

# Monitoramento e Avaliação do Consumo Energético em Função do Poder Computacional

Fábio Weber Albiero<sup>1</sup>, Benhur de Oliveira Stein<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Ciência da Computação – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
Santa Maria – RS – Brazil

{weber,benhur}@inf.ufsm.br

**Abstract.** *This article describes a study whose purpose is to monitor and evaluate the energy consumption as a function of computational power. This study is developed through monitoring and evaluation of test set, they performed in uniprocessor and multiprocessor computer systems in various configurations of software and hardware.*

**Resumo.** *Este artigo descreve um estudo cujo objetivo é monitorar e avaliar o consumo de energia elétrica em função do poder computacional. Tal estudo é desenvolvido através do monitoramento e da avaliação de conjuntos de testes, estes realizados em sistemas computacionais monoprocesados e multiprocesados, em várias configurações de software e hardware.*

## 1. Introdução

As recentes tentativas de reduzir o consumo de energia elétrica nos sistemas computacionais conflitam com a crescente demanda por recursos de *hardware* cada vez mais poderosos. Como exemplo disso, pode-se citar o processador cujo aumento da frequência de relógio torna-se impossível devido ao custo de energia associado ao seu incremento. A introdução do paralelismo nos processadores e o uso de recursos computacionais voluntários têm sido as alternativas encontradas pela sociedade da informação para contornar esse problema.

Neste contexto, o artigo descreve os processos de monitoramento e avaliação do consumo de eletricidade em função do poder computacional [Albiero 2010]. Tal artigo está organizado da seguinte forma: seção 2 descreve os procedimentos iniciais; seção 3 apresenta os ambientes de *software* e *hardware*, além do processo de monitoramento e avaliação de conjuntos de testes; e seção 4 apresenta as contribuições do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Procedimentos Iniciais

Os procedimentos iniciais abrangem a instalação da ferramenta de gerenciamento de energia PowerTOP [Intel 2010]; dos utilitários de monitoramento e configuração do sistema: *top*, *CPUfreq* [Zuavra 2010] e *hdparm* [Lord 2004]; e dos aparelhos de medição: amperímetro, voltímetro e medidor de potência elétrica; bem como a implementação de aplicativos consumidores de recursos computacionais (processador e memória). A implementação do aplicativo para o disco rígido não foi necessária, uma vez que foi utilizado o *benchmark* Bonnie++. Os procedimentos iniciais abrangem também o estudo da especificação ACPI [Hewlett-Packard et al. 2009] que define uma série de estados de energia os quais estabelecem o consumo de eletricidade em função do poder computacional.

### 3. Monitoramento e Avaliação

Os conjuntos de testes variam os estados de energia do sistema global e dos dispositivos (processador, memória e disco rígido). As informações coletadas são as seguintes: taxa de uso do processador, taxa de uso da memória e consumo energético em Watts e em Volt-Ampères, sendo somente o consumo em Volt-Ampères apresentado neste artigo. Para cada informação coletada calcula-se a média aritmética e o desvio-padrão.

A nomenclatura dos testes é definida através dos estados de energia do sistema global (*G0*: computador ligado ou *G1*: computador suspenso), dos modos de gestão de energia (*A*: modo “alto desempenho”) e dos estados de energia dos dispositivos (*Mi*: computador com carga mínima de trabalho; *Ma*: computador com carga máxima de trabalho; *P*: teste para o processador; *M*: teste para a memória; *Dx*: teste para o disco rígido, onde *x* é o identificador do teste). Os algarismos presentes em alguns testes representam a quantidade de núcleos de processamento utilizados naqueles testes.

#### 3.1. Conjunto de Testes nº1

Os testes do conjunto nº1 são executados sob diferentes distribuições do sistema operacional GNU/Linux: Debian 5.0, Ubuntu 9.04 e Ubuntu 10.04. Quanto ao *hardware*, utiliza-se um computador monoprocessado com processador AMD Athlon 64 de 2.0GHz, memória de 1.5GB, disco rígido SATA de 5400 RPM e fonte de alimentação ATX de 400W RMS. As informações são coletadas em intervalos periódicos de 3 minutos, tendo cada teste duração total de 30 minutos. Os desvios-padrão das médias aritméticas variam entre 0 e 1,15 para o consumo de energia em Volt-Ampères. A figura 1 mostra o resultado do consumo de energia em Volt-Ampères.

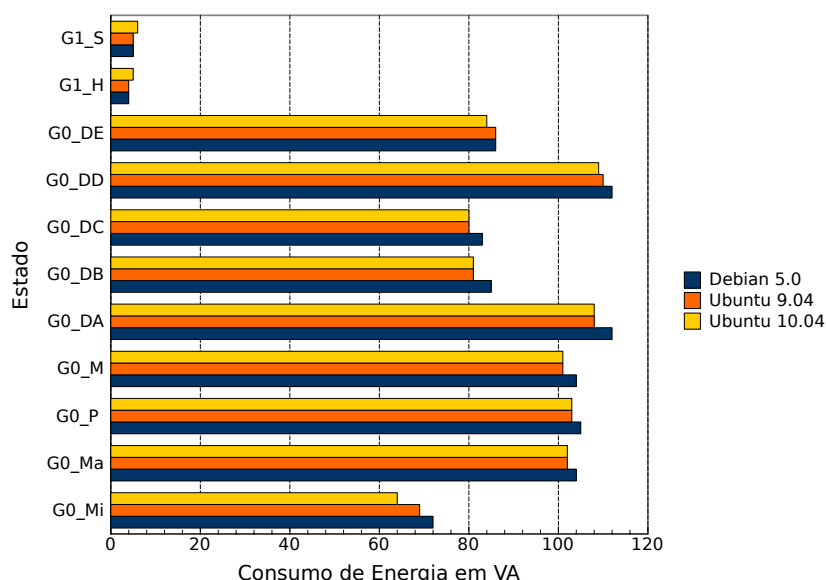


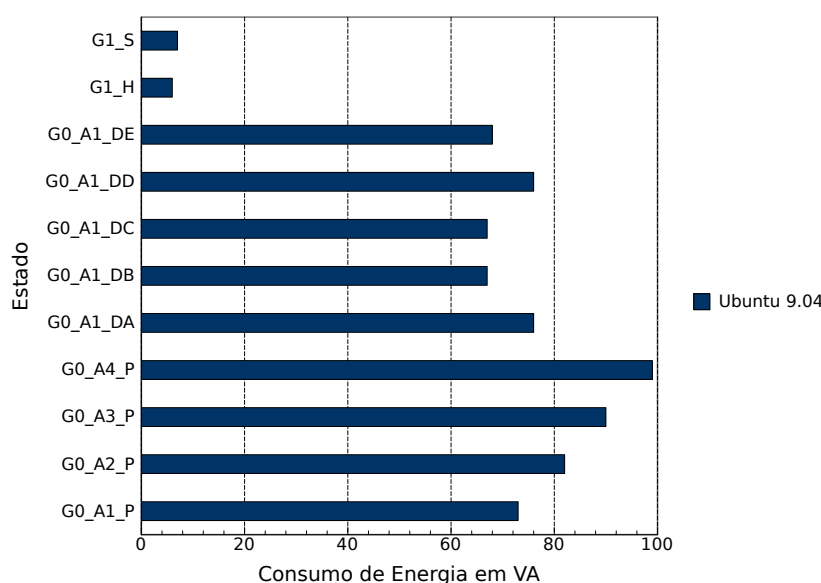
Figura 1. Conjunto de testes nº1 - Consumo de energia em Volt-Ampères

#### 3.2. Conjunto de Testes nº2

Este conjunto varia a quantidade de núcleos de processamento e os modos de gestão de energia: “economia de energia” e “alto desempenho”. Os modos diferem quanto à

frequência de relógio do processador e aos estados de energia dos dispositivos, sendo estas alterações realizadas por meio das ferramentas de gerenciamento de energia.

O ambiente de *software* utilizado é a distribuição Ubuntu 9.04 e o ambiente de *hardware*, um computador multiprocessado com processador Intel Quad Core de 2.33GHz, memória de 3GB, disco rígido SATA de 7200 RPM e fonte de alimentação ATX de 250W RMS. As informações são coletadas em intervalos periódicos de 6 minutos, tendo cada teste duração total de 1 hora. Os desvios-padrão das médias aritméticas variam entre 0 e 1,5 para o consumo de energia em Volt-Ampères. A figura 2 mostra o consumo de energia em Volt-Ampères para testes G0\_Ax\_P e G0\_A1\_Dy.



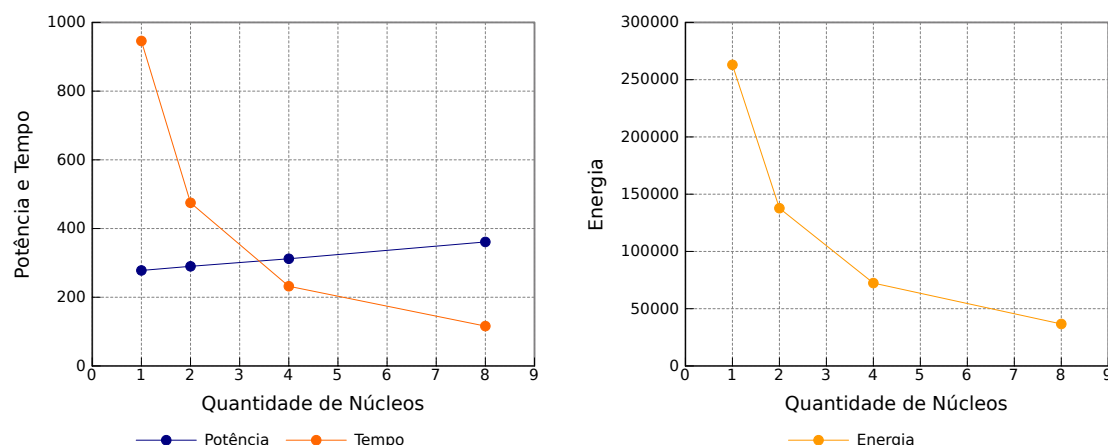
**Figura 2. Conjunto de testes n°2 - Consumo de energia em Volt-Ampères**

### 3.3. Conjunto de Testes n°3

O conjunto de testes n°3 tem como ambiente de *software* o sistema operacional Gentoo e de *hardware*, um computador multiprocessado (SGI Altix XE310) com dois processadores Intel Quad Core de 2.0GHz, memória de 8GB, disco rígido SATA de 7200 RPM e fonte de alimentação ATX de 980W RMS. As informações são coletadas em intervalos periódicos de 6 minutos, tendo cada teste duração total de 1 hora. Os desvios-padrão das médias aritméticas variam entre 0 e 1,47 para o consumo de energia em Volt-Ampères.

A grande quantidade de núcleos de processamento possibilita executar a aplicação em paralelo, reduzindo assim seu tempo de execução. Através desses parâmetros é possível mensurar a energia consumida em Joules (potência  $\times$  tempo). A energia consumida em Joules foi de 262.988 para 1 núcleo e 946 segundos; 137.750 para 2 núcleos e 475 segundos; 72.384 para 4 núcleos e 232 segundos; e 36.656 para 8 núcleos e 116 segundos.

A figura 3(a) exhibe a potência elétrica e o tempo de execução em função da quantidade de núcleos e a figura 3(b), a energia consumida em Joules também em função dessa quantidade de núcleos.



(a) Potência elétrica e tempo de execução vs Quantidade de núcleos (b) Energia consumida em Joules vs Quantidade de núcleos

**Figura 3. Consumo de energia em Joules**

#### 4. Considerações Finais

O estudo realizado, descrito neste artigo, apresenta como contribuição a relação energia consumida em função do poder computacional. Como exemplo, pode-se citar o aumento linear de 10 Volt-Ampères no consumo energético a cada novo núcleo de processamento utilizado, bem como aumento nas operações de escrita (G0\_DA) e leitura (G0\_DD) por meio de caracteres (vide figura 2).

Os resultados obtidos através desse estudo serão utilizados no projeto “GREEN-GRID: Computação de Alto Desempenho Sustentável” e como ponto de partida para trabalhos futuros, os quais possuem como sugestões: expandir os conjuntos de testes; monitorar os testes por um período de tempo maior; explorar novos estados de energia dos dispositivos; e efetuar otimizações no *kernel* dos sistemas operacionais.

#### Referências

- Albiero, F. W. (2010). Monitoramento e avaliação do consumo energético em função do poder computacional. Disponível em: <http://www.inf.ufsm.br/~weber/monografia>. Acesso em: dezembro de 2010.
- Hewlett-Packard, Intel, Microsoft, Phoenix, and Toshiba (2009). *Advanced Configuration and Power Interface Specification - Revision 4.0*. Hewlett-Packard and Intel and Microsoft and Phoenix Technologies Ltd. and Toshiba.
- Intel (2010). Powertop. Disponível em: <http://www.lesswatts.org/projects/powertop>. Acesso em: setembro de 2010.
- Lord, M. (2004). Manual reference pages - hdparm. Disponível em: <http://www.squarebox.co.uk/cgi-squarebox/manServer/hdparm.8>. Acesso em: dezembro de 2010.
- Zuavra (2010). How to use cpu frequency scaling (cpufreq). Disponível em: <http://xlife.zuavra.net/index.php/70/#top>. Acesso em: dezembro de 2010.