Instituto Federal do Espirito Santo

Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Benchmarks Computacionais

Arquitetura e Organização de Computadores (AOC)

Professor: **Flávio Giraldeli**

Grupo

Davi Comério
Enzo Hubner
Gustavo Gomes
Heitor Lima
Kaio Marroque
Raquel Nascimento

Turma: BSI3
Período: 2025/1

04 de junho de 2025

Sumário

1 Introdução **2**

2 Desenvolvimento **3**
2.1 Atividade 1: Levantamento da configuração completa dos computadores . . 3
2.2 Atividade 2: Avaliando o comportamento dinâmico da CPU 9
2.2.1 Multithread – Frequência, temperatura e potência 9
2.2.2 Singlethread – Frequência, temperatura e potência 11
2.3 Atividade 3: Observando a Lei de Amdahl na prática 13
2.3.1 Fritz Chess Benchmark 13
2.3.2 WinRAR 14
2.3.3 CPU-Z 15
2.4 Atividade 4: Avaliando toda a hierarquia de memória do computador . . . 17
2.4.1 Sandra - Cache e RAM 17
2.4.2 Sandra e CrystalDiskMark - HD/SSD/Pendrive 20
2.5 Atividade 5: Avaliando o desempenho em computação gráfica 24
2.5.1 Cinebench R23 24
2.5.2 V-Ray Benchmark 26
2.6 Atividade 6: Avaliando a influência de instruções especiais em criptografia . 28
2.7 Atividade 7: Comparando diferentes tipos de computadores usando um índice comum 31
2.7.1 Geekbench 31

3 Conclusão **39**

1 Introdução

A evolução dos dispositivos é evidente no cenário tecnológico atual. Diversos componentes de um computador sofrem aprimoramentos constantes ou têm novas versões lançadas regularmente, o que impacta diretamente o desempenho geral da máquina. No entanto, ao se analisar tecnicamente esses componentes, outros fatores também se mostram determinantes para a capacidade final do sistema, como a organização, a arquitetura, os fabricantes e decisões mercadológicas.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo comparar dois computadores por meio de benchmarks — testes que avaliam o desempenho de hardware ou software de um dispositivo. Ambos os computadores analisados apresentam diferenças significativas quanto ao tempo de lançamento de seus componentes, o que influencia diretamente no desempenho individual das peças e no desempenho computacional como um todo.

Assim, a comparação aqui proposta busca não apenas identificar qual máquina oferece melhor desempenho, mas também compreender de que forma cada componente contribui para o resultado final. Além disso, a análise pretende evidenciar o impacto do avanço tecnológico na prática, permitindo uma reflexão crítica sobre a possibilidade de reutilizar ou atualizar sistemas mais antigos. Por meio dos testes de benchmark, será possível visualizar com maior clareza as diferenças entre os dois computadores e, assim, promover uma avaliação mais criteriosa sobre desempenho, eficiência e a relevância dos upgrades na atualidade.

2 Desenvolvimento

2.1 Atividade 1: Levantamento da configuração completa dos computadores

Tabela 1: Configurações dos Computadores

Configurações dos Computadores		
Descrição	**PC Novo**	**PC Velho**
Sistema Operacional		
	Windows 11 Pro	Windows 10 Pro
CPU		
Modelo	Intel Core i9 14900	AMD Ryzen 7 2700
Frequência Base(E)	1.5GHz	-
Frequência Base(P)	2 GHz	3.2 GHz
Frequência Boost(E)	4.3GHz	-
Frequência Boost(P)	5.4 GHz	4.1 GHz
Técnica de Fabricação	10 nm	12nm
Quant. Núcleos Físicos	8P + 16E	8
Quant. Núcleos Lógicos	32	16
Instruções Especiais Suportadas	MMX, SSE, SSE2, SSSE3, SSE3, SSE4.1, SSE4.2, EM64T, AES, AVX, AVX2, FMA3, 3MA	MMX (+), SSE, SSE2, SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, SSE4A, X86-64, AMD-V, AES, AVX, AVX2, FMA3, SHA
Cache L1 por núcleo (Dados)	48KB	32 KB
Cache L1 por núcleo (Instruções)	32KB	64 KB
Cache L2 por núcleo (ou unificada)	2MB	512 KB
Cache L3 unificada (total)	36 MB	16 MB
TDP (Thermal Design Power)	219 W	65 W
Ano de Lançamento	2023	2018
Memória Principal		
Tecnologia	DDR5	DDR4
Frequência Aparente (MHz)	4400	2400
Capacidade Total	32 GB	32 GB
Quant. de Módulos	2	2
Placa-mãe		
Modelo	Dell 0BDJPT	PRIME B450M-GAMING/BR
Chipset	Intel W680 rev 11	B450
GPU		
Integrada/Dedicada	Dedicada	Dedicada
Modelo	NVIDIA GeForce RTX 4060 8GB	NVIDIA GeForce RTX 4060 8GB
Armazenamento		
Drive 1	SSD Samsung PM9A1, M.2 NVMe 512GB	HD Seagate 1 TB, 7200 RPM, SATA-600
Drive 2	-	SSD Kingston A400, 240 GB, SATA-600

Este capítulo detalha as especificações técnicas dos dois computadores utilizados nos benchmarks – um ”PC Novo”e um ”PC Velho”– bem como um smartphone, abordando as principais características de suas CPUs, litografia, consumo, cache, capacidade multitarefa, memória principal e armazenamento.

CPUs

O computador mais velho possui um Ryzen 7 2700, lançado em 2018 e que, na época, era o melhor processador da linha Ryzen, ficando atrás apenas do Ryzen 7 2700x e dos Ryzen Threadripper, portanto, é um processador *premium*. O processador conta com 8 núcleos físicos, cada um com duas *threads*, totalizando 16 núcleos lógicos. Esses núcleos lógicos aumentam a eficiência do processador em aplicações que podem ser executadas de forma paralela, mas sem adicionar mais núcleos físicos; essa técnica é chamada de SMT (*Simultaneous Multithreading*). Usa a arquitetura Zen+ da AMD (sucessora da Zen que substituiu a fatídica arquitetura Bulldozer) e é um processador X86-64. O processador opera a uma frequência base de 3.2GHz e 4.1GHz de *boost*. (fonte: ANÁLISE: AMD Ryzen 7 2700).

O processador do computador mais novo é o Intel Core i9 14900, lançado em 2023. O Core i9 é o processador topo de linha da linha Intel Core "i", produzido na plataforma Raptor Lake. Possui 8 núcleos de *performance* (P-Cores) e 16 núcleos de eficiência (E-Cores), totalizando 24 núcleos físicos. Utilizando-se de SMT (chamado de *Hyper-threading* nos processadores da Intel), ele possui um total de 32 *threads* (núcleos lógicos). Isso pode parecer estranho, pois, normalmente, um processador possui dois núcleos lógicos por cada núcleo físico. O estranhamento se deve ao fato de que a Intel, numa tentativa de deixar seus processadores mais eficientes, optou por uma arquitetura híbrida (inspirada nos ARM que usam a arquitetura Big Little), que habilita o SMT (Simultaneous Multithreading) apenas nos núcleos P-Cores. Esses núcleos adicionais do i9 (P-Cores e E-Cores), que são mais numerosos que os do processador AMD, auxiliam o processador em tarefas que exigem multitarefa, como programas de criação de mídia e tarefas de processamento de imagem, portanto ele é um processador que se posiciona para um nicho empresarial. O processador tem frequência base de 2GHz nos núcleos *performance* e 1.5GHz nos núcleos de eficiência, mas pode, em *boost*, chegar até a 5.4 GHz nos núcleos de *performance* e até 4.3GHz nos núcleos de eficiência.

Litografia

O Ryzen (mais antigo) possui uma litografia (tamanho dos transistores) de 12nm, considerada boa para a época, visto que no ano de 2017, um ano antes do lançamento do processador, foi atingida a marca de 10nm, tecnologia ainda não amplamente implementada até então por questões de custo.

O processador mais novo, apesar de ter litografia denominada Intel 7, tem uma litografia de 10nm. Essa nomenclatura da Intel foi uma decisão puramente comercial, para aproximá-lo das concorrentes que já usavam litografias menores.

A diferença de cinco anos entre os processadores demonstra a tendência da Lei de Moore, onde a diminuição da litografia de 12nm para 10nm permite uma maior densidade de transistores, resultando em *chips* mais complexos e potentes ao longo do tempo. No entanto, é importante notar que a arquitetura que a Intel utilizou nestes processadores não representava a litografia mais avançada disponível na época, e inclusive é uma litografia que ficava atrás de outros processadores da época, tanto em arquiteturas x86-64, quanto em ARM, portanto, a diminuição poderia ser ainda mais acentuada, pois a Intel não usou o que há de mais novo no mercado.

A escolha da Intel por continuar em uma litografia maior faz sentido mercadologicamente, pois apesar de um processador em menor litografia possuir mais eficiência energética, produzir menos calor, poder ser menor (abrigando mais componentes, como

cache e núcleos) e consequentemente ter mais desempenho, o custo aumenta, principalmente quando usa-se de técnicas mais novas. Também há o problema de uma maior taxa de defeitos em tecnologias que não foram testadas em campo por muito tempo.

Consumo e frequência

O Ryzen 7 2700, na época de seu lançamento em 2018, estava entre os melhores processadores da linha Ryzen. Para os padrões daquele ano, suas frequências eram altas e adequadas para a proposta do processador, que visava entregar bom desempenho *multithread* em tarefas como renderização, jogos e multitarefas pesadas, especialmente em comparação com modelos da mesma geração, como o Intel Core i7-8700K e o Ryzen 5 2600. No entanto, em comparação com processadores mais modernos, da linha Ryzen 7000 ou das gerações 13 e 14 da Intel, o Ryzen 7 2700 apresenta frequências base e de *boost* mais baixas. Já o Intel Core i9-14900 apresenta frequências base e *boost* muito altas para um computador *desktop* topo de linha, posicionando-se entre os processadores mais rápidos disponíveis no mercado, ao lado de modelos como o Ryzen 9 7950X, que pode chegar a 5,7 GHz. É importante notar, no caso do i9 14900 da Intel, que o processador possui um grande aumento entre a frequência normal e a frequência em *boost*; isso se dá, principalmente, por uma tentativa de economizar energia e evitar que ele esquente demais, prejudicando o desempenho do processador, visto que o TDP (*Thermal Design Power*) do i9 14900 é muito acima da média, até mesmo se comparado com um processador da mesma época e que se posiciona na mesma faixa de mercado como o AMD Ryzen 9 7950X, lançado em 2022 que tem um TDP (*boost*) de 170 W, contra os 219 W do i9, ou seja, o processador tenta usar mais energia só quando precisa. Já o Ryzen 7 2700 possui um TDP de apenas 65 W, por isso a diferença entre o modo *boost* e o normal é bem menor.

Cache

O *cache* de um processador é uma tecnologia usada para diminuir a latência de acesso à memória RAM; é um tipo de memória baseada em transistores (diferente da RAM, que utiliza capacitores), que fica dentro do *die* do processador e é mais rápida para leitura e escrita. Enquanto o i9 14900 possui 48 KB (dados) e 32 KB (instruções) de *cache* L1 para cada núcleo, 2 MB de *cache* L2 para cada núcleo (ou *cluster*) e 36 MB de *cache* L3 unificado (todos os núcleos compartilham), o Ryzen 7 possui 32 KB para dados e 64 KB para instruções de *cache* L1 para cada núcleo, 512 KB de *cache* L2 para cada núcleo e 16 MB de *cache* L3 total.

É importante notar, no caso particular do i9, que os núcleos E, por serem mais simples, não possuem *cache* L2 individual para cada núcleo, mas sim usam uma abordagem de *clusters*, onde cada núcleo E compartilha *cache* L2 de um *cluster*, onde outros núcleos E também usam da mesma memória, portanto ele, de *cache* total L2, possui 32 MB. Já no Ryzen, os *caches* L1 e L2 são individuais de cada núcleo.

O processador mais novo (Intel Core i9 14900) possui significativamente mais *cache* do que o processador mais antigo (AMD Ryzen 7 2700). Isso é especialmente notável no Cache L2 e L3. Maiores quantidades de *cache* geralmente resultam em melhor desempenho, pois permitem que o processador armazene mais dados próximos ao núcleo, reduzindo a necessidade de acessar a memória principal (RAM).

No Intel Core i9 14900, a grande quantidade de *cache*, especialmente o L3 de 36 MB, indica que ele pode manter uma grande quantidade de dados e instruções prontamente

disponíveis, o que é benéfico para tarefas que exigem acesso rápido a grandes conjuntos de dados, como edição de vídeo, renderização 3D e execução de máquinas virtuais.

Multitarefa

Uma grande diferença está na quantidade de núcleos de cada processador. No processador mais recente (i9), temos 32 núcleos lógicos e no processador mais antigo, temos 16. Ou seja, temos o dobro no processador mais recente. Isso se dá por conta do i9 se posicionar como um processador mais *enterprise*, podendo ser usado em *workstations* para trabalhos que demandam de bastante desempenho *multi thread*, como renderização de projetos de arquitetura, programação de aplicações pesadas e criação de vídeo (todos sabemos o quão bizarramente pesado o *premiere/after effects* é numa CPU...). O Ryzen, por outro lado, é um processador com ampla capacidade de executar aplicações mais pesadas, mas pode sofrer um pouco em lugares onde o computador precisa de mais núcleos; ele é um 8/16. Ele se dá muito bem em jogos, por exemplo. E seria uma escolha (na época, ao menos) muito boa para esse fim.

Ambos processadores possuem SMT, ou seja, ambos processadores possuem núcleos virtuais, lógicos, *threads*, que visam aumentar a capacidade paralela do computador. É importante entender que os núcleos virtuais nunca terão a capacidade paralela plena de um núcleo físico, pois ele apenas simula um núcleo físico, portanto ele não terá para si o seu próprio *cache* L1 e L2, mas compartilhará o do núcleo físico.

É estimado uma melhora em paralelismo em 25% (dados da Intel) utilizando-se de SMT. Portanto, não é uma melhoria que vai seguir a Lei de Amdahl (que veremos na prática a seguir). A inclusão de SMT em um processador acaba por aumentar a complexidade, o custo e às vezes o ganho de *performance* não compensa. Portanto, CPUs mais básicas às vezes não vinham com o SMT habilitado, pois para o seu nicho, não seria interessante. Alguns processadores mais antigos da série Ryzen e Athlon (o que se compararia com um Pentium da Intel) não possuem SMT habilitado.

É interessante o uso de uma arquitetura híbrida no processador da Intel, pois ele é um processador 24/32, ou seja, 24 núcleos físicos que se apresentam como 32 lógicos. Isso se dá pela arquitetura onde existem núcleos mais simples, que compartilham *cache* L2, chamados de núcleos E. Esses núcleos não são completos como os de *performance* e até operam em frequências menores. Essa tecnologia amadureceu tanto, que em 2024 a Intel em sua arquitetura Arrow Lake simplesmente removeu o *Hyper-Threading* de seus processadores.

Memória Principal

Ambos os computadores possuem a mesma quantidade de memória RAM rodando em *dual-channel*, uma técnica na qual, ao utilizar dois módulos de memória, as larguras de banda se somam, aumentando o *throughput* e otimizando o acesso aos dados. Isso resulta em um aumento significativo da taxa de transferência de dados, crucial para a CPU evitar gargalos de dados, especialmente em cenários de multitarefa ou aplicações intensivas em memória. Se, por exemplo, um único módulo fosse usado (*single-channel*), a largura de banda seria reduzida pela metade, limitando o potencial de desempenho do processador, mesmo que a capacidade de RAM fosse a mesma, por isso, às vezes, faz sentido comprar as memórias de forma dividida, ao invés de um módulo de 32, comprar 2 de 16. As diferenças entre as duas memórias são as tecnologias empregadas em cada uma.

No computador mais atual, temos dois módulos de memória (2x16) DDR5 com frequência de 4400 MHz e no computador mais antigo, temos dois módulos de memória (2x16) DDR4 com 2400 MHz.

Quanto maior a frequência, mais otimizado vai ser a leitura e escrita na RAM, diminuindo um grande problema da arquitetura atual de processadores: o gargalo de Von Neumann, onde, pelo fato da memória principal estar fisicamente mais longe do processador e ter evoluído em uma velocidade menor do que os processadores, a RAM acaba limitando a *performance* do sistema inteiro, deixando o processador ocioso. Para isso, foram encontradas formas de diminuir esse impacto, como, por exemplo, o uso das memórias *cache* que citamos anteriormente e o uso de *dual-channel*.

Cada uma usa uma tecnologia diferente: DDR5 no mais novo, e no mais velho, DDR4. Existem certas diferenças entre as duas, como coleta e correção de erros (o que era bem comum em memórias de servidor) na especificação DDR5, mas a diferença que mais chama atenção é a possibilidade de se usar memórias com maior frequência na especificação mais nova.

A frequência da memória do computador mais velho não é particularmente alta para sua especificação, pois não figura entre as maiores possíveis (DDR4 admite frequências até 3200 MHz). A do computador mais novo é, na verdade, relativamente baixa para uma memória DDR5, cuja especificação admite velocidades de até 7200 MHz. O que significa que os sistemas não estão explorando todo o seu potencial de largura de banda.

Armazenamento

O computador mais novo utiliza um *drive* de memória, um SSD M.2 especificamente no modo NVMe (utilizando protocolo PCIe) de 512GB da Samsung. O SSD é um tipo de memória *flash*, a mesma utilizada em cartões SD e pendrives, em oposição ao HD, que usa uma agulha com cabeçote magnético, que opera sob um disco rodando em alta velocidade, portanto o HD possui uma limitação física (o disco tem que girar rapidamente).

O computador mais velho utiliza dois *drives*, um HD de 1 TB e um SSD de 240 GB, ambos utilizando SATA. Ou seja, eles perdem em velocidade, o que veremos na prática nos testes a seguir.

O SSD utiliza semicondutores para manipular seus dados, portanto sofre menos por danos de queda e físicos no geral (nenhuma parte móvel). Enquanto o HD é frágil, por conta de seu disco (inclusive nosso HD do PC antigo já está nas últimas, não conseguimos usá-lo para os testes). O SSD, principalmente usando PCIe para a transferência de dados, tem um desempenho muito melhor que um HD que usa conector SATA. Embora o SATA (e seu protocolo AHCI) seja uma interface madura e compatível com a maioria dos computadores, sua largura de banda máxima (600 MB/s) é significativamente inferior à oferecida pelo PCIe para SSDs NVMe, que pode atingir velocidades de vários GB/s.

O SSD é uma tecnologia mais cara, principalmente se for um M.2 NVMe, mas a tendência é de diminuição de custos. Mas, por enquanto, um HD apresenta um melhor custo por GB.

O SSD M.2 do computador novo é uma escolha interessante, pela velocidade. O SSD habilita o computador a carregar aplicações e realizar o *boot* no SO em tempos menores, economizando paciência e deixando processos mais efetivos. Hoje, alguns jogos, têm como requisito mínimo o uso de um SSD NVMe, como o jogo *Starfield* da Bethesda. Mas a quantidade de armazenamento é relativamente baixa, principalmente para aplicações modernas. O próprio Windows 11, quando instalado, pode chegar a pesar 64 GB (recomendação oficial da Microsoft).

O computador antigo tem uma abordagem interessante e sustentável, apesar de optar por usar um SSD SATA, que possui velocidades menores que um NVMe, mesmo com sua placa mãe tendo suporte a NVMe M.2, o custo (principalmente na época da montagem) de um SSD M.2 é mais caro, e para algumas aplicações, um SSD SATA é o suficiente. O ponto interessante de se analisar é o uso de um SSD para armazenar o sistema operacional e arquivos importantes (ficam mais responsivos no geral e iniciam mais rapidamente) e um HD para armazenar outros dados, como jogos mais leves, vídeos, arquivos pesados, entre outros. Essa é uma abordagem muito comum e utiliza do *pros* do HD (custo baixo por GB) e do SSD (velocidade).

Conclusão

No geral, são duas máquinas extremamente competentes para as suas épocas. Configurações equilibradas, usando peças de alto desempenho. As mudanças, no geral, foram evoluções naturais.

2.2 Atividade 2: Avaliando o comportamento dinâmico da CPU

2.2.1 Multithread – Frequência, temperatura e potência

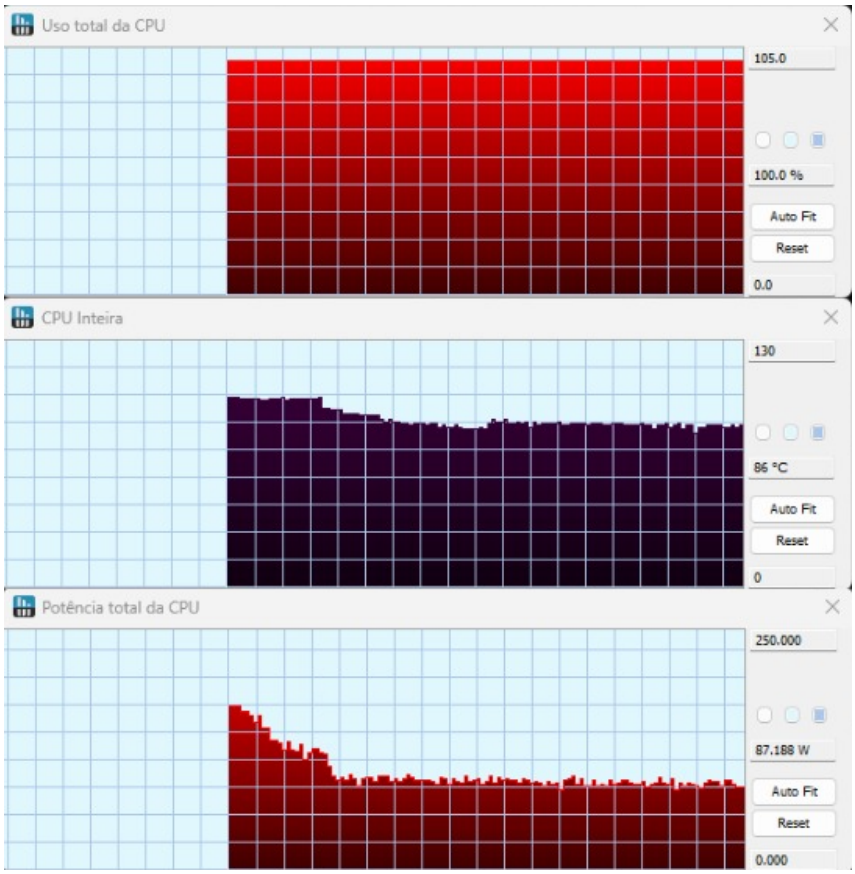


Figura 1: HWiNFO: comportamento da CPU em multithread do computador novo

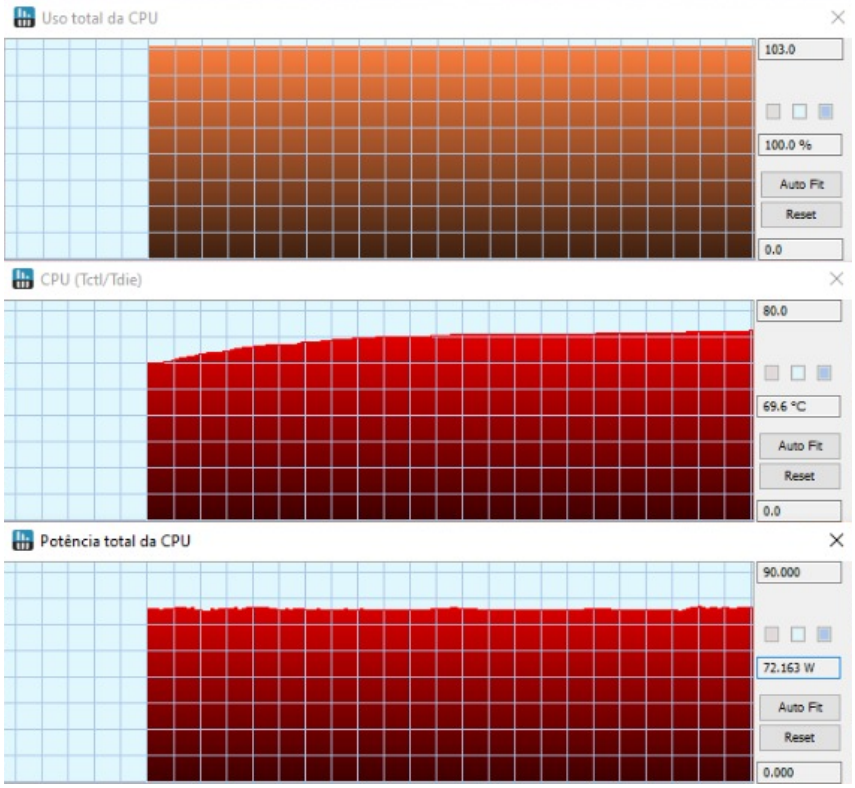


Figura 2: HWiNFO: comportamento da CPU em multithread do computador antigo

No teste em *multi-thread*, o computador antigo (AMD Ryzen 7 2700) manteve um uso da CPU consistentemente alto, variando entre 99,4% e 100%. O consumo de energia oscilou entre 68,445W e 73,511W, estabilizando-se em torno de 69W, o que indica um uso considerável de potência sob carga. A temperatura da CPU (Tdie) mostrou-se estável em 70ºC, com leituras mínimas de 69ºC e máximas de 70,2ºC. A frequência dos núcleos, por sua vez, permaneceu em torno de 3.247,4MHz (com mínimo de 2.715MHz e máximo de 3.518,7MHz), um valor ligeiramente acima da frequência base do fabricante (∼3,2GHz) e representativo do "*all-core boost*"sustentado pelo processador sob carga intensa.

Já o computador novo (Intel Core i9-14900) demonstrou um desempenho significativamente superior, porém com um comportamento de frequência e temperatura mais dinâmico. Imediatamente após o início do teste, o uso da CPU decolou para 100% e a temperatura atingiu um pico de 101ºC, o valor máximo registrado. Esse pico térmico provocou um estrangulamento (*thermal throttling*), resultando em uma queda subsequente da temperatura para um mínimo de 82ºC, estabilizando-se em torno de 89ºC. De forma similar, o consumo de energia e a frequência dos núcleos também exibiram picos e quedas expressivas: o consumo máximo foi de 178,815W (estabilizando em 87W) e a frequência máxima atingiu 3.890,5MHz (caindo para uma mínima de 1.396,6MHz e oscilando próxima de 2.300MHz). Embora a frequência média de 2.300MHz seja maior que as frequências base dos núcleos E (1,5 GHz) e P (2,0 GHz), ela é influenciada pela contribuição dos E-cores e, principalmente, pela atuação dos limites de potência e temperatura que impedem que os núcleos P sustentem suas frequências máximas de *boost* sob carga total em um cenário de alta demanda.

No geral, o computador novo, apesar de sua capacidade de processamento bruto superior, operou com uma frequência média em *multithread* menor que a do PC antigo (aproximadamente 29% menor). Essa diferença se deve, em grande parte, à sua arquite-

tura híbrida, onde a média de frequência é puxada para baixo pela inclusão de múltiplos núcleos E, que operam em *clocks* mais baixos para otimização de eficiência. Contudo, o PC novo atingiu picos de consumo e temperatura significativamente maiores (∼27% a mais para ambas as métricas), o que indica que, sob carga máxima, ele opera mais próximo dos seus limites térmicos e de potência, levando a um *thermal throttling* mais acentuado do que o observado no PC antigo. Enquanto o PC antigo demonstrava uma estabilidade térmica e de frequência mais previsível, o sistema mais novo, ao tentar maximizar o desempenho com maior número de núcleos, oscila mais rapidamente nos limites de resfriamento e consumo, apresentando pequenas quedas e picos de forma contínua.

2.2.2 Singlethread – Frequência, temperatura e potência

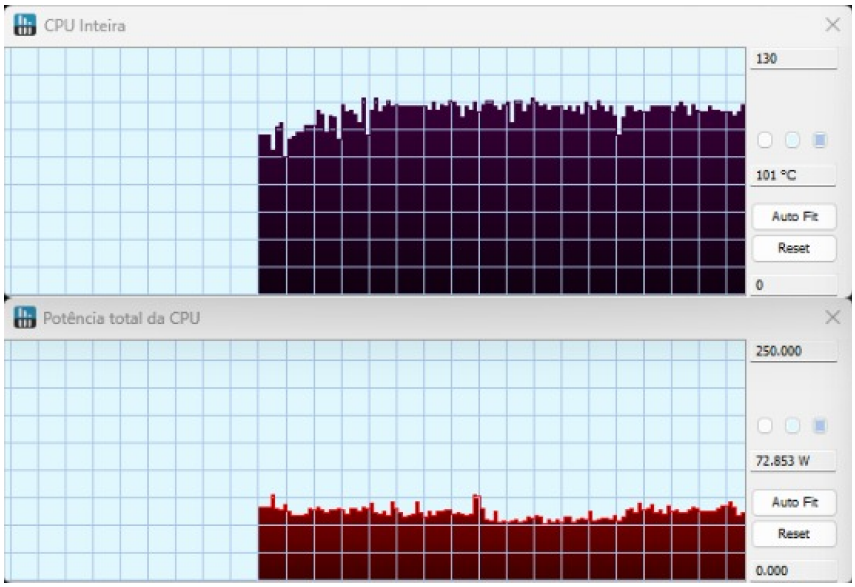


Figura 3: HWiNFO: comportamento da CPU em singlethread do computador novo

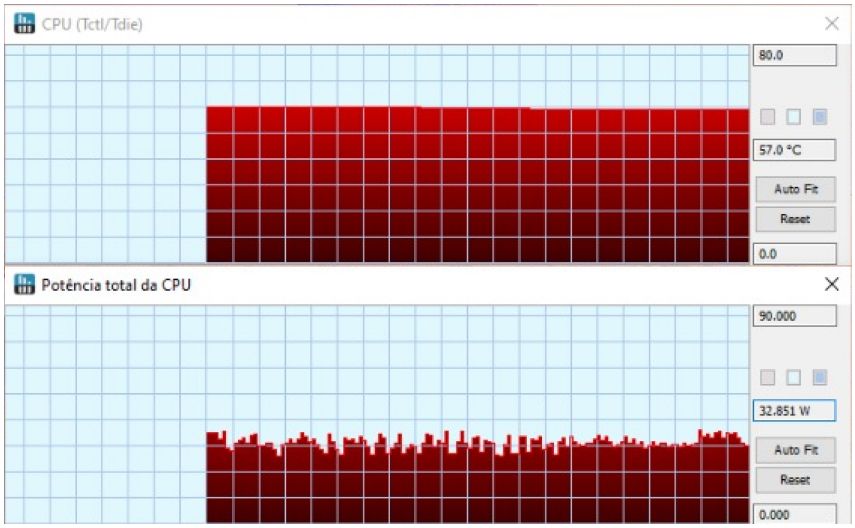


Figura 4: HWiNFO: comportamento da CPU em singlethread do computador antigo

No teste *single-thread*, a máquina antiga, que utilizou o núcleo 0, operou a uma frequência aproximada de 3.294,1 MHz (aproximadamente 3,3 GHz). Comparando com o teste *multi-*

thread (onde a frequência dos núcleos se manteve em torno de 3.247,4 MHz), o aumento na frequência em *single-thread* foi mínimo, de apenas cerca de 1,4%. Esse valor, porém, se mostrou bem abaixo da frequência de *boost* indicada pelo fabricante para este processador (4,1 GHz). A limitação observada na frequência de *boost* pode estar relacionada a fatores como os limites de potência e térmicos do processador ou da placa-mãe, que, mesmo com a carga reduzida a um único núcleo, podem impedir que o processador alcance seu pico teórico, ou a ineficiências na arquitetura Zen+ para atingir *boosts* muito altos em cargas de trabalho reais. Em contrapartida, o consumo de energia foi significativamente menor em *single-thread*, registrando uma média de 40,564W (uma redução de aproximadamente 45% em relação ao teste *multi-thread*, que teve consumo estabilizado em 69W). Da mesma forma, a temperatura média registrada da CPU (Tdie) também caiu de maneira expressiva para 59,9ºC (uma redução de aproximadamente 18% comparado aos 70ºC do teste *multi-thread*). Essa drástica redução no consumo e na temperatura, apesar da frequência pouco alterada, demonstra que o processador não está sob o mesmo estresse geral que em carga *multi-thread*, permitindo que ele se mantenha mais eficiente, mas ainda assim encontra limites para o aumento de *clock* em um único núcleo.

Já a máquina nova atingiu uma frequência de 5.486,6 MHz (com mínimo de 4.987,8 MHz e máximo de 5.785,8 MHz), focando a carga também no Núcleo 0 (núcleo P). Comparando com o teste *multi-thread*, essa frequência é significativamente maior (mais que o dobro da frequência média de 2.300 MHz observada anteriormente), evidenciando a capacidade do processador de elevar drasticamente o *clock* de um único núcleo P em cargas leves. No entanto, mesmo em *single-thread*, a frequência máxima observada de 5.785,8 MHz ficou ligeiramente abaixo do *boost* máximo indicado pelo fabricante para um P-core utilizando da tecnologia Intel Turbo Boost (5,8GHz segundo o fabricante), sugerindo que mesmo uma carga em um único núcleo pode ser limitada por picos de consumo ou térmicos. O consumo de energia, embora menor que o pico *multi-thread*, ainda apresentou valores consideráveis para uma tarefa *single-thread*, com 72,853W atuais (mínimo de 61,162W e máximo de 91,400W), e a temperatura da CPU (Tdie) alcançou o limite de 101ºC (com mínimo de 73ºC e máximo de 104ºC), o que indica que mesmo com apenas um núcleo P em uso, o processador pode atingir rapidamente seus limites térmicos, levando a um leve estrangulamento para evitar superaquecimento.

2.3 Atividade 3: Observando a Lei de Amdahl na prática

2.3.1 Fritz Chess Benchmark

Tabela 2: Resultados do Fritz Chess Benchmark

Fritz Chess Benchmark			
Testes e Avaliações	**PC Novo**	**PC Velho**	**Comparação (PC Novo / PC Velho)**
Single Thread	4569	2480	1,84
Multithread (Máx. Núcleos Físicos)	28215	15711	1,8
Multithread (Máx. Núcleos Lógicos)	34927	19909	1,75
Speedup	6,18	6,33	-
Ganho do SMT/HT (em %)	23,79%	26,72%	-

No teste com Fritz Chess, a pontuação do computador velho foi de 2480 em *single thread* para 15711 utilizando todos os núcleos físicos (8), valor aproximadamente 6,33 vezes maior. Pode-se inferir que o *boost* no desempenho começou linear, provavelmente até o terceiro ou quarto núcleo, e diminuiu gradualmente conforme mais eram adicionados até chegar em 6,33×. Ativando o SMT, a pontuação subiu para 19909, um ganho de 26% em comparação à anterior e aproximadamente 8 vezes maior que a do teste *single thread*. Isso demonstra a forma como o SMT auxilia no ganho do desempenho do processador: ao permitir que cada núcleo físico execute duas *threads* simultaneamente, o SMT otimiza melhor o uso dos recursos internos do núcleo, preenchendo lacunas de ociosidade e, para esta carga de trabalho específica, permitindo que o desempenho ultrapasse minimamente o ideal de 8 vezes o desempenho *single-thread*.

Já a máquina nova teve um desempenho maior no *single thread* (4569), porém *speed-ups* ligeiramente menores nos outros testes. Com o máximo de núcleos físicos (16), atingiu 28215 (*speed-up* = 6,18), e 34927 com o *Hyper-Threading*, 23,7% a mais com todas as *threads* ativas (32).

Nesse caso, o ganho de desempenho não escalou proporcionalmente ao número de núcleos físicos disponíveis. O computador antigo se beneficiou mais do aumento, já que não possui muitos recursos iniciais, e foi apresentando ganhos significativos, ainda que não lineares, à medida que o número de *threads* aumentava. Embora a intuição leve a crer que o aumento no PC novo, que possui o dobro de *threads*, seria próximo do dobro do PC velho, isso não ocorreu, sendo o *speed-up* nessa máquina menor que o da anterior (6,33 com o máximo de núcleos físicos e 8,02 com o máximo de núcleos lógicos no antigo, contra 6,18 e 7,66, respectivamente, no PC novo). Segundo a Lei de Amdahl, isso ocorre porque, quanto maior o número de núcleos utilizados, menor será o ganho incremental de desempenho proporcionado por cada novo núcleo. Vale lembrar também que o processador novo é de natureza híbrida, contando com núcleos P (*performance*, mais poderosos) e E (eficiência, mais fracos, porém mais numerosos), ou seja, a partir do momento em que todos os núcleos P são utilizados o sistema passa a adicionar os núcleos E, fazendo com que o ganho no desempenho seja menor.

Em suma, o teste demonstrou que uma maior quantidade de núcleos não necessariamente significa um melhor desempenho em códigos paralelizáveis, uma vez que o *speed-up* depende também de outros fatores, e que, em alguns casos, um processador mais antigo

pode se beneficiar mais de um aumento no número de *threads* do que um processador mais novo, sem necessariamente alcançar um desempenho (pontuação) similar.

2.3.2 WinRAR

Tabela 3: Resultados do WinRAR Benchmark

Winrar Benchmark											
Descrição	**Número de Threads**						**Speedup**				
	1	**2**	**4**	**8**	**16**	**32**	**1 → 2**	**1 → 4**	**1 → 8**	**1 → 16**	**1 → 32**
PC Novo	2907	5409	10333	17465	26301	44068	1,86	3,55	6,01	9,05	15,16
PC Velho	1680	2959	5277	9270	11911	-	1,76	3,14	5,52	7,09	-
Comparação	1,73	1,83	1,96	1,88	2,21	-	-				

No PC velho, a pontuação no teste cresceu de forma quase linear, porém bem abaixo do dobro à medida que o número de *threads* dobrava. Entre 1 e 2 *threads*, o *speed-up* foi de 1,76 (1680 → 2959); 3,14 entre 1 e 4 (1680 → 5277); 5,52 entre 1 e 8 (1680 → 9270); e 7,09 entre 1 e 16 (1680 → 11911). O *speed-up* manteve uma tendência: seu crescimento ao dobrar o nº de *threads* variou entre 78% e 71% maior que o anterior até 8 *threads*. Com 16 *threads*, ou seja, com a ativação do SMT, o aumento foi de apenas ∼28%, muito menor que o anterior registrado entre 4 e 8 *threads* (71%). Essa mudança ilustra perfeitamente como o *speed-up* do sistema pode ser limitado pelo número de núcleos físicos. Até 8 *threads*, cada nova *thread* de *software* era alocada a um núcleo físico distinto, resultando em ganhos de desempenho substanciais, embora não perfeitamente lineares. Com o SMT, cada núcleo físico passa a executar duas *threads* simultaneamente, logo, cada um terá um desempenho muito menor que um núcleo físico completo. Nesse ponto surge também o *overhead* (gerenciamento e divisão de recursos entre as *threads*) que também tem impacto no desempenho do processador, diminuindo ligeiramente o *speed-up*.

Já no PC novo, a pontuação foi claramente superior em todos os quesitos: entre 1 e 2 *threads*, o *speed-up* foi de 1,86 (2907 → 5409); 3,55 entre 1 e 4 (2907 → 10333); 6,01 entre 1 e 8 (2907 → 17465); 9,05 entre 1 e 16 (2907 → 26301); 15,16 entre 1 e 32 (2907 → 44068). Tais resultados demonstram um escalonamento notável, que reflete diretamente a arquitetura heterogênea do processador, com 8 núcleos P e 16 núcleos E, totalizando 32 *threads* (16 dos P com *Hyper-Threading* + 16 dos E). A análise do *speedup* em etapas revela o comportamento distinto desses diferentes tipos de núcleo.

Nos testes iniciais, de 1 a 8 *threads*, o sistema operacional aloca as tarefas prioritariamente aos 8 P-cores, que são otimizados para alto desempenho. Isso resulta em um ganho de *performance* quase linear e extremamente robusto, alcançando um *speedup* de 6,01× com 8 *threads* (2907 → 17465 KB/s). A diferença para um *speedup* ideal de 8×, como no caso anterior, pode ser atribuída à Lei de Amdahl, que considera a porção sequencial da tarefa e o custo de gerenciamento das *threads*. Ao passar de 8 para 16 *threads* (HT ativado), o *speedup* aumenta para 9,05× (2907 → 26301), um ganho significativo, mas proporcionalmente menor que o da fase inicial. Finalmente, no salto de 16 para 32 *threads*, o sistema utiliza todos os recursos disponíveis. Nesse estágio, ele esgotou os núcleos P e passou a alocar as *threads* adicionais nos núcleos E. O ganho de *performance* absoluto nessa fase, de 26301 para 44068, é visivelmente superior ao observado na etapa anterior, porém, como dito, o número de núcleos necessário para esse salto foi maior devido à na-

tureza dos núcleos E (menos potentes, mas mais numerosos). O *speedup* final, com todas as *threads* em operação, foi de impressionantes 15,16×.

O resultado demonstra a estratégia da arquitetura híbrida: os P-cores fornecem a força bruta inicial, os E-cores garantem um aumento massivo na capacidade de paralelismo para tarefas de longa duração, e o HT extrai a *performance* restante dos P-cores. O resultado é um sistema que escala de forma inteligente, utilizando o tipo de núcleo mais adequado para cada estágio da carga de trabalho.

2.3.3 CPU-Z

Tabela 4: Resultados do CPU-Z

CPU-Z Benchmark (versão 17.01.64)			
	Single	**Multi**	**Multi Thread**
PC Novo	832,0	14179,0	17,04
PC Velho	387,0	4109,8	10,62
Comparação	2,15	3,45	-

CPU-Z Benchmark (versão 19.01.64 AVX2 (beta))			
	Single	**Multi**	**Multi Thread Ratio**
PC Novo	1098,0	14643,0	13,34
PC Velho	361,7	3223,4	8,91
Comparação	3,04	4,54	-

No primeiro teste, utilizando a versão 17.01.64 do CPU-Z, o PC novo começou com 832 no *score* do teste *single-thread*, que teve um salto expressivo para 14179 no teste *multi-thread*, sendo a razão entre os dois *scores* de 17,04. Já o computador antigo teve um desempenho significativamente menor: 387 no teste *single-thread* (menos da metade do PC novo) e 4110 no *multi-thread*, com uma razão de 10,62.

O segundo teste utilizou a versão 19.01.64 AVX2 (*beta*), que conta com um conjunto especial de instruções, que tende a apresentar melhor desempenho em computadores mais recentes. Nesse teste, o computador novo teve um desempenho melhor que nos anteriores: 1098 no *single-thread* (∼31% maior) e 14643 (∼3% maior), porém com uma razão mais baixa, 13,34, devido à pontuação em *single-thread* ter crescido em uma proporção maior. Já o PC velho enfrentou uma queda em todas as métricas: começou com 361,7 em *single-thread* (∼7% a menos) e 3223 em *multi-thread* (22% menor), com uma razão entre as duas de 8,91.

Como dito antes, já era esperado que as instruções AVX2 teriam melhor desempenho no computador novo. O teste, porém, demonstrou que não apenas elas apresentam melhor desempenho em máquinas mais modernas, como também são menos eficientes nas mais antigas, fato evidenciado pela perda significativa de desempenho no computador antigo. Isso evidencia um ponto crítico na computação: há um limite para o quanto se pode extrair de sistemas defasados apenas com atualizações de *software* ou suporte a novas tecnologias. A partir de certo ponto, torna-se mais vantajoso — e necessário — considerar

uma reestruturação do *hardware* como um todo, especialmente quando o objetivo é manter competitividade ou compatibilidade com padrões atuais de desempenho e otimização.

2.4 Atividade 4: Avaliando toda a hierarquia de memória do computador

2.4.1 Sandra - Cache e RAM

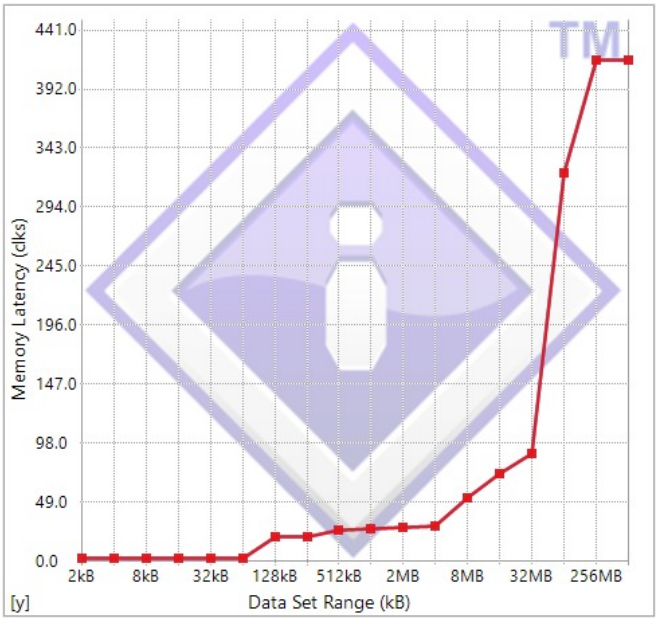


Figura 5: Gráfico de latência de acesso à memória – computador novo

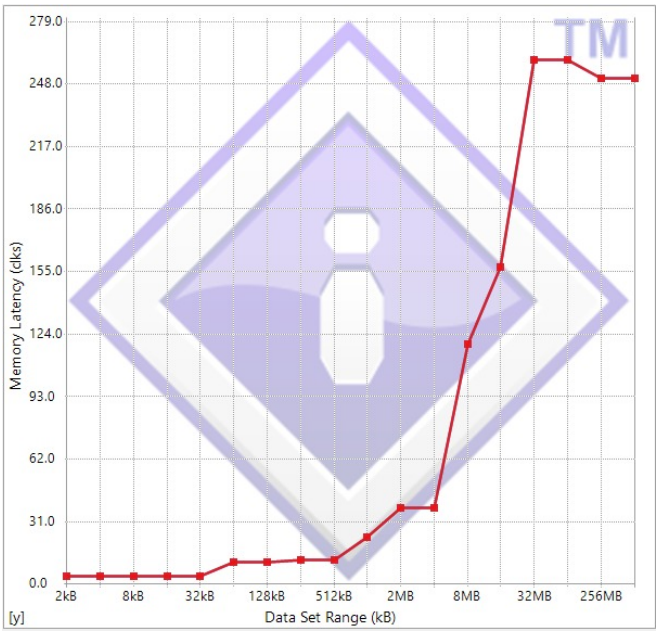


Figura 6: Gráfico de latência de acesso à memória – computador antigo

Gráficos de latência de acesso a memória

O gráfico é representado em: "Latência de Memória em nanossegundos" (eixo y) (tempo de espera para acessar a memória) por "intervalo do conjunto de dados" (eixo x) (tamanho do pedaço de dados que está sendo acessado).

Tabela 5: Comparativo de Latência por Nível de Memória

Latência por Nível de Memória			
Nível de Memória	**PC Velho**	**PC Novo**	**Comparação**
L1D Cache	4 clks	17 clks	4,25
L2 Cache	13 clks	29 clks	2,23
L3 Cache	37 clks	86 clks	2,32
RAM	66.2 ns	97.0 ns	1,46

Pelos gráficos e resultados dos testes de cada PC, podemos ver como a velocidade muda em cada nível da hierarquia de memória.

No início do gráfico do PC antigo (2KB a 32KB), a latência está bem baixa, o que indica que os dados estão sendo acessados diretamente do L1 (a mais rápida e próxima do processador, total de 256KB). Conforme o tamanho do conjunto de dados aumenta, especialmente entre 64KB e 1MB, há uma elevação gradual na latência, refletindo o uso do L2 (4MB total). Entre 2MB e 16MB, a latência sobe ainda mais, sinalizando que os dados excedem o L2 e passam a ser buscados no L3 (16MB total). A partir de 32MB, ocorre o salto mais acentuado: a latência dispara, chegando a cerca de 240ns, o que indica acesso direto à Memória Principal (RAM), que tem tempos de acesso significativamente mais altos do que qualquer nível de *cache*.

Nos conjuntos de dados menores, de 2KB a 64KB, a latência se mantém baixa, em torno de 0.7ns / 3clks. Isso indica que o processador está acessando os dados diretamente do L1 (total de 384KB L1D para P-cores e 512KB para E-cores). Como falei, por essa camada ser a mais rápida e próxima do computador, ela garante uma resposta quase instantânea para os dados mais usados. Conforme o volume de dados aumenta, de 128KB a 4MB, a latência sobe para uma faixa entre 4.7ns e 6.7ns. Esse aumento sugere que o sistema começa a depender mais do L2 (total de 8× 2MB para P-cores e 4× 4MB para E-cores). O próximo salto notável na latência, de 8MB a 32MB, variando entre 12.3ns e 20.8ns, esse é o momento em que o acesso migra para o L3 (de 36MB). Finalmente, ao exceder os 36MB do L3, especialmente a partir de 64MB, a latência ultrapassa os 400ns. Neste ponto, os dados estão sendo buscados diretamente da Memória Principal (RAM). Se a informação não estiver disponível na RAM, o sistema então procura nos níveis mais baixos e lentos de armazenamento, como as Memórias Secundárias (SSD e HD).

Esse gráfico é a representação visual clara da hierarquia de memória em ação. Cada aumento na latência corresponde a uma falha de *cache* onde o processador não encontra o dado no nível de *cache* atual e precisa buscar no próximo nível mais lento (mas maior). Ele mostra como cada nível de *cache* (L1, L2, L3) atua como uma barreira de velocidade, fornecendo acesso rápido para dados que cabem neles. Quando o conjunto de dados excede a capacidade de um nível, a latência aumenta à medida que o sistema "cai"para o próximo nível de memória (mais lento, mas maior), chegando na RAM, que é a mais lenta de todas para acesso direto. As transições marcadas no gráfico correspondem diretamente aos tamanhos dos *caches* do processador adquiridos nos testes.

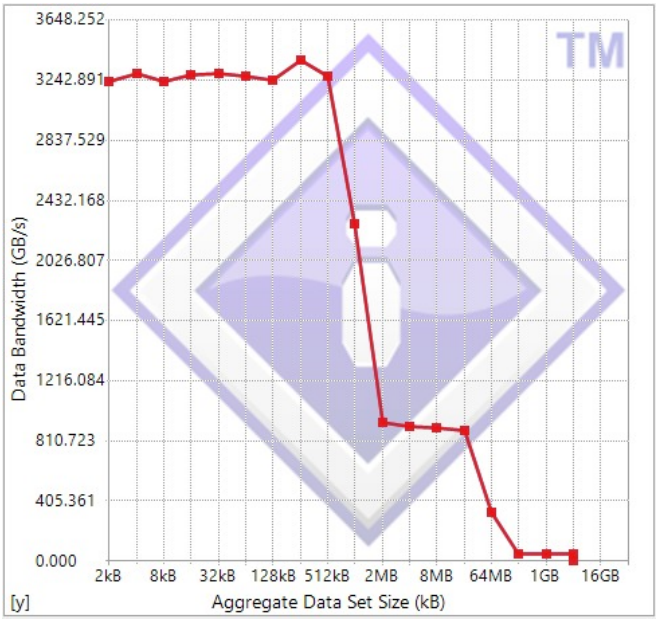


Figura 7: Gráfico de largura de banda de acesso à memória – computador novo

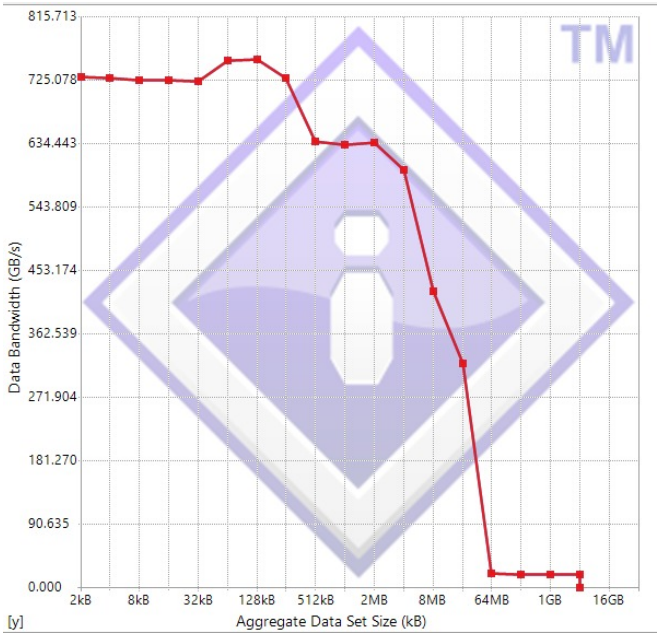


Figura 8: Gráfico de largura de banda de acesso à memória – computador antigo

Gráficos de largura de banda de acesso a memória

O gráfico é representado em: "Largura de Banda de Dados em Gigabytes por segundo" (eixo y) (quantidade de dados que pode ser transferida por segundo) por "tamanho do conjunto de dados agregados" (eixo x) (quantidade total de dados transferidos).

No início do gráfico do PC velho (2KB a 128KB), a largura de banda é mais alta e estável, em torno de 725,078 GB/s. Isso acontece porque o conjunto de dados cabem inteiramente no L1 (256KB total). Na primeira variação do gráfico, de 128KB a 256KB, a largura de banda começa a cair lentamente, indicando acesso à *cache* L2 (4MB). No segundo salto, de 512KB a 1MB, a queda é mais acentuada, sugerindo início do uso da

cache L3 (16MB). No terceiro salto, de 16MB a 64MB, a largura de banda despenca, e entre 32MB e 64MB atinge valores muito baixos (∼10 GB/s), mostrando que os acessos estão indo diretamente à RAM.

No do PC novo, de 2KB a 256KB, a largura de banda é muito alta (acima de 3200 GB/s), e com um pico em 512KB. Esse desempenho indica que os dados estão sendo acessados da *cache* L1 e L2. De 512KB a 2MB, há uma queda moderada, sinalizando o uso da *cache* L3. Após 4MB, a largura de banda cai mais drasticamente, atingindo menos de 500 GB/s em 64MB, evidenciando que os dados ultrapassaram o limite do L3 (36MB) e estão sendo buscados diretamente na RAM.

O PC Novo demonstra uma hierarquia de memória mais bem definida e eficiente. Os *caches* L1, L2 e L3 oferecem velocidades de acesso e larguras de banda bem altas para os dados mais utilizados, reduzindo ao máximo a dependência da RAM, o que reduz o tempo de carregamento. As transições entre os níveis de *cache* são bem marcadas, com aumento visível na latência e queda progressiva na largura de banda à medida que o conjunto de dados ultrapassa a capacidade de cada nível, até alcançar a RAM. Já o PC Velho apresenta uma hierarquia mais funcional e bem estruturada, na qual cada nível de *cache* (L1, L2, L3) cumpre seu papel de acelerar o acesso aos dados mais recentes e frequentemente utilizados. Embora suas especificações de memória (como *caches* menores e RAM DDR4 a 2400 MHz) sejam inferiores às do PC Novo (com DDR5 a 4400 MHz), o sistema ainda demonstra um gerenciamento eficiente dos dados. As transições entre os níveis são visíveis tanto na latência quanto na largura de banda, embora o desempenho geral fique abaixo de máquinas modernas.

2.4.2 Sandra e CrystalDiskMark - HD/SSD/Pendrive

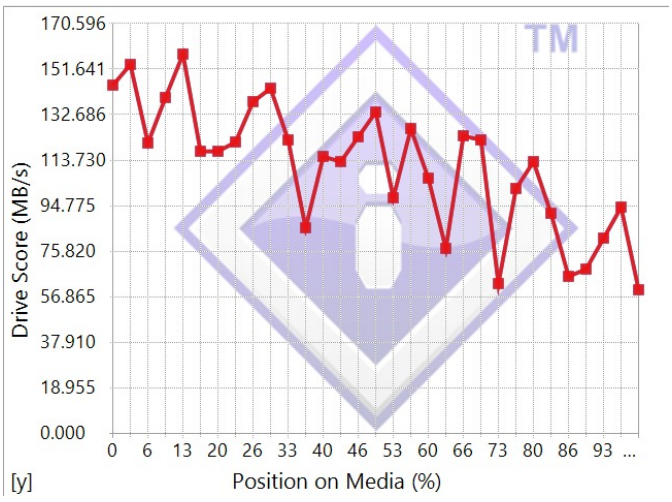


Figura 9: Gráfico de desempenho – HD

O gráfico é representado em: “Leitura/Escrita em MB/s” (eixo y) (velocidade de leitura/escrita) por “posição na mídia” (eixo x) (posição física dos dados no disco rígido).

Como podemos observar no gráfico e com base no conhecimento transmitido nas aulas, logo no início do gráfico pode-se notar uma velocidade mais alta, nos primeiros 13% da mídia. Isso acontece porque a cabeça de leitura/gravação está acessando as trilhas mais externas do disco, que são formatadas com um maior número de setores por trilha,

devido à área maior na circunferência, o que permite mais dados lidos por rotação e, consequentemente, maior taxa de transferência em comparação com o centro.

À medida que avançamos para posições mais internas do disco (do meio para o final do gráfico), a velocidade vai diminuindo gradativamente. Isso ocorre porque as trilhas internas possuem menos setores e, portanto, menor aproveitamento da rotação. Apesar de algumas oscilações ao longo do gráfico, a tendência geral é de queda de desempenho.

Essas flutuações no meio do gráfico podem ser devido a fatores como fragmentação de dados, variações na densidade de armazenamento ou movimentações adicionais da cabeça de leitura, o que afeta pontualmente a velocidade de leitura/escrita. Ou, mais possivelmente, podem ser um sinal de que o disco está se degradando fisicamente, ou seja, pode estar começando a falhar (morrendo). Esse tipo de comportamento é comum em *HDs* mais antigos ou que apresentam setores defeituosos.

Comparando o HD e a memória RAM, para melhor exemplificar essa hierarquia de memória. A RAM é eletrônica: ela guarda as informações em pequenos *chips* e consegue acessá-las quase que instantaneamente, mesmo que abaixo dos *caches* que são bem mais rápidos, como mostrado nos gráficos anteriores. Já o HD, além de estar abaixo na hierarquia das memórias em relação à memória RAM, funciona de forma mecânica. Ele é como um toca-discos: ele tem um prato girando a milhares de rotações por minuto (RPM) e uma agulha (chamada de "cabeça de leitura") que precisa se mover fisicamente até o local certo do disco para ler o dado. Esse processo leva milissegundos, o que pode parecer pouco, mas é milhões de vezes mais lento do que o acesso da RAM. Até porque, além de localizar a trilha certa, o disco precisa dar toda uma volta até o dado passar por baixo da cabeça de leitura.

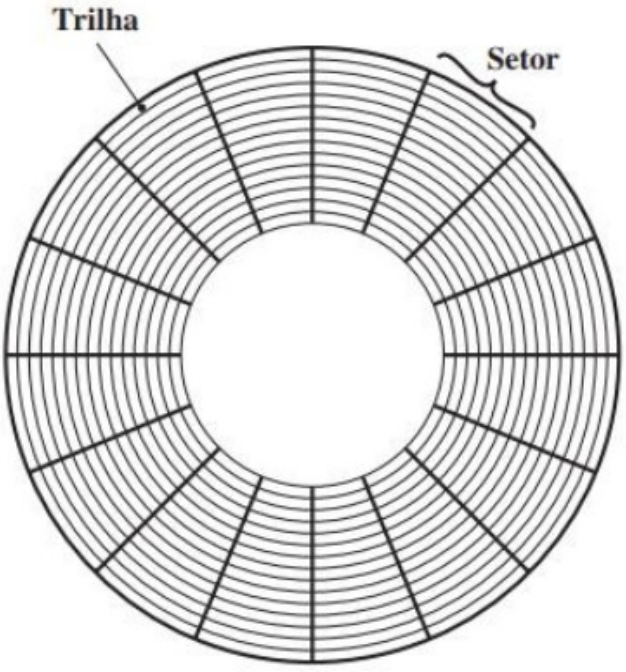


Figura 10: HD

A superfície é dividida em uma série de zonas concêntricas. Cada zona contém várias trilhas contíguas, em geral em milhares. Dentro de uma zona, o número de bits por trilha é constante. As zonas mais distantes do centro contêm mais bits (mais setores) do que as zonas próximas do centro.

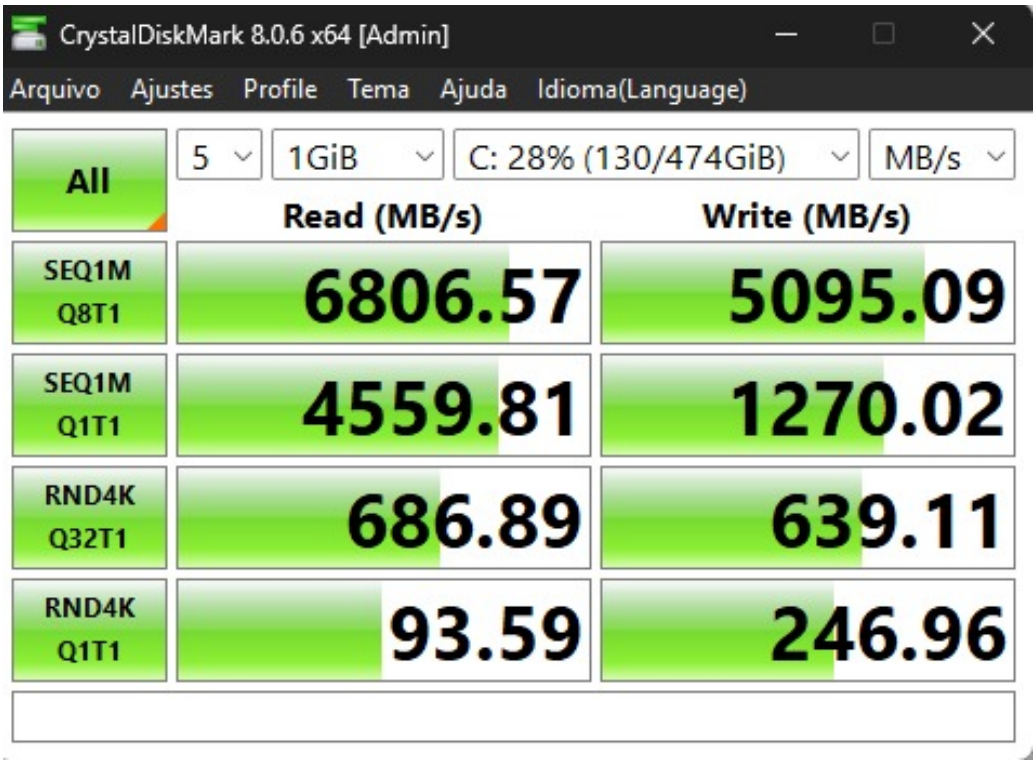


Figura 11: Desempenho – SSD

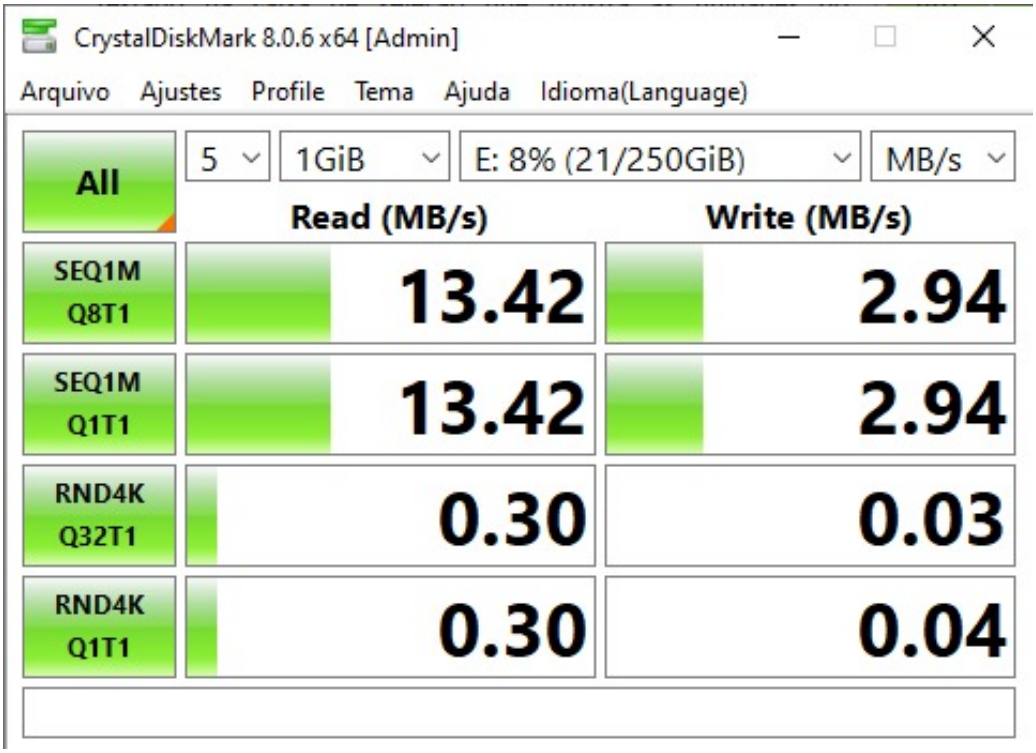


Figura 12: Desempenho – Pendrive

Informações principais: "Read (MB/s)" (velocidade de leitura) e "Write (MB/s)" (velocidade de escrita).

Olhando para o teste do SSD, os resultados para SEQ1M Q8T1 as velocidades de leitura foram de 6806,57 MB/s e 5095,09 MB/s para escrita. Já no cenário SEQ1M Q1T1

a leitura atingiu 4559,81 MB/s e a escrita 1270,02 MB/s. No RND4K Q32T1 a leitura foi de 686,89 MB/s e a escrita de 639,11 MB/s. Para o RND4K Q1T1 os resultados foram de 93,59 MB/s para Leitura e 246,96 MB/s para Escrita.

Esse teste do SSD mostra claramente se tratar de um SSD NVMe ao exibir como resultado valores com mais de 6800 MB/s em leitura sequencial e 5095 MB/s em escrita, números muito acima do limite dos SSDs SATA, que chegam a no máximo 600 MB/s. Esses dados confirmam que o SSD testado utiliza a interface NVMe sobre barramento PCIe, que é capaz de aproveitar múltiplas pistas simultâneas e comunicação em alta velocidade ponto a ponto, ou seja, vai direto do controlador para o dispositivo e vice-versa, sem intermediários ou compartilhamento. Além disso, o protocolo NVMe foi desenvolvido justamente para resolver as limitações do AHCI (usado nos SATA), que foi pensado para HDs e não para memória *flash*. Com o NVMe, os SSDs se comunicam de forma muito mais eficiente. Resultado: menos *overhead*, múltiplas filas de requisição de I/O e menor latência.

Nas operações de Leitura e Escrita Sequencial (SEQ1M), o *pendrive* mostrou uma Leitura de 13,42 MB/s e Escrita de 2,94 MB/s tanto para a configuração Q8T1 quanto para Q1T1. Já nas operações de Leitura e Escrita Aleatória (RND4K), o desempenho do *pendrive* é significativamente inferior. Mostra uma Leitura de 0,30 MB/s para ambas as configurações Q32T1 e Q1T1, enquanto a Escrita é de 0,03 MB/s para Q32T1 e 0,04 MB/s para Q1T1, valores que tornam o uso totalmente inviável para tarefas que exigem vários acessos rápidos. Os valores estão dentro do esperado se estiver se tratando de uma interface USB 2.0, cuja limitação é: "USB 2.0 ou USB 'Hi-Speed' (2000): Taxa teórica: 480 Mb/s. Taxa 'prática': aprox. 35 MB/s. Modo de transferência: Half-duplex". Por ser um modelo de fontes duvidosas, não se há um dado para poder comparar com outro *pendrive* da linha. (slides Giraldeli cap 5)

Comparando os valores que obtivemos neste estudo com um HD tradicional como o HD18, que alcança em média de 120 a 150 MB/s de leitura sequencial, o SSD chega a ser mais de 40 vezes mais rápido, enquanto o *pendrive* mal alcança 10% do desempenho de um HD mecânico. Isso mostra que, além da velocidade de leitura e escrita, o tipo de conexão e o protocolo de comunicação impactam profundamente o desempenho.

Embora o SSD, à primeira vista, pareça ser a melhor opção, é importante lembrar que cada tipo de memória possui suas próprias vantagens. A escolha ideal depende de diversos fatores, como o orçamento disponível e a finalidade do uso. O HD, por exemplo, mesmo sendo mais lento, é significativamente mais barato e oferece maior capacidade de armazenamento, o que o torna uma boa opção para guardar grandes volumes de dados que não são acessados com frequência. Já o SSD, por ser mais rápido, é ideal para armazenar arquivos e programas que exigem acesso rápido. Além disso, dispositivos como *pendrives* podem ser úteis para transportar arquivos de forma prática entre diferentes locais. Uma estratégia eficiente pode ser a combinação dessas mídias: usar o SSD para dados de uso frequente, o HD para arquivos mais pesados e menos acessados, e o *pendrive* para mobilidade.

2.5 Atividade 5: Avaliando o desempenho em computação gráfica

2.5.1 Cinebench R23

Esse teste mede o desempenho de um computador em computação gráfica, especificamente renderização 3D. O software *Cinebench R23* foi utilizado. Esse software foi desenvolvido pela Maxon, a mesma empresa que desenvolve o software de modelagem e *rendering Cinema 4D*.

Para esta análise, executamos os testes na versão R23 do Cinebench, conforme as orientações: *Single Core*, *Multi Core* utilizando o número máximo de núcleos físicos (ou P-Cores no caso da Intel híbrida), e *Multi Core* utilizando o número máximo de núcleos lógicos (*threads*) do processador. Os resultados foram registrados na TABELA 5, focando nas pontuações (*scores*) geradas.

Tabela 6: Resultados do Cinebench R23

Cinebench Benchmark			
Testes e avaliações	**PC Novo**	**PC Velho**	**Comparação (PC Novo / PC Velho)**
Single Thread	2143	926	2,31
Multithread (Máx. Núcleos Físicos)	13678	6159	2,22
Multithread (Máx. Núcleos Lógicos)	19091	8326	2,29
Speedup	6,38	6,65	-
Ganho do SMT/HT (em %)	39,57%	35,18%	-

Esse teste funciona com uma série de cálculos e etapas de geração de modelos, cálculo de sombras, reflexos, iluminação, aplicação de *shaders*, entre outros. É um tipo de teste que executa diversas instruções matemáticas para gerar uma imagem no final; esse processo é chamado de renderização. E é, historicamente, muito pesado e custoso computacionalmente. Estima-se que no filme *Toy Story* (1995), que foi o primeiro filme longa metragem completamente animado por computadores da história (se você ignorar o VERDADEIRO primeiro filme 100% animado que é brasileiro, *Cassiopeia*), a Pixar levou 800.000 horas no total para animar cada uma das 114.240 imagens (quadros) que compunham os 77 minutos de filme. O resultado do teste Cinebench é dado num *score*.

Embora placas de vídeo sejam tradicionalmente usadas para renderizações gráficas intensivas, o Cinebench R23 é um *benchmark* que testa exclusivamente a *performance* da CPU.

Placas de vídeo, também chamadas de Graphics Processing Units (GPUs), seriam especialmente úteis nesse teste, pois foram feitas desde o princípio para acomodar a série de operações matemáticas que são executadas paralelamente para gerar a imagem no final. O computador tem que calcular como cada *pixel* ficaria, e até mesmo podendo ser mostrado visualmente quando o teste roda (quanto mais cores, mais quadradinhos geram a imagem), cada parte da imagem pode ser calculada em paralelo, e é exatamente nisso que uma placa de vídeo se dá bem. Uma GPU é, basicamente, vários processadores, mais simples, mas mais numerosos, que são ótimos em paralelismo. Por esse motivo GPUs são tão interessantes para jogos, pois um jogo passa por um processo de renderizar uma cena várias vezes por segundo. Apesar disso, o objetivo desse teste em específico não vai ser usar uma GPU para renderizar a imagem, mas sim uma CPU. A RAM também tem certa

importância para o teste; no caso da GPU seria uma VRAM, mas como estamos testando um processador, a RAM vai ser utilizada. Ter mais RAM pode ajudar em situações com cargas maiores ou múltiplos processos concorrentes, embora não seja o principal gargalo neste *benchmark*.

Comparação

No geral, por ser um teste com operações intrinsecamente paralelas, ele vai testar principalmente o desempenho *multi core* do processador. Isso significa que, apesar de um processador poder ter um desempenho *single core* massivamente melhor que outro, ele não necessariamente iria renderizar uma imagem mais rapidamente.

O processador mais novo (i9 14900) tem desempenho *single core* bastante superior se comparado com o processador antigo; muito provavelmente ele consegue executar mais instruções por ciclo, e tem uma frequência um pouco maior, fazendo ele conseguir executar os cálculos mais rapidamente. A diferença em *single core* é bem grande, com o computador mais novo tendo uma pontuação mais de duas vezes maior do que o computador antigo.

Executando os testes no modo *Multithread* (Máx. Núcleos Físicos), podemos ver um ganho de velocidade muito acentuado em ambos processadores, evidenciando o paralelismo intrínseco da aplicação. Caso fosse um programa que não fosse massivamente paralelo e precisasse ser executado de forma sequencial, de acordo com a Lei de Amdahl, teríamos um *speedup* bem menor, podendo até mesmo ser desprezível para uma aplicação intrinsecamente sequencial, como o cálculo de um número da sequência de Fibonacci. Mas não foi o caso, pois o *speedup* foi de mais de 6 em ambos os computadores.

A diferença entre os dois processadores no *multithread* ainda é óbvia, com o processador novo se saindo bem melhor. Mas fica ligeiramente menos acentuada, provavelmente pelo motivo do desempenho *single thread* e *multi thread* de cada um não se compararem de forma proporcional. Mas o computador novo ainda é 2 vezes melhor no teste.

No modo *Multithread* (Máx. Núcleos Lógicos), ativamos todos os núcleos (inclusive os núcleos de eficiência "E-cores" e os lógicos), temos uma melhora de 39,57% no computador novo e 35,18% no computador velho. Isso mostra que os núcleos lógicos do SMT não podem ser equiparados com o verdadeiro paralelismo dos núcleos físicos, e a adição desses núcleos não batem perfeitamente com a lei de Amdahl, mas mesmo assim, o aumento de desempenho não pode ser desprezado. E ele poderia até ser melhor, mas especulamos que por conta de todos os núcleos do processador estarem em constante estresse e sempre ocupados com alguma instrução, a distribuição de carga pode ser impactada, por conta da complexidade de algumas operações. Também pela heterogeneidade dos núcleos (P-Cores e E-Cores) e seus *caches* compartilhados, o que pode levar a pequenas variações de desempenho entre *threads*.

Rodando no modo *single thread*, podemos ver apenas um quadradinho iterando sobre a área da imagem para renderizá-la, enquanto quando rodamos nos modos *multi thread*, podemos ver vários quadradinhos, representando os núcleos que ativamos, evidenciando o paralelismo na geração da imagem.

Às vezes, um quadrado particular leva mais tempo que outros. Isso se dá principalmente por conta da complexidade de cada parte da cena: um *shader* mais pesado pode estar sendo executado, reflexos, transparência, entre outros. Mas também pode ser causado pela heterogeneidade dos núcleos, por exemplo os núcleos E da Intel são mais lentos.

2.5.2 V-Ray Benchmark

O V-Ray utiliza a tecnologia de traçado de raios (*Ray Tracing*) para a renderização, uma técnica que simula o comportamento físico da luz. Nela, raios de luz são "lançados" virtualmente do ponto de vista da câmera (ou de cada *pixel* da imagem) para a cena. Ao interagir com os objetos (refletindo, refratando, ou sendo bloqueados por sombras), o processador calcula a trajetória e a cor final de cada *pixel*, resultando em imagens altamente realistas. Esta é uma técnica computacionalmente intensiva, contrastando com a rasterização (que é usada no Cinebench) e é intrinsecamente paralela, beneficiando-se imensamente de processadores com alto desempenho *multithread*.

Tabela 7: Resultados do V-Ray Benchmark

V-Ray Benchmark			
Teste	**PC Novo**	**PC Velho**	**Comparação (PC Novo / PC Velho)**
V-ray Score (ksamples)	27593	8394	3,29

O PC novo, nesse teste, foi melhor em muitas ordens. Principalmente pela grande quantidade de *threads*, portanto, a diferença entre eles foi de 3.29. Ambos os processadores atingiram aproximadamente 100% de utilização durante a execução do teste, o que era esperado devido à natureza intensiva da renderização por CPU. Em contrapartida, o uso da memória RAM não chegou a 100%. Isso ocorre porque, após o carregamento inicial da cena na memória, os dados de renderização, sendo de uma cena estática e que não vai mudar, não demandam expansões contínuas significativas de alocação de memória RAM, focando mais nos cálculos da CPU.

Esse teste, diferente do Cinebench, tem uma duração fixa de minuto, e vai, cada vez, diminuindo o ruído da foto, colocando mais detalhes. Isso é bastante comum para motores de renderização baseados em traçado de raios. Se você abrir o *Blender*, por exemplo, e diminuir o *sampling*, ou seja, a amostragem de raios de luz, a imagem acaba ficando com mais ruídos, mas renderiza mais rapidamente. Por isso, que, em um minuto, a qualidade da imagem gerada pelo PC novo é bem maior e mais nítida, pois ele consegue fazer mais cálculos em menos tempo.

Um exemplo, usando o Blender:



Figura 13: 1 Sample

Essa imagem está com apenas 1 *sample*, e fica extremamente ruidosa. Pois nem todos os raios foram calculados, e ficam algumas lacunas. No geral, a imagem levou 1,57 segundos para renderizar.



Figura 14: 2 Sample

Esse segundo usou 200 *samples*, e levou 1 minuto e 47 segundos para renderizar. A imagem fica muito mais nítida, e sem ruídos.

Esse problema com ruídos é observado até em jogos que usam a tecnologia de *ray tracing*, e para contornar esses problemas, sem ter que aumentar o *sampling* (e poder gerar quadros mais rápidos), são usadas técnicas de IA de *denoising*.

2.6 Atividade 6: Avaliando a influência de instruções especiais em criptografia

Tabela 8: Resultados do VeraCrypt Benchmark

VeraCrypt Benchmark						
Descrição	**Sem Aceleração AES (GB/s)**		**Com Aceleração AES (GB/s)**		**Ganho Aceleração AES (x vezes)**	
	PC Novo	**PC Velho**	**PC Novo**	**PC Velho**	**PC Novo**	**PC Velho**
Single Thread	0,421	0,19	1,5	0,984	3,56	5,18
Multithread	5,5	1,9	14,6	5,04	2,65	3,63
Ganho Multithread (x vezes)	13,06	10,00	9,73	7,01	-	-

Tabela 9: Comparações entre os resultados do VeraCrypt

VeraCrypt Benchmark - Tabela Comparativa				
Descrição	**Sem Aceleração AES**		**Com Aceleração AES**	
	Single Thread	**Multithread**	**Single Thread**	**Multithread**
PC Novo	0,421	5,500	1,500	14,600
PC Velho	0,190	1,900	0,984	5,040
Comparação (x vezes)	2,22	2,89	1,52	2,90

Conceitos

A análise dessa atividade se baseia em um teste de desempenho feito no VeraCrypt. Nesta tabela podemos ver o desempenho de cada computador utilizando uma *thread*, múltiplas *threads* e ele tendo, ou não, uma aceleração no *hardware* para a criptografia e descriptografia de dados utilizando o algoritmo AES.

Advanced Encryption Standard (AES) é um algoritmo de criptografia simétrica de blocos, um dos mais populares e adotados algoritmos no mundo da criptografia. Ele opera em blocos de dados de 128 *bits* e pode usar chaves de 128, 192 ou 256 *bits*.

A escolha da chave de 128 *bits*, por exemplo, significa que existem 2^{128} possíveis chaves únicas, tornando o processo de quebra da criptografia extremamente difícil e demorado, mesmo com os recursos computacionais modernos. Isso proporciona um alto nível de segurança para os dados criptografados usando o AES.

As operações de criptografia em geral possuem cálculos matemáticos muito longos e repetitivos, o que resulta em um processo um tanto demorado. Como podemos reparar na tabela, há diferença dos resultados do desempenho dos computadores com aceleração e sem; por essa razão muitas fabricantes, como a Intel e a AMD, constroem seus processadores contendo instruções especiais AES-NI para acelerar as operações AES. Vale destacar que esse processo é feito não apenas para operações AES mas também muito usado para jogos, vídeos, cálculos, geração 3D e outras coisas mais usadas no dia a dia.

Vale também destacar que o algoritmo AES, por trabalhar com blocos de dados, pode ser processado em paralelo, o que permite acelerar ainda mais quando usamos múltiplas

threads. Isso faz com que o desempenho aumente bastante, principalmente em processadores com vários núcleos. Além disso, esse desempenho é medido em gigabytes por segundo (GB/s), conhecido como *throughput*, que basicamente mostra quanta informação pode ser criptografada em cada segundo.

O termo *multithread* significa usar várias "linhas de execução" ao mesmo tempo dentro de um processador. Em vez de fazer uma tarefa de cada vez (como no *single thread*), o sistema divide o trabalho em pedaços menores e distribui entre vários núcleos do processador, permitindo que tudo seja feito mais rápido. No caso da criptografia, isso faz muita diferença. Como o algoritmo AES trabalha com blocos de dados, ele consegue processar vários blocos ao mesmo tempo. Então, quando o computador usa múltiplas *threads*, ele basicamente está criptografando e descriptografando vários trechos de informação em paralelo. Isso é especialmente útil em sistemas com processadores modernos que possuem 4, 8, 16 ou até mais núcleos. Cada núcleo pode cuidar de uma *thread*, o que aumenta bastante o desempenho. Por isso, na tabela de testes de desempenho, é possível ver um ganho enorme de velocidade quando comparamos o modo *single thread* com o *multithread*, mesmo sem aceleração de *hardware*. Além disso, o uso de *multithread* deixa o sistema mais eficiente, porque ele consegue aproveitar melhor todo o poder do processador. Isso se reflete diretamente na vazão de dados que aumenta bastante quando todas as *threads* estão sendo usadas ao mesmo tempo.

Análise

Voltando para a análise da tabela, podemos perceber o salto gigantesco de desempenho nos computadores ao utilizar a aceleração, tanto em *single thread* quanto em *multithread*.

Um ponto interessante de se ressaltar é a diferença de ganho entre o PC novo e o PC velho, onde vemos que o PC velho foi o que mais se beneficiou dessa aceleração, apesar do PC novo ser mais rápido do que o velho. Isso sugere que a aceleração por *hardware* ajuda a "nivelar"um pouco o desempenho entre *hardwares* de gerações diferentes quando se trata de tarefas otimizadas e também pode indicar que o PC velho, por ser mais antigo e talvez menos eficiente em outras áreas, se beneficia proporcionalmente mais de ter uma instrução otimizada para uma tarefa específica como a criptografia.

Outro ponto muito importante que podemos observar é a diferença entre o desempenho em *Single Thread* e *Multithread*. Em ambos os computadores, tanto o novo quanto o velho, os testes mostraram ganhos expressivos ao utilizar múltiplas *threads*. Esse comportamento é esperado, já que o uso de múltiplas *threads* permite aproveitar melhor os núcleos do processador, dividindo a carga de trabalho e paralelizando as operações de criptografia e descriptografia.

No caso do PC Novo, o desempenho saltou de 0,421 GB/s para 5,5 GB/s sem aceleração AES, o que representa um ganho de aproximadamente 13 vezes. Com a aceleração AES ativada, esse ganho foi um pouco menor, indo de 1,5 GB/s para 14,6 GB/s, ou seja, um ganho de cerca de 9,7 vezes. Isso mostra que o ganho do *multithread* ainda é significativo mesmo quando já existe uma otimização por *hardware*. Já o PC Velho também apresentou ganhos, embora ligeiramente menores: sem aceleração, foi de 0,19 GB/s para 1,9 GB/s (ganho de 10 vezes), e com aceleração, de 0,984 GB/s para 5,04 GB/s, um ganho de cerca de 7 vezes. Isso pode estar relacionado com limitações do próprio *hardware* antigo em lidar com múltiplas *threads* de forma tão eficiente quanto o novo. O uso de *multithread* melhora muito o desempenho, especialmente quando o sistema precisa lidar com tarefas pesadas como criptografia. E mesmo com aceleração por *hardware*, os ganhos do paralelismo

continuam sendo muito relevantes. Esse tipo de análise mostra o quanto a arquitetura do processador e o suporte a múltiplos núcleos influenciam diretamente no resultado final.

2.7 Atividade 7: Comparando diferentes tipos de computadores usando um índice comum

A Atividade 7 propõe uma comparação de desempenho entre três dispositivos: um computador novo com processador Intel Core i9-14900, um computador antigo com processador AMD Ryzen 7 2700 e um *smartphone* Samsung Galaxy S24 FE. Para realizar esses testes, utilizamos o *software Geekbench*, que é projetado para medir o desempenho do sistema. Isso é possível graças aos *benchmarks*, que fazem diagnósticos completos por meio de varreduras nos componentes do sistema, avaliando o potencial do processador e a *performance* da memória.

Modelo do smartphone usado: Samsung Galaxy S24 FE

2.7.1 Geekbench

Tabela 10: Resultados Combinados do Geekbench

Geekbench									
TESTES	**PC Novo**			**PC Velho**			**Smartphone**		
	Single-Core	**Multi-Core**	**Speedup**	**Single-Core**	**Multi-Core**	**Speedup**	**Single-Core**	**Multi-Core**	**Speedup**
Score Geral	**2869**	**17491**	**6,10**	**1170**	**5687**	**4,86**	**1727**	**5577**	**3,23**
File Compression	2769	8676	3,13	1644	3415	2,08	1665	4028	2,42
Navigation	2473	21091	8,53	1520	6918	4,55	1744	6679	3,83
HTML5 Browser	2677	19121	7,14	1256	6620	5,27	2359	6670	2,83
PDF Renderer	2840	21392	7,53	1381	8518	6,17	2227	6743	3,03
Photo Library	2870	22730	7,92	879	5956	6,78	684	6821	9,97
Clang	2922	38192	13,07	1270	10106	7,96	2442	6596	2,70
Text Processing	2947	3568	1,21	1022	1252	1,23	1784	1962	1,10
Asset Compression	2867	35763	12,47	1339	10403	7,77	1764	7348	4,17
Object Detection	2800	8993	3,21	425	2051	4,83	1908	4320	2,26
Background Blur	3640	16145	4,44	1186	6169	5,20	1474	4686	3,18
Horizon Detection	3282	22995	7,01	1810	9639	5,33	2123	8667	4,08
Object Remover	2875	20387	7,09	1290	6502	5,04	1584	3816	2,41
HDR	2779	16946	6,10	904	5957	6,59	1859	6003	3,23
Photo Filter	3028	12377	4,09	1285	4895	3,81	1667	6058	3,63
Ray Tracer	2796	44689	15,98	1302	11960	9,19	1373	7446	5,42
Structure from Motion	2805	19976	7,12	1232	6644	5,39	1839	7458	4,06

Tabela 11: Comparações dos resultados do Geekbench

Geekbench						
TESTES	**PC Novo x PC Velho**		**Novo x Smartphone**		**Velho x Smartphone**	
	Single	**Multi**	**Single**	**Multi**	**Single**	**Multi**
Score Geral	2,45	3,08	1,66	3,24	0,68	1,22
File Compression	1,68	2,54	1,66	2,15	0,99	0,85
Navigation	1,63	3,05	1,42	3,16	0,87	1,04
HTML5 Browser	2,13	2,89	1,13	2,87	0,53	0,99
PDF Renderer	2,06	2,51	1,28	3,17	0,62	1,26
Photo Library	3,27	3,82	4,20	3,33	1,29	0,87
Clang	2,30	3,78	1,20	5,79	0,52	1,53
Text Processing	2,88	2,85	1,65	1,82	0,57	0,64
Asset Compression	2,14	3,44	1,63	4,87	0,76	1,42
Object Detection	6,59	4,38	1,47	2,08	0,22	0,47
Background Blur	3,07	2,62	2,47	3,45	0,80	1,32
Horizon Detection	1,81	2,39	1,55	2,65	0,85	1,11
Object Remover	2,23	3,14	1,82	5,34	0,81	1,70
HDR	3,07	2,84	1,49	2,82	0,49	0,99
Photo Filter	2,36	2,53	1,82	2,04	0,77	0,81
Ray Tracer	2,15	3,74	2,04	6,00	0,95	1,61
Structure from Motion	2,28	3,01	1,53	2,68	0,67	0,89

Análise Geral

Observa-se um ganho substancial do PC novo em relação aos demais. Na análise da Score Geral, o desempenho *single-core* do Intel Core i9-14900 é 2,45× maior do que o do PC antigo, que utiliza o processador AMD Ryzen 7 2700. Em comparação com o smartphone Samsung Galaxy S24 FE, o PC novo é 1,66× maior. Já no teste *multi-core*, o PC novo também supera os demais, sendo 3,08× superior ao PC antigo e 3,14× maior que o smartphone. Isso demonstra um aumento significativo na eficiência, potência e arquitetura de cada núcleo individual, mostrando que o PC novo tem desempenho superior tanto em tarefas sequenciais quanto paralelas. Isso se deve à combinação de mais núcleos físicos, mais *threads*, *cache* maior e memória mais rápida.

File Compression

O PC novo foi 2,15× superior ao smartphone e 3,08× superior ao PC antigo (teste *multi-core*). A compressão exige alto uso de CPU (Unidade Central de Processamento), *cache* e largura de banda da RAM (Memória de Acesso Aleatório). O i9 se beneficia do *cache* L2 de 2 MB por núcleo e da memória DDR5 4400 MHz, que possui maior largura de banda. O uso de RAM em *dual-channel* (DDR5) aumenta a taxa de transferência de dados, diminuindo os gargalos de acesso à memória em aplicações de alto *throughput*. Com mais memória *cache* e paralelismo, o Intel Core i9-14900 acessa dados com mais rapidez e eficiência, auxiliado também pelo maior número de núcleos em comparação ao AMD Ryzen 7 2700 e ao smartphone.

Navigation / HTML5 Browser

O PC novo obteve 21.091 pontos no teste *multi-core*, contra 6.918 do PC antigo e 6.679 do smartphone. Este teste depende fortemente da latência da memória, execução rápida de JavaScript e responsividade do sistema. Embora muitas pessoas associem desempenho apenas à velocidade, este teste mostra que fatores como eficiência de execução de JavaScript, gerenciamento de memória, velocidade de renderização, consumo de energia e compatibilidade com tecnologias *web* modernas também são fundamentais.

Text Processing

Esse teste depende de acesso sequencial à memória e operações com *strings*. O Ryzen 7 2700, baseado na arquitetura Zen+ com blocos CCX (*Core Complex*), tem latência maior entre núcleos de diferentes CCX. Já o i9 conta com a tecnologia Intel Thread Director, que analisa o desempenho em tempo real para alocar as *threads* nos núcleos ideais, além de contar com *caches* L1 e L2 maiores por núcleo, reduzindo a necessidade de acesso à RAM e acelerando o processamento.

Object Detection / Horizon Detection / Structure from Motion

Estes testes são comuns em tarefas de inteligência artificial e visão computacional, envolvendo vetores, convoluções e redes neurais. O i9 tem suporte a instruções modernas como AVX2 (*Advanced Vector Extensions*) e FMA (*Fused Multiply-Add*), que permitem operações vetoriais paralelas e eficientes. Enquanto o Ryzen possui menos capacidade de paralelismo interno, o i9 executa mais operações por ciclo com menor latência, graças às suas ALUs (*Unidades Lógicas Aritméticas*) e FPUs (*Unidades de Ponto Flutuante*) mais avançadas.

Background Blur / HDR / Photo Filter / Ray Tracer / Object Remover

Estes testes combinam CPU + GPU, envolvendo cálculos vetoriais e gráficos. Ambos os PCs utilizam a mesma GPU (Unidade de Processamento Gráfico): a NVIDIA GeForce RTX 4060, porém o i9 entrega dados à GPU mais rapidamente. Isso se deve ao *cache* maior, à RAM DDR5 4400 MHz com quase o dobro da largura de banda da DDR4 2400 MHz do Ryzen e à arquitetura híbrida, que libera os P-Cores para tarefas pesadas, melhorando o desempenho por *watt* e reduzindo o aquecimento.

Smartphone

O Samsung Galaxy S24 FE utiliza a arquitetura ARM, que é otimizada para eficiência energética, ao contrário da arquitetura x86 dos PCs, focada em desempenho bruto. O Galaxy S24 FE tem um TDP (*Thermal Design Power*) de cerca de 15 a 25 W, comparado aos 65 W dos PCs, e não possui refrigeração ativa. Isso limita o *clock* dos núcleos, para evitar superaquecimento. Além disso, a RAM e sua largura de banda são limitadas por consumo e espaço físico, o que o impede de competir com PCs em tarefas que exigem desempenho contínuo e intensivo, como compressão *multi-core* ou renderizações longas. Entretanto, o *smartphone* se saiu melhor que o PC antigo em alguns testes específicos, especialmente em cargas *single-core* mais leves, como *Clang*, *Object Remover*, *Asset Compression* e *HTML5 Browser*, onde sua arquitetura moderna, *cache* eficiente, memória LPDDR5 e latência reduzida proporcionaram vantagem.

Esses resultados mostram como os dispositivos móveis vêm evoluindo, chegando a superar PCs mais antigos em tarefas pontuais — embora ainda fiquem atrás quando o assunto é potência bruta sustentada.

7.2 Speedometer 3.0

Speedometer 3.0 é um benchmark usado para medir o desempenho de navegadores mais modernos em tarefas comuns da web, como manipulação de DOM, execução de JavaScript e resposta a eventos. Ele mostra um score geral do sistema ao executar simulações de aplicações da web interativas.

Tabela 12: Resultados do Speedometer 3.0

Speedometer 3.0 (Scores)		
PC Novo	**PC Velho**	**Smartphone**
33,2	14,7	18,5
Speedometer 3.0 (Comparações)		
PC Novo x PC Velho	**PC Novo x Smartphone**	**PC Velho x Smartphone**
2,26	1,79	0,79

Neste teste, podemos ver que o PC novo obteve um desempenho de 33,2 pontos ao executar simulações na web, enquanto o PC velho teve apenas 14,7, e o smartphone, 18,5. O PC novo teve uma velocidade superior em relação aos demais, sendo 2,26x mais rápido que o PC velho e 1,79x mais rápido que o smartphone. Essa diferença de desempenho pode ser atribuída a vários fatores, sendo eles: frequências mais altas da CPU (Intel Core i9-14900 com boost de até 5,4 GHz), uso de memória DDR5 com maior largura de banda, melhor arquitetura de cache e melhor responsividade do sistema como um todo. Isso analisando o PC novo com os demais. Agora, por que o smartphone supera o PC velho? Por ser um dispositivo que usa arquitetura ARM, que foca na eficiência energética, alta responsividade e baixa latência em tarefas como navegação e interface gráfica, o smartphone acaba superando o PC velho quando se trata de testes de desempenho de navegadores. Porém, o smartphone ainda se mostra inferior ao PC novo. Mesmo assim, podemos ver que os smartphones estão evoluindo cada vez mais, ficando à frente dos PCs mais antigos em determinadas tarefas.

Tabela 13: Resultados do MotionMark

MotionMark 1.3 (Scores)			
Testes	**PC Novo**	**PC Velho**	**Smartphone**
Score Geral	**1763,8**	**999,7**	**1339,6**
Multiply	900,5	912,7	761,6
Canvas Arcs	9548,8	3193,6	8541,9
Leaves	4864,6	2334,4	2045,6
Paths	9463,6	3371,3	2635,9
Canvas Lines	46656,8	17107,6	33115,3
Images	25,4	131,5	43,9
Design	601,4	263,1	210,5
Suits	1932,7	609,6	747,9
MotionMark 1.3 (Comparações)			
Testes	**PC Novo x PC Velho**	**PC Novo x Smartphone**	**PC Velho x Smartphone**
Score Geral	**1,8**	**1,3**	**0,7**
Multiply	1,0	1,2	1,2
Canvas Arcs	3,0	1,1	0,4
Leaves	2,1	2,4	1,1
Paths	2,8	0,4	0,1
Canvas Lines	2,7	1,4	0,5
Images	0,2	0,6	3,0
Design	2,3	2,9	1,3
Suits	3,2	2,6	0,8

MotionMark 1.3 O MotionMark 1.3 é um benchmark usado para testar o desempenho gráfico de navegadores, avaliando a capacidade de renderização de gráficos 2D/3D, animações, canvas e operações vetoriais intensas. O PC novo obteve um desempenho superior aos demais novamente, alcançando um score geral 1,8x maior que o do PC velho e 1,3x maior que o do smartphone. O score geral do PC novo foi de 1763,8, o do PC velho foi de 999,7 e o do smartphone foi de 1339,6. O smartphone teve um desempenho 0,7x melhor que o do PC velho, mostrando que o smartphone tem uma boa otimização gráfica em comparação ao PC mais antigo.

Multiply O teste Multiply, no benchmark de desempenho gráfico, mede as movimentações e transformações básicas de elementos. Por ser um teste mais leve e pouco exigente graficamente, processadores (CPUs) mais antigos conseguem lidar bem com ele. Por conta de possíveis variações estatísticas e comportamento do driver, o PC velho conseguiu superar o PC novo, mesmo que a diferença não seja tão significativa.

Canvas Arcs O que mede: renderização de arcos e curvas com uso intensivo de canvas 2D. Este teste avalia o desempenho na renderização de arcos e curvas. Ele exige bastante da GPU (Unidade de Processamento Gráfico), com alta taxa de fill-rate e bom suporte

ao WebGL (Web Graphics Library). O PC novo conseguiu se destacar graças à sua GPU dedicada (RTX 4060) e ao alto clock do processador Intel Core i9-14900. Já o smartphone conseguiu superar o PC velho por possuir uma GPU ARM otimizada para gráficos 2D, como a Xclipse.

Paths Paths testa os traçados vetoriais complexos e interseções dinâmicas. Ele exige muito das operações vetoriais via GPU e do paralelismo. Como o PC novo possui uma GPU dedicada (que oferece mais potência e velocidade para tarefas como análise de dados, renderização de vídeos, aprendizado de máquina, entre outras), ele consegue lidar melhor com tarefas paralelas com alto desempenho. Já o PC velho torna-se inferior até mesmo ao smartphone, o que demonstra que GPUs móveis modernas estão mais otimizadas do que chips gráficos antigos da arquitetura x86.

Canvas Lines O que mede: desenho massivo de linhas no canvas 2D, com atualizações rápidas. Canvas Lines mede o desenho em larga escala de linhas no canvas 2D. Este teste exige alta largura de banda da memória RAM, acesso rápido à memória e GPU veloz. O PC novo apresentou desempenho 3,0x superior ao PC velho e 1,4x superior ao smartphone, devido à sua GPU dedicada, memória DDR5 dual-channel (que aumenta a taxa de transferência de dados) e cache mais eficiente com maior capacidade de armazenamento. Já o smartphone superou o PC velho com desempenho 1,9x melhor, o que demonstra que a RAM LPDDR5X (Low Power Double Data Rate 5X) dos smartphones é altamente eficiente para gráficos leves.

Suits (Composto Final) O teste Suits mede a performance geral combinando diversos cenários gráficos 2D. Nesse quesito, o PC novo leva vantagem sobre o PC velho, sendo 3,2x superior em desempenho, e superando o smartphone em 2,6x. Já o smartphone supera o PC velho em 0,8x, de acordo com a tabela. Este teste exige alta coordenação entre a CPU (Unidade Central de Processamento) e a GPU, além de uso eficiente do cache. Como sabemos, o PC novo é mais eficiente em cache do que os outros dispositivos. O Intel Core i9-14900 utiliza memória DDR5 (Double Data Rate 5) de 4400 MHz, com dual-channel ativo, oferecendo alta largura de banda e menor latência. Logo, o PC mais novo é superior nesse cenário. O smartphone se destaca em relação ao PC velho neste teste porque sua GPU ARM (Xclipse) é altamente otimizada para renderizações 2D leves e rápidas, e porque utiliza memória LPDDR5X (Low Power Double Data Rate 5X), que possui baixa latência e alta largura de banda.

sem os erros de antes e sem links porfavor

Atividade 8: Benchmark usando tarefas reais

8.1 Handbrake

Tabela 14: Resultados do Handbrake

Handbrake			
CODEC	**PC Novo (fps)**	**PC Velho (fps)**	**Comparação (PC Novo / PC Velho)**
H.264 (Software)	110,67	40	2,74
H.264 (Hardware)	394,73	122	3,24
H.265 (Software)	61,52	21	2,87

O *Handbrake* foi usado para converter os vídeos utilizando os *codecs* H.264 (*Advanced Video Coding*) e H.265 (*High Efficiency Video Coding*), via *software* e *hardware*. O *Handbrake* é um *software* que converte arquivos de vídeo e os comprime sem perda de qualidade. O resultado é expresso em FPS (*frames* por segundo). Podemos observar um desempenho amplamente superior do PC novo, chegando a 111 FPS com aceleração por *software* no *codec* H.264, contra 40 FPS no PC velho, com um ganho de 2,74×. Já no *codec* H.264 com aceleração por *hardware*, o PC novo apresentou um ganho de 3,24×, e por fim, no *codec* H.265 via *software*, o PC novo teve um ganho de 2,87×. Esse resultado evidencia o impacto da CPU Intel Core i9-14900, que, com seus 32 *threads* (processos simultâneos de execução) — sendo 8 núcleos de *performance* (P-cores) + 16 núcleos de eficiência (E-cores) —, se destaca. A CPU conta com instruções avançadas como AVX2 (*Advanced Vector Extensions 2*) e FMA (*Fused Multiply-Add*), que ajudam a garantir um paralelismo mais eficiente nesse caso. Além disso, a memória DDR5 (*Double Data Rate 5*) a 4400 MHz (*megahertz*) contribui para um maior *throughput* (taxa de transferência de dados) durante o processo de codificação. Já na codificação por *software*, o PC novo demonstrou vantagens claras, mostrando que mesmo em tarefas *CPU-bound* (limitadas pelo desempenho do processador), o processador mais recente mantém a liderança sobre o AMD Ryzen 7 2700, que possui menos núcleos físicos, menos *threads*, e litografia de 12 nm (*nanômetros*), resultando em menos transistores. Isso acarreta maior consumo de energia, menor frequência máxima (*boost clock*) e menos *cache*, dificultando o acesso rápido a dados.

8.2 Foobar2000

Tabela 15: Resultados do Foobar2000

Foobar2000			
CODEC	**PC Novo (x realtime)**	**PC Velho (x realtime)**	**Comparação (PC Novo / PC Velho)**
MP3	1669	906	1,84
AAC	3661	1873	1,96
APE	412	169	2,43
FLAC	1962	977	2,01

Este é um teste de conversão de arquivos. Para esse teste, utilizamos o *software Foobar2000*, que é um reprodutor de áudio (*player*) para Windows. Um dos objetivos principais do programa é proporcionar maior fidelidade durante a reprodução de arquivos de áudio. Neste teste, o desempenho foi medido em relação ao tempo real (*x realtime*) usando os *codecs* MP3 (*MPEG Audio Layer III*), AAC (*Advanced Audio Coding*), APE (*Monkey's Audio*) e FLAC (*Free Lossless Audio Codec*). Mais uma vez, podemos ver que o PC novo é superior ao antigo. No *codec* AAC, houve uma diferença de 1,96× em relação ao PC velho. Já no *codec* APE, a diferença foi ainda maior, com um ganho de 2,43×, indicando que, quando a carga computacional é mais alta, o *hardware* recente se distancia ainda mais em desempenho. Apesar da diferença ser menor quando comparada à tabela de testes do *Handbrake*, o resultado mostra que, mesmo em tarefas menos paralelizáveis, como algumas conversões de áudio, o PC novo se destaca novamente. Isso se deve ao maior *clock* (frequência de operação) do Intel Core i9-14900 em relação ao AMD Ryzen 7 2700, além do fato de o PC novo possuir mais *cache* (memória de acesso rápido), permitindo acesso mais rápido aos dados, e também acesso mais eficiente à memória do sistema, o que contribui para o desempenho superior do novo equipamento.

3 Conclusão

A partir da análise comparativa realizada entre os dois computadores, foi possível observar como a diferença temporal entre os componentes influencia diretamente no desempenho geral das máquinas. O computador mais novo, contendo um Intel i9 14900, o qual compõe o topo dos processadores para desktops atuais, apresentou melhor desempenho nos testes, por vezes o dobro de seu opositor; entretanto, mostrou que isso foi à custa de um aumento no consumo energético e, também, da eficiência energética, fator em que o AMD Ryzen 7 2700 se sobressaiu. Além disso, em testes como o Fritz Chess e WinRAR, embora o Intel i9 14900 tenha atingido os maiores scores absolutos, o Ryzen 7 2700 demonstrou melhor escalabilidade proporcional com o aumento das threads, aproveitando seus recursos de forma mais linear até certo ponto.

Este trabalho, a partir dos dados obtidos, conseguiu mostrar, na prática, teorias muito bem consolidadas, como a Lei de Moore e a Lei de Amdahl, ou até mesmo relações de velocidade em dispositivos de memória, como os HDs, e sua tendência à redução de velocidade ao se aproximar do centro do disco.

Além disso, a influência das organizações, arquiteturas atuais e decisões mercadológicas demonstrou ser um fator importante na análise aprofundada do problema, ao tratar da possibilidade de aprimoramento de peças que foram desprezadas.

Portanto, este trabalho mostrou-se efetivo na análise de todo um escopo técnico relacionado à construção, funcionamento e desempenho de um computador moderno. A comparação prática entre os dois sistemas não apenas evidenciou o avanço da tecnologia, como também trouxe reflexões relevantes sobre a viabilidade de se manter, atualizar ou substituir equipamentos conforme suas especificações e finalidade de uso.

Link para o vídeo: https://youtu.be/PrbvZGO5H7w