

TI Verde: Estudo e implementação de determinadas opções para refrigeração de computadores com foco em analisar o resfriamento adequado

Eduardo Kejelin Pacheco ¹ Sergio Coral ² Kristian Madeira ³

Resumo: Esta pesquisa buscou determinar a melhor opção de refrigeração para computadores, considerando aspectos como desempenho, custo-benefício e finalidade de uso. Foram comparados dois tipos de refrigeração: ar (*cooler*) e água (*watercooler*), através de simulações de uso em um computador, registrando as temperaturas dos componentes. O objetivo é avaliar a melhor opção para uso comum, considerando o investimento e o desempenho. Os resultados apontaram que a refrigeração à água oferece temperaturas mais constantes, temperatura média superior com desvio padrão menor, porém a um custo maior, enquanto a refrigeração a ar apresenta temperaturas amenas, maior variação de temperaturas e um melhor custo-benefício para usuários comuns.

Palavras-chave: TI verde; Refrigeração de computadores; *Cooler*; *Watercooler*.

ABSTRACT: This research sought to determine the best cooling option for computers, considering aspects such as performance, cost-benefit and purpose of use. Two types of cooling were compared: air (*cooler*) and water (*watercooler*), through simulations of use in a computer, recording the temperatures of the components. The objective is to evaluate the best option for common use, considering investment and performance. The results showed that water cooling offers more constant temperatures, a higher average temperature with a lower standard deviation, but at a higher cost, while air cooling offers milder temperatures, a higher temperature variation and a better cost-benefit ratio for ordinary users.

Keywords: Green IT; Computer cooling; Cooler; Watercooler

¹eduardo.kejelin02@unescc.net

²sergiocoral@unescc.net

³kristian@unescc.net

1 INTRODUÇÃO

A área de Tecnologia da Informação Verde, ou "TI Verde", tem emergido como uma resposta à necessidade de reduzir o impacto ambiental das atividades de TI. Neste contexto, este trabalho se propõe a explorar o cenário da TI Verde, com foco na eficiência energética e na refrigeração de computadores, que são alguns dos principais desafios. Na linguagem dos executivos, a TI Verde tem sido associada a tecnologias e iniciativas que visam reduzir os custos de energia, refrigerar e melhorar a eficiência operacional (Rasmussen, 2011)

A emissão de carbono de dispositivos conectados à internet representa cerca de 3,7% das emissões globais de gases do efeito estufa. Esse valor é semelhante à quantidade produzida pela indústria de aviação em nível mundial, e a estimativa é que essas emissões dobrem até 2025 (Griffiths, 2020).

A constante evolução dos computadores e o aumento da demanda por desempenho levaram a um crescimento no consumo de energia e a geração de calor excessiva. As CPU's atingiram o patamar de diversas operações por segundo, permitindo a implementação de muitas tarefas atualmente (Gugik, 2009). A refrigeração adequada tornou-se não apenas uma necessidade técnica, mas também uma preocupação ambiental. Este trabalho visa avaliar duas soluções de refrigeração - o *cooler* e o *water-cooler* - em termos de custo-benefício e impacto ambiental. Para atingir esse objetivo, serão realizados testes abrangentes em um ambiente controlado, abordando diferentes cargas de trabalho, desde o uso cotidiano até situações de estresse computacional.

Ao final deste estudo, espera-se fornecer resultados valiosos para indivíduos, empresas e profissionais de TI que buscam soluções de refrigeração que atendam tanto às necessidades de desempenho quanto aos objetivos de sustentabilidade ambiental. Buscar a sustentabilidade ambiental não significa abandonar o pensamento econômico, pois a economia trata da alocação de recursos escassos, como energias livres de emissão de gases e componentes eletroeletrônicos, que são particularmente escassos (Chen; Boudreau; Watson, 2008)

Para esta finalidade, serão avaliadas as duas soluções de solução mencionadas em um computador. Serão executados testes com a máquina no modo ocioso, ou seja, uso comum, e também simulações de estresse, em que a máquina é obrigada a utilizar 100% do seu processa-

dor, atingindo assim seus picos mais elevados de temperatura. Com estes testes será possível encontrar as temperaturas atingidas e coletar via software. Posteriormente, será realizada uma análise dos resultados obtidos para validar a solução de refrigeração que apresentou os melhores resultados em termos de manutenção da temperatura ideal, custo e desempenho performado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para elaborar este trabalho, foram pesquisados estudos semelhantes para demonstrar que os resultados podem variar de acordo com as tecnologias e metodologias.

O trabalho de Lopes e Júnior, tem como objetivo analisar as diferenças entre a refrigeração à ar e água. O estudo apresenta um breve resumo do funcionamento de ambas as técnicas de refrigeração, destacando a influência dos metais condutores em cada opção e explicando o processo de refrigeração dentro de um gabinete. Por fim, o estudo também realiza testes de estresse com cada tipo de refrigeração, capturando os dados utilizando os sensores dos próprios componentes através do software HWINFO64-v6.14 (Lopes; Júnior, 2019).

Os resultados obtidos por Lopes e Júnior concluem que o sistema de refrigeração por água apresenta uma maior eficiência comparado ao sistema por ar, e finaliza enfatizando que o *watercooler* deve ser utilizado quando houver a necessidade de um de um alto processamento e alta disponibilidade, pois estes sistemas trabalham sob altas taxas de *clock*, e isto significa que as temperaturas destes sistemas são maiores, sendo assim a alternativa ideal (Lopes; Júnior, 2019).

Ferrario (2019), tem como objetivo a análise em três tipos de refrigeração: ar, água e óleo. Faz uma alusão histórica aos microprocessadores, em que houve uma diminuição drástica no seu tamanho junto com uma crescente na capacidade de processamento na linha do tempo da computação. Para fazer a comparação dos três tipos foi realizado simulações de estresse em um computador enquanto coletava os dados de temperatura através do *Open Hardware Monitor* (Ferrario, 2019).

Os teste realizados resultaram em um melhor resultado para a refrigeração à ar. Entretanto foi ressaltado que o processador utilizada não possui uma boa adaptatividade a refrigeração à água, sendo que não possuía uma boa área de contato no processador para acoplar ao condutor da refrigeração por água (Ferrario, 2019).

Fazendo uma comparação entre estes dois trabalhos correlatos, pode-se observar que os resultados entre estes dois tipos de refrigeração (água e ar) podem ser muito variável, mesmo a refrigeração por *watercooler* sendo mais elitizada, ainda assim o *cooler* pode ter resultados similares ou até melhores dependendo a tecnologia e finalidade de uso do computador.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento desta comparação entre os dois métodos de refrigeração, ao ar e à água, foi realizado diversas baterias de testes, analisando o desempenho individual e coletando as temperaturas do processador.

Todos os dados foram obtidos utilizando o AIDA64 Extreme v7.20.6802 Trial Version, sem qualidade de captura da temperatura dos componentes do computador, além de possuir uma ferramenta para simular os testes de carga máxima do processador, utilizando 100% de capacidade, denominado como teste de estresse.

Durante os testes realizados o ambiente sempre esteve em uma temperatura média de 22°C, controlado pelo ar condicionado. O computador utilizado compõe-se de um processador Ryzar 5 5600x 3.7Ghz, fonte SuperFrame SF-B500FL 500W 80 Plus Bronze, dois pentes de 8gb de memória RAM 2133MHz e uma placa mãe Biostar A520mh 3.0 Amd Am4 Micro Atx Ddr4.

Após a coleta das temperaturas obtidas nos testes foi realizada uma análise comparativa aplicando o teste de Shapiro-Wilk e teste U de Mann-Whitney, realizados no IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 23.0, a fim de obter a maior precisão possível nos resultados finais.

3.1 Refrigeração à ar

A refrigeração a ar, fundamental para o resfriamento eficiente do processador em computadores, é um processo engenhoso que visa manter temperaturas operacionais ideais. Consiste basicamente em um dissipador térmico (um bloco de metal plano), uma ventoinha de tamanho proporcional ao dissipador, sendo ambos conectados ao processador através de uma pasta térmica que é responsável por conduzir o calor da pastilha do processador até o dissipador (Ferrario, 2019).

Este é o método básico de refrigeração e possui um baixo custo, mas também exige um maior fluxo de ar e acaba gerando uma maior quan-

tidade de ruído sonoro (Lopes; Júnior, 2019).

Neste trabalho foi utilizado O *Air Cooler Rise Mode Gamer G800*, que conta com uma fan dupla de 80mm para a refrigeração do dissipador.



Figura 1: *Air Cooler Rise Mode Gamer G800*

3.2 Refrigeração à água

É utilizado algum tipo de líquido de arrefecimento, geralmente água destilada, como meio de resfriamento primário. O calor é captado e transferido para um radiador onde o resfriamento do ar acontece e assim o líquido pode esfriar. Uma vantagem é possuir uma capacidade de calor muito maior que a refrigeração à ar e isso faz com que retenha mais energia térmica para uma determinada temperatura (Lopes; Júnior, 2019).

Nesta aplicação foi empregado o uso do *Water Cooler Rise Mode RGB 120mm*, sendo uma opção de entrada no mercado das refrigerações à água.



Figura 2: *Water Cooler Rise Mode RGB 120mm*

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados foram analisados com auxílio do software IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 23.0. As variáveis quantitativas foram expressas por meio de média e desvio padrão.

O SPSS (Statistical Package for the Social Science) é um pacote estatístico com diferentes módulos, desenvolvido pela IBM para serem utilizados por profissionais de ciências humanas e exatas. É uma ferramenta de fácil manuseio e muito abrangente, que permite realizar análises estatísticas e gráficas com uma amplitude de dados (SANTOS, 2019).

Os testes estatísticos foram realizados com um nível de significância $\alpha = 0,05$ e, portanto, uma confiança de 95%. A distribuição dos dados quanto à normalidade foi avaliada por meio da aplicação do teste de Shapiro-Wilk. O teste proposto por Shapiro e Wilk (1965) é, até os dias de hoje, um dos mais utilizados devido ao fato de ele ser o mais sensível para diversas distribuições (Althouse; Ware; Ferron, 1998).

A comparação da média das variáveis quantitativas entre as categorias das variáveis qualitativas dicotômicas foi realizada por meio da aplicação do teste U de Mann-Whitney.

Para realizar uma análise estatística conclusiva, foi coletada uma amostra de vinte medidas para cada opção de refrigeração com o computador em modo ocioso, e sessenta medidas para cada opção durante as simulações de estresse, todas as medidas foram capturadas em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) em intervalos de 30s para cada medida.

Figura 3: Comparação temperaturas médias

	n	Média ± DP, °C	Valor - p [†]
Ocioso			
Resfriamento com ar	20	31,80 ± 2,26	< 0,001
Resfriamento com água	20	37,10 ± 2,90	
Estresse			
Resfriamento com ar	60	52,22 ± 5,92	< 0,001
Resfriamento com água	60	57,45 ± 3,55	

Observando a Figura 3 é possível fazer uma breve avaliação na temperatura média de cada opção de refrigeração para cada modelo de teste executado, sendo viável afirmar que a refrigeração a ar obteve um melhor resultado. Entretanto, ressalva-se o desvio padrão da refrigeração com água para a simulação de estresse, que apresentou um valor que é quase a metade do desvio padrão da refrigeração com ar, proporcionando assim uma refrigeração mais constante, sem muitos picos de altas ou baixas temperaturas.

Figura 4: Refrigeração à Ar - Ocioso

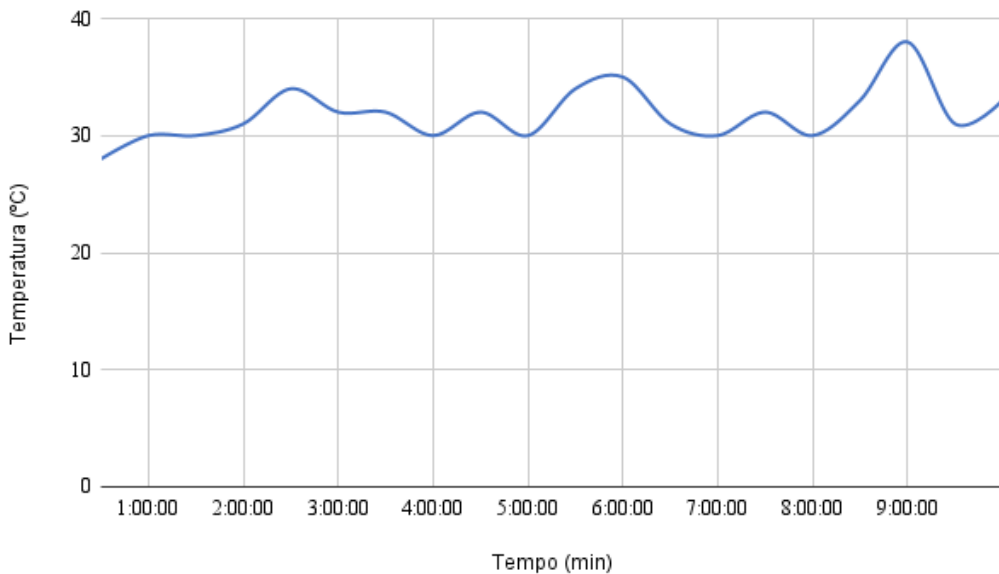
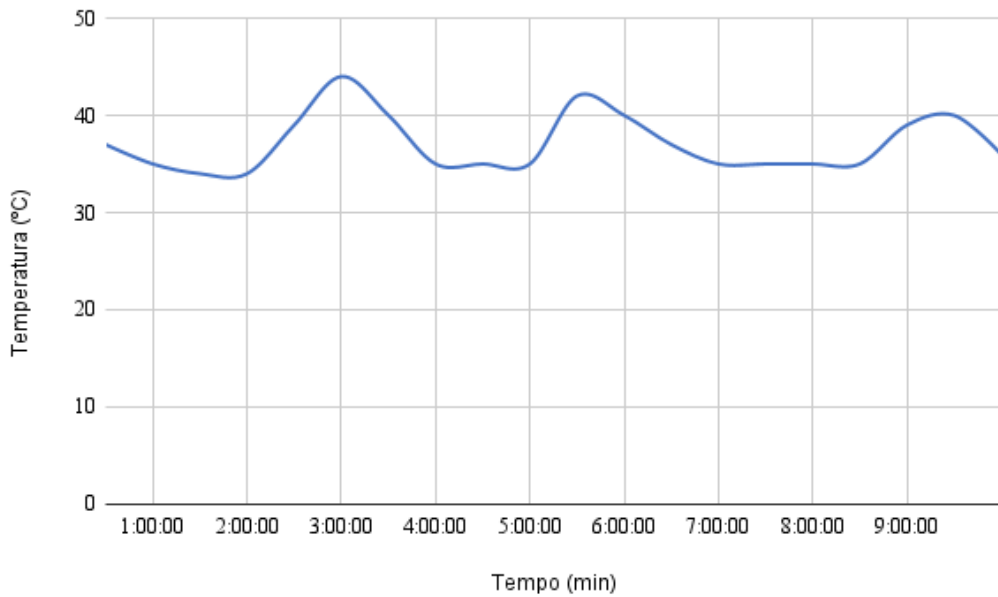


Figura 5: Refrigeração à Água - Ocioso



Considerando as Figuras 4 e 5, que apresentam gráficos de ambas as refrigerações com o computador trabalhando de forma ociosa, durante 10 minutos, é possível concluir que ambas se mantiveram constantes. Algo que já era possível de se concluir levando em consideração o desvio padrão apresentado por ambas na Figura 3.

Figura 6: Refrigeração à Ar - Estresse

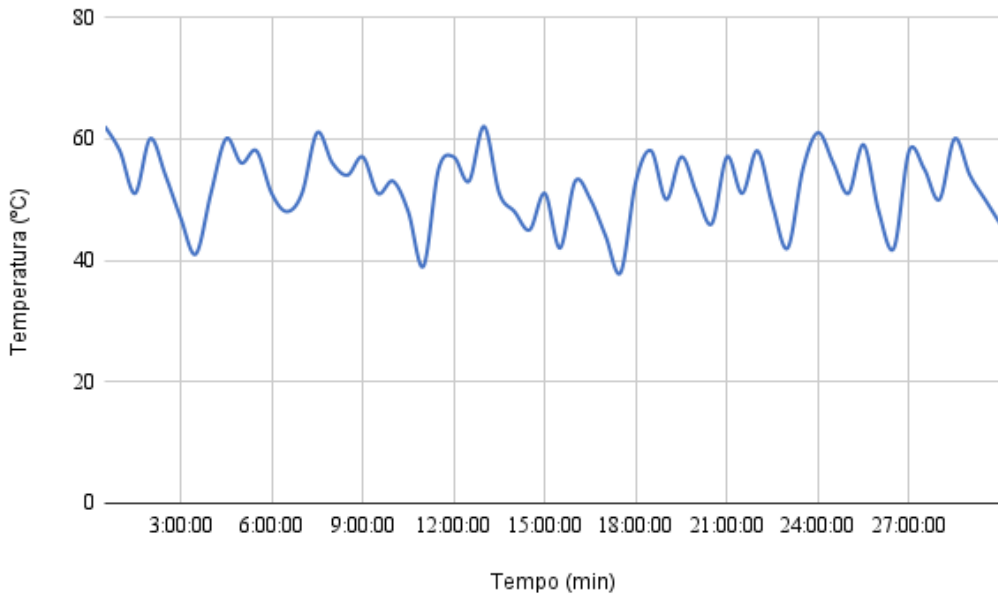
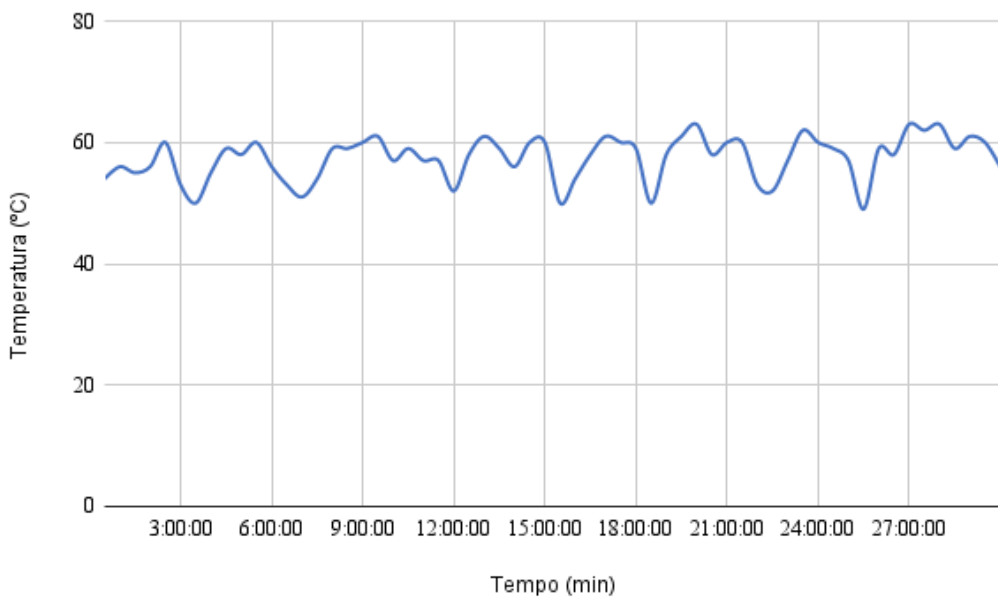


Figura 7: Refrigeração à Água - Estresse



Nas figuras 6 e 7, salienta-se o funcionamento das refrigerações com a máquina operando com seu processador ao máximo durante 30 minutos ininterruptos. A refrigeração ao ar comportou-se apresentando uma maior variação de temperaturas, porém mantendo o processador com tem-

peraturas amenas comparando com a refrigeração a água, que por sua vez, apresentou uma constância na casa dos 60°C e com picos de baixa de temperaturas, seguido de um retorno a constância padrão.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi pesquisado, proposto e implementado dois sistemas de refrigeração para computadores com intuito de apresentar testes em ambos com diferentes situações de uso, a fim de concluir qual seria a melhor opção para um usuário casual da computação, analisando a variável de custo benefício.

Com os dados apresentados e discutidos no capítulo anterior é possível concluir que o *cooler* obteve um melhor resultado comparado com o *watercooler*, assim como ocorreu no trabalho de Ferrario (Ferrario, 2019), citado no capítulo de trabalhos correlatos.

Entretanto é importante ressaltar que esta pesquisa utilizou um *watercooler* de entrada do mercado, que seria com um valor mais acessível, comparado com o valor de opções de *cooler's* mais refinados do mercado. Sendo assim, apresentou uma influência no resultado, em que comprova que o valor gasto em uma refrigeração à água acessível pode ser substituído por uma boa refrigeração à ar, que com o mesmo valor gasto pode, e apresentou, um melhor desempenho em manter uma melhor qualidade na temperatura do processador.

Com base no aprendizado adquirido, sugere-se para trabalhos futuros: pesquisar e propor diferentes métodos de refrigeração, como por exemplo a refrigeração a base de óleo mineral; investir em um *watercooler* de maior reconhecimento no mercado; analisar o comportamento da refrigeração em outro sistema operacional; executar diferentes simulações de cenários de uso, como casos de uso com *softwares* de computação gráfica, abrangendo assim mais usuários finais.

REFERÊNCIAS

- ALTHOUSE, L. A.; WARE, W. B.; FERRON, J. M. Detecting departures from normality: A monte carlo simulation of a new omnibus test based on moments. In: *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. [S.l.: s.n.], 1998. p. 3–6.
- CHEN, A.; BOUDREAU, M.; WATSON, R. Information systems and ecological sustainability. *Journal of Systems and Information Technology*, v. 10, n. 3, p. 186–201. Sustainability and Information Systems.
- FERRARIO, E. Análise comparativa da qualidade de métodos de refrigeração de microprocessadores. *Colloquium Exactarum*, v. 11, n. 2, p. 1–14. ISSN 2178-8332. Acesso em: 15 out. 2023. Disponível em: <<https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2884>>.
- GRIFFITHS, S. Como nossos hábitos online podem ser nocivos para o planeta (versão traduzida). *BBC News Brasil*. Acesso em 12 de outubro de 2023. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-52907152>>.
- GUGIK, G. A história dos computadores e da computação. *TecMundo, Curitiba*.
- LOPES, F. M. F.; JÚNIOR, M. A. d. S. Análise comparativa dos sistemas de refrigeração air cooling e water cooling. Universidade de Taubaté.
- RASMUSSEN, N. *Implementing Energy Efficient Data Centres*. [S.l.], 2011. Disponível em: <http://www.apcmedia.com/salestools/NRAN-6LXSHX_R1_EN.pdf>.
- SANTOS, A. Ibm spss como ferramenta de pesquisa quantitativa. *São Paulo: PUC*.