantendo a proposta híbrida do console [Nintendo, 2021, sda]. Essa delimitação evita misturar a primeira versão HAC-001, a revisão HAC-001(-01), o Switch Lite e o Switch OLED como se fossem configurações idênticas. Sempre que o texto apresenta valores de autonomia e consumo, a referência é o HAC-001(-01), pois é esse o modelo detalhado na documentação oficial consultada.

A existência do Nintendo Switch 2 também precisa ser reconhecida. O sucessor chegou ao mercado em 5 de junho de 2025 e utiliza outro processador customizado pela NVIDIA, tela de 7,9 polegadas com resolução de 1920×1080, armazenamento UFS de 256 GB e saída de vídeo de até 4K a 60 quadros por segundo em modo TV [Nintendo, 2025, sdb]. Esses dados indicam uma transição geracional relevante, mas a documentação pública ainda não expõe todos os parâmetros internos necessários para uma comparação microarquitetural completa. Por essa razão, o Switch 2 aparece neste artigo como referência de contexto e como direção para pesquisa futura. O objeto principal permanece o Switch da primeira geração.

A pergunta que orienta a investigação é a seguinte: em que medida a arquitetura do Nintendo Switch permite desempenho computacional relevante sob restrições de portabilidade, consumo energético e dissipação térmica? A tese defendida sustenta que o interesse técnico do console está no equilíbrio de projeto. Seu hardware favorece computação visual paralela, integração de componentes e operação previsível em um envelope energético estreito. Esse arranjo reduz a margem para cargas sustentadas intensivas em CPU e memória, mas possibilita uma experiência gráfica coerente com a finalidade do produto [Mittal and Vetter, 2015a,b; Wang *et al*., 2020].

O objetivo geral consiste em analisar o hardware do Nintendo Switch sob a perspectiva da computação embarcada. Como objetivos específicos, o estudo busca: descrever os componentes confirmados em documentação pública; interpretar o papel da colaboração entre CPU e GPU; examinar o vínculo entre desempenho, energia e temperatura; discutir as limitações decorrentes da memória compartilhada e do perfil móvel; e comparar o console com plataformas estacionárias e portáteis que adotam outras prioridades de engenharia. A análise comparativa inclui PlayStation 4, PlayStation 4 Pro, Xbox One X, Steam Deck e, em caráter contextual, Nintendo Switch 2 [Sony Interactive Entertainment, sd; Microsoft, sd; Valve, sd; Nintendo, sdb].

A contribuição do artigo está em reunir fontes que normalmente aparecem separadas. A documentação da Nintendo descreve o produto em termos funcionais; os materiais da NVIDIA e da Arm ajudam a interpretar a família tecnológica associada ao SoC; os estudos acadêmicos de benchmark em Tegra X1 e Jetson TX1 mostram como energia, memória e carga alteram o desempenho observado. O cruzamento dessas evidências permite tratar o Switch com maior rigor do que uma leitura baseada apenas em números promocionais ou em comparações lineares de Teraflops [NVIDIA, 2015, 2016; Nikolskiy *et al*., 2016; Bianco *et al*., 2018; Rodrigues *et al*., 2017].

2 Referencial teórico

2.1 Sistemas em chip e computação heterogênea

Um SoC reúne, no mesmo circuito integrado, unidades de processamento, controladores de memória, interfaces de entrada e saída e outros blocos especializados. Essa integração reduz distâncias físicas, simplifica o consumo do conjunto e favorece produtos compactos. O ganho vem acompanhado de limites: CPU, GPU e demais unidades disputam recursos térmicos, elétricos e, muitas vezes, a mesma memória principal. O comportamento do sistema depende de como esses componentes compartilham o orçamento disponível [Patterson and Hennessy, 2016; Wang *et al*., 2020].

A computação heterogênea parte da ideia de que unidades diferentes devem assumir tarefas compatíveis com suas características. CPUs generalistas respondem bem a fluxos de controle, dependências seriais e operações de baixa latência. GPUs oferecem alto *throughput* quando a carga pode ser dividida em muitas operações semelhantes. O aproveitamento conjunto dessas unidades tende a produzir resultados melhores do que a busca por um único processador capaz de executar todo tipo de trabalho com a mesma eficiência [Mittal and Vetter, 2015a].

No ambiente móvel, a heterogeneidade também aparece na organização dos núcleos de CPU. A tecnologia big.LITTLE combina núcleos orientados a desempenho e núcleos orientados a economia, ajustando o perfil de execução às necessi-

dades do momento. A proposta atende a uma característica comum de dispositivos portáteis: picos de processamento alternados com períodos de baixa demanda. A eficiência resulta da capacidade de entregar potência quando a carga exige e reduzir consumo quando a intensidade cai [Arm, 2013, 2016, 2018].

O Tegra X1 foi apresentado pela NVIDIA como um SoC móvel voltado a gráficos, visão computacional e processamento paralelo. A documentação pública descreve CPU Arm de 64 bits, GPU Maxwell com 256 núcleos CUDA e organização orientada a desempenho por watt [NVIDIA, 2015]. O Jetson TX1, baseado na mesma família tecnológica, expõe uma configuração com CPU Cortex-A57, GPU Maxwell, 4 GB de LPDDR4 e largura de banda de 25,6 GB/s [NVIDIA, 2016]. Esses documentos ajudam a compreender o espaço arquitetural do Switch, mas a customização do console impede a equivalência automática entre o kit Jetson e o produto da Nintendo.

2.2 Desempenho por watt e limites térmicos

Em sistemas de mesa, o aumento de desempenho pode ser acompanhado por fontes maiores, dissipadores robustos e ventilação mais ampla. Produtos portáteis trabalham com outra margem. A energia armazenada na bateria precisa sustentar processamento, tela, memória, conectividade e demais subsistemas. O calor gerado permanece concentrado em um volume pequeno e precisa ser removido sem comprometer conforto, ruído ou vida útil [Ghadim *et al*., 2025; Suárez *et al*., 2024].

A eficiência energética de GPUs envolve mais do que reduzir frequência. Arquiteturas recentes recorrem a técnicas como *clock gating*, compressão de dados, reorganização do escalonamento e redução de acessos à memória externa. Cada acesso evitado pode economizar energia e liberar largura de banda para trabalho útil. Em plataformas integradas, esse efeito se propaga por todo o sistema porque GPU e CPU compartilham memória e envelope térmico [Mittal and Vetter, 2015b; NVIDIA, sd, 2015].

A temperatura atua como limite operacional. Quando a densidade de potência aumenta, o sistema pode reduzir frequência para permanecer dentro da faixa segura. Esse comportamento, conhecido como limitação térmica, afeta principalmente cargas longas, nas quais o pico inicial de desempenho perde importância diante da capacidade de sustentação. A avaliação de um console portátil deve considerar, portanto, o que o hardware consegue manter ao longo do tempo, e não apenas o que atinge em condições breves [Ghadim *et al*., 2025; Hennessy and Patterson, 2017].

A literatura de arquitetura também recomenda cautela com métricas de pico. Teraflops medem uma capacidade teórica específica de operações de ponto flutuante, sem representar diretamente taxa de quadros, qualidade visual ou desempenho geral. Diferenças de microarquitetura, compiladores, APIs, memória e otimização alteram o aproveitamento prático. A comparação entre plataformas precisa preservar o contexto de cada número e evitar que uma métrica isolada se transforme em explicação total do sistema [Hennessy and Patterson, 2017; Mittal and Vetter, 2015a].

2.3 Benchmarks em plataformas embarcadas correlatas

Benchmarks servem para observar a arquitetura sob cargas definidas. Em sistemas embarcados, um desenho experimental útil mede tempo, consumo, largura de banda e comportamento térmico ao lado da qualidade do resultado. O mesmo dispositivo pode apresentar respostas distintas quando a carga muda de computação intensiva para memória intensiva, ou quando o perfil energético altera frequência e disponibilidade dos núcleos [Rodrigues *et al*., 2017; Bianco *et al*., 2018; Dolz *et al*., 2023].

Nikolskiy *et al*. [2016] aplicaram o modelo Roofline e algoritmos de dinâmica molecular a plataformas Tegra K1 e X1. O estudo avaliou desempenho, utilização de pico, consumo e eficiência energética em CPU Arm e GPU NVIDIA. Os resultados mostraram que a eficiência depende do ponto em que a carga se encontra entre os limites de computação e de memória, reforçando a necessidade de interpretar o SoC a partir do perfil do algoritmo.

Bianco *et al*. [2018] compararam redes neurais em uma estação com GPU dedicada e em um Jetson TX1. O trabalho considerou precisão, complexidade, uso de memória e tempo de inferência. A variação entre modelos revelou que a arquitetura mais compacta pode ser adequada a determinadas redes, enquanto outras sofrem com custos de memória e operação. Rodrigues *et al*. [2017] chegaram a conclusão compatível ao medir energia em camadas de redes convolucionais no Jetson TX1: a observação fina do consumo expõe diferenças que métricas agregadas escondem.

Esses benchmarks não reproduzem jogos do Nintendo Switch. Sua utilidade está em oferecer evidência experimental sobre uma plataforma Tegra X1 aberta a instrumentação, próxima da família tecnológica discutida. O uso é analógico e controlado: os estudos ajudam a entender tendências de energia, memória e paralelismo, enquanto as conclusões sobre o console permanecem limitadas ao que a Nintendo confirma e ao que pode ser inferido com prudência [NVIDIA, 2015, 2016; Nikolskiy *et al*., 2016; Bianco *et al*., 2018].

3 Metodologia

3.1 Desenho da pesquisa e composição do corpus

A pesquisa é qualitativa, bibliográfica e documental. A estratégia foi escolhida porque o objeto combina documentação comercial, manuais de arquitetura e literatura experimental produzida em plataformas relacionadas. O corpus foi organizado em cinco grupos: documentação oficial do Nintendo Switch; documentação técnica da NVIDIA e da Arm; artigos sobre computação heterogênea, energia e gestão térmica; benchmarks de Tegra X1 e Jetson TX1; e páginas oficiais dos consoles empregados na comparação [Nintendo, sdc; NVIDIA, 2015; Arm, 2013; Mittal and Vetter, 2015a; Nikolskiy *et al*., 2016; Sony Interactive Entertainment, sd].

A coleta privilegiou fontes primárias. Especificações de produto foram obtidas em páginas dos fabricantes. Características de arquitetura foram retiradas de manuais e relatórios técnicos da NVIDIA e da Arm. A discussão conceitual e os resultados experimentais vieram de livros e trabalhos revisados por pares. Fontes jornalísticas, fóruns, desmontagens e

bancos de dados comunitários foram consultados apenas na etapa exploratória e ficaram fora da base probatória central. Essa decisão reduz o risco de incorporar frequências, revisões de chip e configurações de memória cuja confirmação oficial permanece incompleta.

O processo analítico ocorreu em quatro etapas. Primeiro, foram extraídos os dados que a Nintendo associa diretamente ao modelo HAC-001(-01), como tela, armazenamento, bateria, autonomia e consumo. Em seguida, a documentação da família Tegra foi lida para identificar princípios de integração, paralelismo e eficiência. A terceira etapa confrontou essas características com resultados de benchmarks em plataformas correlatas. Por fim, os achados foram comparados com consoles estacionários e portáteis, sempre preservando a categoria de projeto de cada dispositivo.

3.2 Sigilo industrial e assimetria documental

A documentação pública do Switch apresenta uma assimetria importante. A Nintendo divulga informações suficientes para uso, suporte e comparação comercial, mas resume CPU e GPU à expressão "processador NVIDIA Custom Tegra" [Nintendo, sdc]. Parâmetros microarquiteturais, frequências por modo, organização completa da memória e detalhes de firmware ficam fora da ficha pública. Esse padrão é coerente com a proteção de conhecimento técnico proprietário em setores de alta intensidade tecnológica.

Segredos industriais podem abranger desenhos, processos, configurações e informações técnicas cuja confidencialidade preserva vantagem competitiva. A Organização Mundial da Propriedade Intelectual inclui projetos, parâmetros de desempenho e conhecimento de fabricação entre os conteúdos passíveis de proteção [World Intellectual Property Organization, 2024]. Estudos sobre divulgação corporativa também mostram que empresas expõem informações de caráter geral enquanto restringem dados proprietários que poderiam reduzir sua vantagem estratégica [Glaeser, 2018]. No caso do Switch, o uso de um SoC customizado e a integração estreita entre fabricante do console e fornecedora do chip tornam plausível essa seletividade documental, sem que seja necessário atribuir à Nintendo uma motivação específica além da proteção usual de tecnologia proprietária.

Esse contexto justifica o cruzamento com manuais da NVIDIA e da Arm. A escolha procura preencher lacunas conceituais, não reconstruir um projeto confidencial. Quando o artigo descreve a família Tegra X1, o objetivo é entender a lógica do ecossistema tecnológico: CPU Arm, GPU Maxwell, memória compartilhada e orientação a baixo consumo. O texto evita converter dados do Jetson TX1 em especificações exatas do Switch, pois produto comercial, placa de desenvolvimento e revisão customizada podem operar com blocos habilitados, frequências e limites diferentes [NVIDIA, 2015, 2016].

3.3 Uso de benchmarks e hierarquia de evidências

Os benchmarks incluídos foram selecionados por três critérios: uso de Tegra X1 ou Jetson TX1; medição conjunta de desempenho e energia ou memória; e descrição metodológica suficiente para interpretar o resultado. Nikolskiy *et al*. [2016]; Rodrigues *et al*. [2017]; Bianco *et al*. [2018] atendem a esses requisitos e cobrem cargas distintas, como dinâmica molecular e redes neurais. Essa diversidade é útil porque mostra o quanto a resposta de um SoC varia conforme o perfil de execução.

Benchmarks alternativos do próprio console existem em análises técnicas e ambientes de *homebrew*, mas apresentam obstáculos para este desenho de pesquisa. Parte deles depende de desbloqueio, firmware modificado, medição indireta ou configurações sem documentação estável. A comparabilidade também sofre quando cada teste utiliza jogos, cenas e versões de software diferentes. O artigo opta por uma base menor e mais controlada, construída com documentação oficial e estudos acadêmicos reprodutíveis em plataformas correlatas. Essa decisão favorece validade documental, embora limite a proximidade com o comportamento de jogos comerciais.

A hierarquia de evidências adotada segue a seguinte ordem: dados confirmados pela fabricante do produto; documentação técnica da fornecedora do SoC e da arquitetura Arm; resultados experimentais revisados por pares; e inferências comparativas derivadas do conjunto. Toda inferência é apresentada como interpretação, sem receber o mesmo estatuto de uma especificação oficial. Essa separação é necessária porque o sigilo industrial impede uma descrição completa do hardware e porque a customização do Switch reduz a transferibilidade direta dos resultados obtidos em Jetson TX1.

3.4 Critérios de comparação e limites do método

A comparação entre consoles utiliza seis critérios: categoria de uso, organização de CPU e GPU, memória divulgada, resolução de saída, orçamento energético e finalidade do projeto. Teraflops aparecem apenas quando o fabricante os publica e funcionam como indicador parcial de capacidade gráfica. O artigo evita construir uma pontuação única, pois combinar dispositivos híbridos, portáteis e estacionários em um ranking apagaria diferenças fundamentais de alimentação, dissipação e software [Hennessy and Patterson, 2017; Mittal and Vetter, 2015a].

A análise não mede diretamente temperatura, taxa de quadros, latência ou consumo do Switch. Também não executa cargas padronizadas nos consoles comparados. As conclusões têm alcance interpretativo: explicam relações arquiteturais apoiadas em documentos e benchmarks correlatos, mas não substituem ensaio experimental no hardware. A ausência de testes próprios é tratada como limite de validade, e não como dado a ser preenchido por estimativas.

4 Análise e discussão

4.1 O Nintendo Switch como sistema embarcado híbrido

O Switch foi concebido para alternar entre uso portátil, modo de mesa e conexão a um televisor. Essa flexibilidade impõe um requisito incomum: o mesmo núcleo computacional precisa funcionar com bateria e com alimentação externa, mantendo compatibilidade de software e experiência reconhecível. A variação entre 720p na tela integrada e até 1080p na saída para TV mostra como resolução e modo de uso participam do gerenciamento da carga gráfica [Nintendo, sdc].

A revisão HAC-001(-01) reforça a centralidade da eficiência. A Nintendo manteve a proposta funcional e ampliou a autonomia por meio de um SoC fabricado com tecnologia mais eficiente. O ganho ocorreu sem transformar o produto em uma nova geração, o que sugere que redução de consumo foi tratada como melhoria suficiente para alterar o comportamento prático do console [Nintendo, 2021, sda]. A plataforma oferece, assim, um exemplo de como processo de fabricação e integração podem gerar valor mesmo quando a arquitetura visível ao usuário muda pouco.

O consumo aproximado informado pela Nintendo coloca o sistema em um regime distante dos consoles domésticos tradicionais. Quatro watts durante jogos em modo portátil precisam sustentar processamento, memória, tela, áudio e interfaces. O número deve ser lido como estimativa de uso, sujeita a variação por jogo e função, mas serve para dimensionar a restrição sob a qual o projeto opera [Nintendo, sdc]. A experiência final depende de selecionar frequências, resolução e carga gráfica compatíveis com esse teto.

4.2 Organização heterogênea do processamento

A documentação do Tegra X1 descreve uma combinação de CPU Arm e GPU Maxwell voltada a cargas móveis e visuais [NVIDIA, 2015]. Essa organização oferece um caminho natural para jogos. A CPU administra lógica, sistema, entrada e tarefas com dependências; a GPU assume a maior parte do trabalho paralelo de renderização. A eficiência surge quando o software evita deslocar para a CPU operações que a GPU executa melhor e reduz sincronizações desnecessárias entre os dois lados [Mittal and Vetter, 2015a].

O valor da heterogeneidade depende da distribuição real da carga. Um jogo com física, inteligência artificial e simulação intensas pode pressionar a CPU mesmo que a GPU ainda tenha margem. Outro título pode limitar-se pela largura de banda de memória ou pelo custo de efeitos visuais. Por isso, a mesma plataforma apresenta desempenho diferente entre gêneros, motores e cenas. O hardware estabelece o espaço de possibilidades; a implementação decide como esse espaço será ocupado [Wang *et al*., 2020; Dolz *et al*., 2023].

A estabilidade de uma plataforma fechada favorece otimizações dirigidas. Desenvolvedores trabalham com um conjunto conhecido de recursos, APIs e limites, o que permite ajustar resolução dinâmica, complexidade geométrica, qualidade de sombras e frequência de atualização. Esse processo não elimina os limites físicos, mas melhora o uso do orçamento. Em consoles, a longevidade comercial costuma produzir ganhos de software que seriam menos previsíveis em ambientes com ampla variação de hardware [Hennessy and Patterson, 2017; Mittal, 2019].

4.3 GPU Maxwell e computação visual

A GPU Maxwell ocupa posição central na interpretação do Switch. A NVIDIA associa essa arquitetura a melhorias de escalonamento, eficiência por núcleo e hierarquia de memória, além de técnicas destinadas a reduzir tráfego externo [NVIDIA, 2015, sd]. Em um dispositivo portátil, cada acesso evitado à DRAM reduz custo energético e pode aliviar um gargalo compartilhado com a CPU.

O paralelismo gráfico atende bem a operações de rasterização, sombreamento e composição de quadros. Isso explica por que o Switch consegue produzir cenas tridimensionais complexas com consumo contido, ainda que a resolução e a qualidade dos efeitos precisem ser ajustadas. A força da plataforma aparece na repetição de operações visuais em larga escala, não em uma capacidade generalista uniforme [Mittal and Vetter, 2015a,b].

Os benchmarks de Tegra X1 e Jetson TX1 ajudam a qualificar essa leitura. O estudo de dinâmica molecular mostra que a GPU integrada pode alcançar boa eficiência quando a carga explora paralelismo e permanece próxima do regime computacional adequado [Nikolskiy *et al*., 2016]. Os testes de redes neurais indicam que modelos leves e bem adaptados obtêm resultados competitivos em plataforma embarcada, enquanto arquiteturas pesadas ampliam custos de memória e tempo [Bianco *et al*., 2018; Rodrigues *et al*., 2017]. O padrão comum é a sensibilidade ao perfil de trabalho.

Para jogos, essa sensibilidade se traduz em escolhas de desenvolvimento. Técnicas de resolução dinâmica, redução de amostras, simplificação de materiais e reconstrução temporal podem preservar a estabilidade visual sem exigir o mesmo volume de operações de um console fixo. O resultado não decorre apenas da GPU, mas do encaixe entre motor, ferramentas e restrição energética. A plataforma recompensa projetos capazes de planejar o custo de cada quadro.

4.4 Memória compartilhada e largura de banda

Sistemas integrados costumam compartilhar a memória principal entre CPU e GPU. A solução reduz componentes e consumo, mas cria concorrência por largura de banda. A documentação do Jetson TX1 informa LPDDR4 com 25,6 GB/s, valor coerente com um módulo embarcado da família Tegra X1 [NVIDIA, 2016]. A Nintendo não detalha na página pública consultada a capacidade e a largura de banda da memória do Switch, razão pela qual este artigo evita fixar esses números como especificação oficial [Nintendo, sdc].

O compartilhamento favorece transferência direta de dados, pois CPU e GPU acessam um espaço comum. Ao mesmo tempo, cenas com muitas texturas, leituras e escritas podem saturar o subsistema. O desempenho passa a depender de cache, compressão e organização dos acessos. Esse limite ajuda a explicar por que largura de banda e eficiência de memória são tão importantes quanto a capacidade aritmética nominal [Mittal and Vetter, 2015b; NVIDIA, sd].

A pressão de memória também afeta a CPU. Quando a GPU consome grande parte da largura de banda, tarefas de lógica e sistema podem sofrer maior latência. O problema se intensifica em cargas que movimentam muitos dados e realizam poucas operações por byte. O modelo Roofline utilizado nos benchmarks de Tegra X1 torna essa diferença visível ao separar regiões limitadas por computação e por memória [Nikolskiy *et al*., 2016].

4.5 Energia, temperatura e desempenho sustentado

A eficiência energética do Switch precisa ser lida como propriedade do conjunto. Processador, tela, bateria, refrigeração e firmware formam um sistema. A revisão de 2019 mostra que uma mudança no SoC pode ampliar autonomia sem alterar a

proposta do produto [Nintendo, 2021]. Esse resultado seria pouco perceptível em uma comparação baseada somente em teraflops, mas é decisivo para o uso portátil.

O calor limita a frequência que o sistema consegue sustentar. Em um chassi compacto, a dissipação precisa manter componentes e superfície em faixas seguras. A literatura de gestão térmica destaca que densidade de potência, resistência térmica e duração da carga determinam a formação de pontos quentes [Ghadim *et al*., 2025]. O desempenho observado durante poucos segundos pode diferir do comportamento após longos períodos de jogo.

A operação em múltiplos modos permite ajustar o equilíbrio. No modo TV, a alimentação externa e a ausência de dependência imediata da bateria ampliam a margem, enquanto o modo portátil prioriza autonomia e conforto térmico. A Nintendo divulga consumos aproximados diferentes para esses cenários [Nintendo, sdc]. A variação confirma que o Switch não possui um único estado de desempenho, mas um conjunto de perfis coerentes com a forma de uso.

4.6 Comparação com outros consoles

A comparação a seguir organiza dados públicos dos fabricantes. A tabela reúne categorias distintas e, por isso, funciona como mapa de regimes de projeto. Os números não formam um ranking direto. A leitura deve considerar que consoles fixos recebem energia contínua e dispõem de maior volume para refrigeração, enquanto dispositivos portáteis distribuem o orçamento entre processamento, tela e bateria [Hennessy and Patterson, 2017; Ghadim *et al*., 2025].

4.6.1 Switch, PlayStation 4 e PlayStation 4 Pro

O PlayStation 4 utiliza CPU x86-64 AMD Jaguar de oito núcleos, GPU Radeon de 1,84 TFLOPS e 8 GB de GDDR5. O PlayStation 4 Pro mantém a família de CPU, amplia a GPU para 4,20 TFLOPS e trabalha com meta de saída 4K/HDR [Sony Interactive Entertainment, sd]. Esses consoles foram projetados para uso estacionário e aceitam consumos máximos muito superiores aos valores divulgados para o Switch.

A diferença de potência disponível muda todo o espaço de decisão. O PS4 pode dedicar mais energia à GPU, empregar memória GDDR5 e utilizar refrigeração maior. O Switch precisa reservar parte do orçamento para tela, bateria e operação portátil. A distância de desempenho gráfico bruto é esperada e coerente com as categorias. O ponto analítico está em entender o que cada sistema entrega por unidade de energia e dentro de seu volume físico.

A memória ilustra essa divergência. A Sony publica 8 GB de GDDR5 e utiliza esse dado como elemento técnico central [Sony Interactive Entertainment, sd]. A Nintendo concentra a ficha do Switch em tela, armazenamento, bateria, portas e modos de uso [Nintendo, sdc]. A assimetria documental reflete prioridades de produto e reforça a cautela metodológica: a comparação deve empregar apenas o que cada fabricante confirma, sem preencher lacunas com estimativas de origem incerta.

4.6.2 Switch e Xbox One X

O Xbox One X foi promovido como console para jogos em 4K, com *frame buffers* de 2160p e 6 TFLOPS de processamento gráfico [Microsoft, sd]. Documentação oficial da plataforma também registra 12 GB de GDDR5 [Microsoft, 2017]. A combinação de memória, GPU e operação estacionária atende a uma meta de alta resolução sustentada.

Diante desse regime, o Switch ocupa outro ponto do espaço de projeto. Sua tela integrada de 720p reduz a quantidade de pixels por quadro e torna viável um orçamento menor. A escolha não representa apenas perda de qualidade; funciona como mecanismo de compatibilização entre carga gráfica, autonomia e temperatura. Elevar a resolução portátil sem alterar o restante do sistema aumentaria pressão sobre GPU, memória e bateria.

A comparação também mostra por que TFLOPS não pode ser tratado como medida universal. A arquitetura Maxwell do Switch, a Radeon do Xbox One X e suas respectivas memórias operam com características diferentes. O número teórico ajuda a dimensionar a distância, mas não prevê sozinho taxa de quadros ou qualidade de imagem. Software, largura de banda, cache e otimização definem quanto da capacidade nominal chega à aplicação [Hennessy and Patterson, 2017; Mittal and Vetter, 2015a].

4.6.3 Switch e Steam Deck

O Steam Deck oferece o contraste portátil mais produtivo. A Valve informa APU AMD de 6 nm, CPU Zen 2 de quatro núcleos e oito *threads*, GPU RDNA 2 com oito unidades de computação e 1,6 TFLOPS, além de 16 GB de LPDDR5. A APU opera entre 4 e 15 W, e a tela possui resolução de 1280 $\times$ 800 [Valve, sd].

As duas plataformas resolvem o problema da portabilidade de formas diferentes. O Steam Deck aproxima-se de um computador pessoal compacto: executa biblioteca de PC, aceita maior variação de software e oferece mais recursos declarados. O Switch mantém um ambiente mais fechado, com menor consumo total divulgado e forte integração entre hardware, sistema e catálogo. O primeiro amplia flexibilidade; o segundo prioriza previsibilidade.

Essa diferença aparece no teto energético. O intervalo de 4 a 15 W da APU do Steam Deck permite maior densidade computacional, mas exige bateria e refrigeração compatíveis [Valve, sd]. O Switch informa aproximadamente 4 W para o sistema em jogo portátil [Nintendo, sdc]. Os números não são equivalentes em ponto de medição, mas revelam escalas distintas. A leitura correta reconhece a vantagem de desempenho do Steam Deck e, ao mesmo tempo, a coerência do Switch dentro de um orçamento menor.

4.7 O Nintendo Switch 2 como contexto geracional

O Switch 2 preserva a forma híbrida e amplia vários parâmetros visíveis: tela de 1080p, armazenamento UFS de 256 GB, saída de até 4K a 60 quadros por segundo e suporte a 120 quadros em resoluções menores. A Nintendo descreve CPU e GPU apenas como processador customizado pela NVIDIA [Nintendo, sdb]. A continuidade da linguagem confirma que a política de divulgação permanece centrada em funções do produto, com detalhes internos mantidos em nível restrito.

A nova geração também altera o equilíbrio energético. A bateria cresce para 5220 mAh, mas a autonomia oficial varia de 2 a 6,5 horas [Nintendo, sdb]. O dado sugere que o aumento de capacidade computacional e de resolução consome parte do ganho físico da bateria. A comparação é ilustrativa, pois

Tabela 1. Síntese comparativa de plataformas e regimes de projeto

Plataforma	Categoria	CPU/GPU divulgadas	Memória divulgada	Saída ou tela	Energia e mobilidade
Nintendo Switch HAC-001(-01)	Híbrido	Processador NVIDIA Custom Tegra	Não detalhada na página pública consultada	Tela 1280 × 720; TV até 1920 × 1080	Bateria de 4310 mAh; cerca de 4 W portátil e 7 W em TV
PlayStation 4	Mesa	CPU AMD Jaguar de 8 núcleos; GPU Radeon de 1,84 TFLOPS	8 GB GDDR5	Foco em saída para TV; suporte a HDR	Consumo máximo divulgado de 165 W
PlayStation 4 Pro	Mesa	CPU AMD Jaguar de 8 núcleos; GPU Radeon de 4,20 TFLOPS	8 GB GDDR5	Suporte a 4K e HDR	Consumo máximo divulgado de 310 W
Xbox One X	Mesa	GPU com 6 TFLOPS; plataforma voltada a 4K	12 GB GDDR5 em documentação técnica da plataforma	*Frame buffers* de 2160p e saída 4K	Alimentação contínua; sem operação portátil
Steam Deck	Portátil de uso geral	APU AMD de 6 nm; CPU Zen 2 de 4 núcleos/8 *threads*; GPU RDNA 2 de 1,6 TFLOPS	16 GB LPDDR5	Tela 1280 × 800	APU configurável entre 4 e 15 W
Nintendo Switch 2	Híbrido, contexto geracional	Processador customizado pela NVIDIA	Não detalhada na página pública consultada	Tela 1920 × 1080; TV até 4K/60; 120 fps em 1080p ou 1440p	Bateria de 5220 mAh; autonomia estimada entre 2 e 6,5 h

Fonte: elaboração própria a partir de documentação oficial [Nintendo, sdc; Sony Interactive Entertainment, sd; Microsoft, sd, 2017; Valve, sd; Nintendo, sdb]. Valores de potência possuem naturezas distintas: consumo aproximado em jogo, potência configurável da APU ou consumo máximo declarado.

autonomia depende de jogo, brilho, conectividade e modo de uso. Ainda assim, ela mostra que avanços de desempenho voltam a pressionar o orçamento móvel.

Uma análise microarquitetural entre Switch e Switch 2 exigiria dados adicionais sobre CPU, GPU, memória, frequências, perfis de energia e comportamento térmico. A documentação oficial consultada ainda não fornece esse conjunto. Este artigo, portanto, registra o sucessor e descreve seus parâmetros públicos sem incorporá-lo ao núcleo inferencial dedicado ao Tegra X1. Estudos futuros podem aplicar cargas equivalentes aos dois consoles e observar consumo, temperatura, taxa de quadros e largura de banda efetiva.

4.8 Síntese dos limites de desempenho

O Switch apresenta três limites principais. O primeiro é a CPU, cuja margem para simulação pesada, física complexa e grande quantidade de entidades é menor do que em consoles estacionários ou portáteis mais recentes. O segundo é a memória compartilhada, que obriga CPU e GPU a administrar o mesmo subsistema. O terceiro é térmico: cargas longas precisam permanecer dentro de uma capacidade de dissipação pequena [NVIDIA, 2015, 2016; Ghadim *et al.*, 2025].

Esses limites não anulam a relevância do sistema. Eles definem o tipo de trabalho em que o console se mostra competente. Aplicações visuais com paralelismo, resolução controlada e orçamento previsível ajustam-se bem à plataforma. Cargas com grande movimentação de dados, dependências seriais ou exigência contínua de alta potência encontram restrições mais cedo [Nikolskiy *et al.*, 2016; Bianco *et al.*, 2018; Mittal and Vetter, 2015a].

A resposta prática envolve coadaptação entre software e hardware. Desenvolvedores reduzem custo de renderização, escolhem técnicas compatíveis com a memória e distribuem tarefas conforme CPU e GPU disponíveis. Essa adaptação explica por que jogos visualmente ambiciosos podem funcionar em um dispositivo com potência nominal inferior. O resultado é fruto de engenharia dirigida, não de equivalência com consoles maiores.

5 Implicações para a avaliação de consoles híbridos

5.1 Métricas de pico e experiência sustentada

A comparação entre consoles costuma começar por números de pico porque eles são fáceis de comunicar. Teraflops, frequência e quantidade de memória condensam parte da capacidade do hardware em indicadores curtos. O problema surge quando essas medidas passam a representar toda a experiência. Um console executa uma sequência de tarefas interdependentes: simulação, animação, áudio, entrada, descompressionamento, transferência de dados e renderização. O desempenho final acompanha o componente mais pressionado em cada momento, não necessariamente a unidade com maior valor nominal [Hennessy and Patterson, 2017; Patterson and Hennessy, 2016].

No Switch, a resolução da tela portátil ajuda a controlar a demanda. Renderizar 1280 × 720 envolve menos pixels do que produzir uma imagem 4K. Essa diferença abre espaço para efeitos, geometria ou estabilidade de quadros dentro do mesmo orçamento. Em consoles fixos, a energia disponível permite perseguir resoluções maiores e manter frequências mais elevadas. A escolha da meta visual, portanto, faz parte da arquitetura do sistema e precisa aparecer na análise ao lado de CPU e GPU [Nintendo, sdc; Sony Interactive Entertainment, sd; Microsoft, sd].

O desempenho sustentado é ainda mais importante em jogos, pois uma sessão pode durar horas. Um pico breve de frequência tem pouco valor quando o sistema precisa reduzir o ritmo após aquecer. Dispositivos portáteis equilibram temperatura interna, conforto das mãos, ruído da ventoinha e duração da bateria. A literatura térmica mostra que a resposta depende do tempo de carga e do caminho de dissipação, o que torna medições instantâneas insuficientes [Ghadim *et al.*, 2025]. Essa observação também explica por que benchmarks de poucos segundos e testes longos podem produzir conclusões diferentes.

A relação entre pico e sustentação sugere uma prática metodológica para pesquisas futuras. Um ensaio experimental

deveria combinar ao menos três janelas: inicial, após estabilização térmica e ao final de uma sessão prolongada. Consumo, frequência e taxa de quadros precisariam ser registrados de forma sincronizada. A comparação ganharia maior validade se cada console executasse cargas equivalentes na mesma resolução de saída ou se os resultados fossem normalizados por pixel processado e energia consumida.

5.2 O software como parte da plataforma

A arquitetura de um console inclui o ambiente de software que organiza o acesso ao hardware. APIs, compiladores, ferramentas de análise e padrões de desenvolvimento influenciam a quantidade de trabalho útil extraída do SoC. Uma plataforma fechada oferece menor diversidade de configuração, o que facilita otimizações específicas ao longo do ciclo comercial. Esse benefício não transforma hardware modesto em equipamento de outra categoria, mas reduz desperdícios e torna o comportamento mais previsível [Mittal and Vetter, 2015a; Mittal, 2019].

No caso do Switch, o desenvolvedor conhece a resolução da tela, os modos de uso e o conjunto de recursos disponível. Essa estabilidade permite ajustar distância de visão, qualidade de sombras, densidade de objetos e resolução dinâmica com objetivos claros. O projeto pode reservar tempo de CPU para lógica e reduzir etapas de GPU quando a cena se torna mais pesada. O desempenho percebido passa a resultar de pequenas decisões distribuídas pelo motor, em vez de depender apenas de uma única otimização.

O Steam Deck trabalha com lógica diferente. Sua proximidade com o ecossistema de PC amplia a biblioteca e a flexibilidade, mas também aumenta a variedade de motores, configurações e expectativas. A Valve compensa parte dessa diversidade com um hardware mais recente e uma APU configurável em faixa energética maior [Valve, sd]. A comparação mostra que portabilidade pode ser alcançada por caminhos distintos: integração rígida e orçamento reduzido, como no Switch, ou maior capacidade generalista com consumo mais amplo, como no Steam Deck.

A chegada do Switch 2 preserva a estratégia de plataforma integrada, embora eleve resolução, armazenamento e capacidade gráfica pública [Nintendo, sdb]. A continuidade sugere que a Nintendo considera o vínculo entre formato híbrido, software e hardware mais importante do que a adoção de uma arquitetura aberta. Para a pesquisa, essa permanência oferece uma oportunidade: comparar duas gerações que mantêm a mesma ideia de uso, mas operam com recursos e limites diferentes.

5.3 Eficiência energética como resultado de projeto

Eficiência por watt não é uma propriedade isolada do processador. Ela depende da carga, do processo de fabricação, do subsistema de memória, da tela e do software. A revisão HAC-001(-01) ilustra esse ponto. A Nintendo ampliou a autonomia com um SoC mais eficiente, enquanto a função do aparelho permaneceu praticamente a mesma [Nintendo, 2021, sda]. O ganho veio da redução do custo energético do conjunto, e não de uma mudança visível na proposta de uso.

Os benchmarks em Tegra X1 e Jetson TX1 reforçam a natureza contextual da eficiência. Cargas com alta intensidade aritmética podem aproveitar melhor a GPU, enquanto tarefas dominadas por memória atingem o limite de largura de banda mais cedo [Nikolskiy *et al.*, 2016]. Redes neurais com tamanhos e estruturas diferentes também apresentam relações distintas entre precisão, tempo e energia [Bianco *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2017]. Assim, afirmar que um SoC é eficiente exige indicar para qual trabalho, em qual configuração e sob qual método de medição.

Essa cautela vale para a tabela comparativa. O consumo máximo do PS4 e do PS4 Pro, a faixa de potência da APU do Steam Deck e o consumo aproximado em jogo do Switch descrevem pontos diferentes do sistema. Ainda assim, o contraste de escala ajuda a compreender as prioridades. Consoles fixos reservam mais energia para processamento e dissipação; portáteis distribuem o orçamento entre componentes e autonomia. A engenharia escolhe onde aceitar perdas e onde preservar desempenho.

O Switch responde a essa escolha com resolução portátil controlada, GPU integrada e software dirigido. O resultado é uma plataforma capaz de sustentar jogos complexos em condições que seriam restritivas para um desenho de desktop reduzido. Ao mesmo tempo, o console depende mais de otimização e enfrenta maior dificuldade quando a carga exige CPU moderna, muita memória ou alto volume de dados. A eficiência observada é real, porém vinculada ao domínio para o qual o produto foi concebido.

5.4 Critérios para uma comparação experimental futura

Uma extensão experimental deste estudo deveria começar por cargas reproduzíveis. Jogos comerciais são relevantes, mas variam em motor, versão e cena. Uma estratégia possível seria combinar jogos disponíveis em mais de uma plataforma com testes sintéticos permitidos pelos sistemas. As cenas precisariam ser gravadas ou automatizadas para reduzir variação entre execuções. Também seria importante separar resolução interna, resolução de saída e técnicas de reconstrução.

A energia pode ser medida na tomada para consoles fixos e na entrada USB-C ou na bateria para portáteis, desde que o método seja documentado. Valores de parede incluem perdas da fonte e acessórios, enquanto medições no SoC isolam apenas parte do sistema. A comparação deve escolher uma fronteira e mantê-la. Para um estudo de experiência portátil, o consumo total do aparelho é mais informativo porque inclui tela, memória, armazenamento e refrigeração.

Temperatura ambiente, brilho da tela, conectividade e estado da bateria também afetam o resultado. O protocolo deve registrar essas condições, repetir execuções e apresentar dispersão. Uma única média esconderia variações relevantes. A literatura de benchmark em plataformas embarcadas mostra que medidas por camada, por fase ou por intervalo de tempo oferecem explicações mais úteis do que um valor agregado [Rodrigues *et al.*, 2017; Dolz *et al.*, 2023].

Por fim, a análise deveria distinguir eficiência técnica e qualidade percebida. Quadros por joule podem favorecer configurações de resolução baixa, mas o usuário também percebe nitidez, estabilidade e latência. Um conjunto equilibrado de métricas incluiria taxa média de quadros, percentis de tempo de quadro, energia por minuto, temperatura estabilizada e resolução efetiva. Esse desenho permitiria avaliar o compro-

misso de cada console sem reduzir a comparação a potência bruta.

6 Limitações e validade da análise

A principal limitação é a ausência de ensaio experimental próprio. O estudo não mede diretamente consumo, temperatura, frequência ou taxa de quadros do Nintendo Switch. Também não executa o mesmo programa nos consoles comparados. Por esse motivo, as conclusões descrevem relações de arquitetura e regimes de projeto, sem afirmar desempenho quantitativo para jogos específicos.

A segunda limitação decorre do sigilo industrial. A ficha da Nintendo não expõe toda a organização do SoC, e os documentos da NVIDIA descrevem a família Tegra X1 em nível mais amplo [Nintendo, sdc; NVIDIA, 2015]. A inferência foi contida por uma hierarquia de evidências, mas parte do comportamento interno permanece fora do domínio público. Novos documentos oficiais podem exigir revisão de trechos interpretativos.

A terceira limitação envolve os benchmarks. Jetson TX1 e Nintendo Switch compartilham vínculos tecnológicos, porém operam com sistemas, firmware, clocks e objetivos diferentes. Os estudos experimentais citados servem para mostrar tendências de memória, energia e perfil de carga, sem representar uma medição substituta do console [Nikolskiy *et al*., 2016; Bianco *et al*., 2018; Rodrigues *et al*., 2017]. Essa distinção reduz o alcance, mas preserva a validade do argumento.

A comparação entre plataformas também mistura métricas de natureza distinta. Consumo máximo, consumo aproximado em jogo e potência configurável da APU não podem ser convertidos diretamente em uma mesma escala. A Tabela 1 mantém as definições originais e explicita a diferença. Um estudo experimental futuro deve utilizar medidores externos, cenas controladas, temperatura ambiente registrada e duração suficiente para observar desempenho sustentado.

7 Considerações finais

A análise confirma que o Nintendo Switch constitui um caso relevante de computação embarcada. O console combina SoC integrado, processamento heterogêneo, GPU orientada a paralelismo e perfis de energia compatíveis com uso portátil. Seu desempenho nasce da articulação entre esses elementos, e não de uma métrica isolada. A revisão HAC-001(-01) evidencia essa lógica ao ampliar autonomia por meio de maior eficiência do SoC, preservando a proposta funcional [Nintendo, 2021, sdc].

Em resposta à pergunta de pesquisa, a arquitetura permite desempenho computacional relevante quando a carga se ajusta ao domínio visual, ao paralelismo disponível e ao limite de energia. A plataforma perde margem em tarefas sustentadas de CPU, em cenários de alta pressão de memória e em metas gráficas próximas às de consoles fixos. Esses limites são parte do compromisso que torna possível reunir tela, bateria, controles e processamento em um equipamento híbrido.

Os benchmarks de Tegra X1 e Jetson TX1 reforçam a interpretação. Eles mostram que desempenho e energia variam com intensidade aritmética, acesso à memória e estrutura do algoritmo [Nikolskiy *et al*., 2016; Bianco *et al*., 2018; Rodrigues *et al*., 2017]. A transferência para o Switch precisa ser cautelosa, mas a evidência experimental sustenta a ideia de que arquiteturas embarcadas ganham valor quando software e hardware são avaliados em conjunto.

A comparação com PlayStation 4, PlayStation 4 Pro e Xbox One X revela a distância entre um sistema alimentado continuamente e um dispositivo portátil. O Steam Deck mostra outra solução móvel, com maior orçamento de APU e orientação próxima ao PC. O Switch ocupa uma posição própria: oferece menos potência bruta, porém organiza consumo, integração e software em torno de uma experiência previsível. O Switch 2 amplia o horizonte geracional e confirma a permanência do formato híbrido, mas demanda estudo separado devido à arquitetura diferente e à documentação ainda parcial [Nintendo, sdb].

Trabalhos futuros podem medir os dois consoles da Nintendo sob cargas comuns, com instrumentação externa de energia e temperatura. Também seria útil comparar cenas de jogos equivalentes, registrar estabilidade de frequência e modelar o efeito da resolução sobre memória e consumo. Esse passo permitiria transformar a interpretação documental em validação experimental, preservando a distinção entre dados públicos, resultados medidos e inferências de arquitetura.

Declarações complementares

Financiamento

O autor declara que esta pesquisa não recebeu financiamento específico de agência pública, comercial ou sem fins lucrativos.

Contribuições dos autores

LOVC foi responsável pela concepção do estudo, definição do problema de pesquisa, metodologia, levantamento e conferência das fontes, análise, redação do manuscrito, revisão crítica e aprovação da versão final para publicação.

Conflitos de interesse

O autor declara que não há conflitos de interesse.

Disponibilidade de artefatos de pequisa

Os dados e materiais utilizados correspondem à documentação técnica pública e à literatura acadêmica citada nas referências. Não foi produzido conjunto de dados proprietário.

Uso de Inteligência Artificial

O autor utilizou ferramenta de IA generativa de modo subsidiário, exclusivamente como apoio operacional na transição do manuscrito da versão em PDF para o código-fonte LaTeX e na conferência pontual da formatação do arquivo. A delimitação do problema, a seleção e a conferência das fontes, a análise, a redação substantiva e a responsabilidade intelectual pelo conteúdo permaneceram sob responsabilidade integral do autor.

Outras informações relevantes

Este estudo é bibliográfico e documental, baseado em fontes públicas, sem coleta de dados com seres humanos, intervenção experimental ou necessidade de apreciação por comitê de ética.

Referências

Arm (2013). big.little technology: The future of mobile. Technical report, Arm, Cambridge. White paper. Acesso em: 2 jun. 2026.

Arm (2016). *ARM Cortex-A57 MPCore Processor Technical Reference Manual*. Arm, Cambridge. Acesso em: 2 jun. 2026.

Arm (2018). *ARM Cortex-A53 MPCore Processor Technical Reference Manual*. Arm, Cambridge. Acesso em: 2 jun. 2026.

Bianco, S., Cadene, R., Celona, L., and Napoletano, P. (2018). Benchmark analysis of representative deep neural network architectures. *IEEE Access*, 6:64270–64277. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2877890.

Dolz, M. F., Barrachina, S., Martínez, H., Castelló, A., Maciá, A., Fabregat, G., and Tomás, A. E. (2023). Performance-energy trade-offs of deep learning convolution algorithms on arm processors. *The Journal of Supercomputing*, 79:9819–9836. DOI: 10.1007/s11227-023-05050-4.

Ghadim, H. B., Godin, A., Veillere, A., Duquesne, M., and Haillot, D. (2025). Review of thermal management of electronics and phase change materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 208:115039. DOI: 10.1016/j.rser.2024.115039.

Glaeser, S. (2018). The effects of proprietary information on corporate disclosure and transparency: Evidence from trade secrets. *Journal of Accounting and Economics*, 66(1):163–193. DOI: 10.1016/j.jacceco.2018.04.002.

Hennessy, J. L. and Patterson, D. A. (2017). *Computer Architecture: A Quantitative Approach*. Morgan Kaufmann, Cambridge, MA, 6 edition.

Microsoft (2017). Your invitation to feel the true power of xbox one x. `https://news.xbox.com/en-us/2017/09/22/play-xbox-one-x-retail-locations/`. Xbox Wire. Acesso em: 28 jul. 2026.

Microsoft (s.d.). Xbox one x. `https://www.xbox.com/en-US/consoles/xbox-one-x`. Página oficial do produto. Acesso em: 6 jun. 2026.

Mittal, S. (2019). A survey on optimized implementation of deep learning models on the nvidia jetson platform. *Journal of Systems Architecture*, 97:428–442. DOI: 10.1016/j.sysarc.2019.01.011.

Mittal, S. and Vetter, J. S. (2015a). A survey of cpu-gpu heterogeneous computing techniques. *ACM Computing Surveys*, 47(4):69:1–69:35. DOI: 10.1145/2788396.

Mittal, S. and Vetter, J. S. (2015b). A survey of methods for analyzing and improving gpu energy efficiency. *ACM Computing Surveys*, 47(2):19:1–19:23. DOI: 10.1145/2636342.

Nikolskiy, V. P., Stegailov, V. V., and Vecher, V. S. (2016). Efficiency of the tegra k1 and x1 systems-on-chip for classical molecular dynamics. In *2016 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS)*, pages 682–689, Innsbruck. IEEE. DOI: 10.1109/HPCSim.2016.7568401.

Nintendo (2021). Ask the developer vol. 2, nintendo switch – oled model. `https://www.nintendo.com/en-gb/News/2021/October/Ask-the-Developer-Vol-2-Nintendo-Switch-OLED-Model-2055360.html`. Entrevista técnica institucional. Acesso em: 28 jul. 2026.

Nintendo (2025). Nintendo switch 2 launches june 5, bringing new forms of game communication to life. `https://www.nintendo.com/us/whatsnew/nintendo-switch-2-launches-june-5-bringing-new-forms-of-game-communication-to-life/`. Notícia institucional publicada em 2 abr. 2025. Acesso em: 28 jul. 2026.

Nintendo (s.d.a). How long does the battery charge last on nintendo switch? `https://en-americas-support.nintendo.com/app/answers/detail/a_id/46835/`. Documento de suporte. Acesso em: 28 jul. 2026.

Nintendo (s.d.b). Nintendo switch 2 tech specs. `https://www.nintendo.com/us/gaming-systems/switch-2/tech-specs/`. Acesso em: 28 jul. 2026.

Nintendo (s.d.c). Technical specs – nintendo switch console (hac-001(-01)). `https://www.nintendo.com/en-ca/switch/tech-specs/`. Acesso em: 2 jun. 2026.

NVIDIA (2015). Nvidia tegra x1: Nvidia's new mobile superchip. Technical report, NVIDIA, Santa Clara, CA. White paper. Acesso em: 2 jun. 2026.

NVIDIA (2016). Jetson tx1 module product sheet. Technical report, NVIDIA, Santa Clara, CA. Acesso em: 2 jun. 2026.

NVIDIA (s.d.). Maxwell tuning guide. Technical report, NVIDIA. Acesso em: 2 jun. 2026.

Patterson, D. A. and Hennessy, J. L. (2016). *Computer Organization and Design ARM Edition: The Hardware/Software Interface*. Morgan Kaufmann, Cambridge, MA.

Rodrigues, C., Riley, G., and Luján, M. (2017). Fine-grained energy profiling for deep convolutional neural networks on the jetson tx1. In *2017 IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC)*, pages 114–115. IEEE. DOI: 10.1109/IISWC.2017.8167764.

Sony Interactive Entertainment (s.d.). Especificações técnicas do playstation 4 e do playstation 4 pro. `https://www.playstation.com/pt-br/ps4/tech-specs/`. Acesso em: 6 jun. 2026.

Suárez, D., Almeida, F., and Blanco, V. (2024). Comprehensive analysis of energy efficiency and performance of arm and risc-v socs. *The Journal of Supercomputing*, 80:12771–12789. DOI: 10.1007/s11227-024-05946-9.

Valve (s.d.). Especificações do steam deck. `https://www.steamdeck.com/pt-br/tech`. Acesso em: 6 jun. 2026.

Wang, S., Pathania, A., and Mitra, T. (2020). Neural network inference on mobile socs. *IEEE Design & Test*, 37(5):50–57. DOI: 10.1109/MDAT.2020.2968258.

World Intellectual Property Organization (2024). *WIPO Guide to Trade Secrets and Innovation*. WIPO, Geneva.