

# Trabalho Prático - Benchmarks

Gabriel Miranda (3857), Mariana de Souza (3898), Felipe Dias (3888)

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas,  
Universidade Federal de Viçosa, Florestal, MG, Brasil

## 1. Especificações

### 1.1. ComputadorRef

**Processador:** Intel(R) Core(TM) i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz

**Sistema Operacional:** Microsoft Windows 10 (64-bit)

**Chipset:** Acer Core7H

**Placa-mãe:** Acer Nitro AN515-51 Acer Nitro 5

**Memória Primária (RAM):** 2 x 8GB 2.4GHz DDR4 SDRAM

**Memória Cache de Instrução L1 :** 4x 32kB, 8-Way, 64bytes Line Size, 2 Thread(s)

**Memória Cache de Dados L1 :** 4x 32kB, 8-Way, 64bytes Line Size, 2 Thread(s)

**Memória Cache L2:** 4x 256kB, ECC, 4-Way, 64bytes Line Size, 2 Thread(s)

**Memória Cache L3:** 6MB, ECC, 12-Way, Fully Inclusive, 64bytes Line Size, 16 Thread(s)

### 1.2. ComputadorA

**Processador:** Intel(R) Core(TM) i5-7400 CPU @ 3.00GHz

**Sistema Operacional:** Microsoft Windows 10 (64-bit)

**Chipset:** Intel kaby lake

**Placa-mãe:** ASUSTeK COMPUTER INC. H110M-R

**Memória Primária (RAM):** 8.00 GB 1197 MHz (2 x 4.00 GB DDR4 SDRAM)

**Memória Cache de Instrução L1 :** 4 x 32KB, 8-way, 64bytes line size, 2 Thread(s)

**Memória Cache de Dados L1 :** 4 x 32KB, 8-way, 64bytes line size, 2 Thread(s)

**Memória Cache L2:** 4 x 256KB,ECC, 4-way, 64bytes line size, 2 Thread(s)

**Memória Cache L3:** 6MB,ECC, Fully Inclusive, 12-way,64bytes line size, 16 Thread(s)

### 1.3. ComputadorB

**Processador:** Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz

**Sistema Operacional:** Microsoft Windows 10 (64-bit)

**Chipset:** Chipset Intel kaby lake

**Placa-mãe:** LEVONO LNVNB161216

**Memória Primária (RAM):** 4.00 GB 1064 MHz (DDR4 SDRAM)

**Memória Cache de Instrução L1 :** 2 x 32KB, 8-way, 64bytes line size, 2 Thread(s)

**Memória Cache de Dados L1 :** 2 x 32KB, 8-way, 64bytes line size, 2 Thread(s)

**Memória Cache L2:** 2 x 256KB, ECC,4-way, 64bytes line size, 2 Thread(s)

**Memória Cache L3:** 3MB, ECC, Fully Inclusive, 12-way, 64bytes line size, 16 Thread(s)

## **2. Métricas de Desempenho:**

### **2.1. ComputadorRef**

**CPU Aritmético:**

**Integer Score:** 102000 MIPS

**Floating Point Score:** 63230 MFLOPS

**Cache L1:** Latência – 5 ciclos =  $(5 \times 1/\text{Frequência}) = 5/2,8 \text{ GHz} = 1,78 \text{ ns}$

**Cache L2:** Latência – 11,5 ciclos =  $(11,5 \times 1/\text{Frequência}) = 11,5/2,8 \text{ GHz} = 4,1 \text{ ns}$

**Memória Primária:**

**Latência:** 40.8 ns

**Largura de Banda:**

**Write float:** 21,92 GB/s

**Write int:** 21,65 GB/s

### **2.2. ComputadorA**

**CPU Aritmético:**

**Integer Score:** 36000 MIPS

**Floating Point Score:** 15160 MFLOPS

**Cache L1:** Latência – 4 ciclos =  $(4 \times 1/\text{Frequência}) = 4/3,0 \text{ GHz} = 1,3 \text{ ns}$

**Cache L2:** Latência – 9,5 ciclos =  $(9,5 \times 1/\text{Frequência}) = 9,5/3,0 \text{ GHz} = 3,1 \text{ ns}$

**Memória Primária:**

**Latência:** 144.8 ns

**Largura de Banda:**

**Write float:** 11,64 GB/s

**Write int:** 11,42 GB/s

### **2.3. ComputadorB**

**CPU Aritmético:**

**Integer Score:** 20000 MIPS

**Floating Point Score:** 10610 MFLOPS

**Cache L1:** Latência – 5 ciclos =  $(5 \times 1/\text{Frequência}) = 5/2,5 \text{ GHz} = 2 \text{ ns}$

**Cache L2:** Latência – 15 ciclos =  $(15 \times 1/\text{Frequência}) = 15/2,5 \text{ GHz} = 6 \text{ ns}$

**Memória Primária:**

**Latência:** 147.4 ns

**Largura de Banda:**

**Write float:** 11,32 GB/s

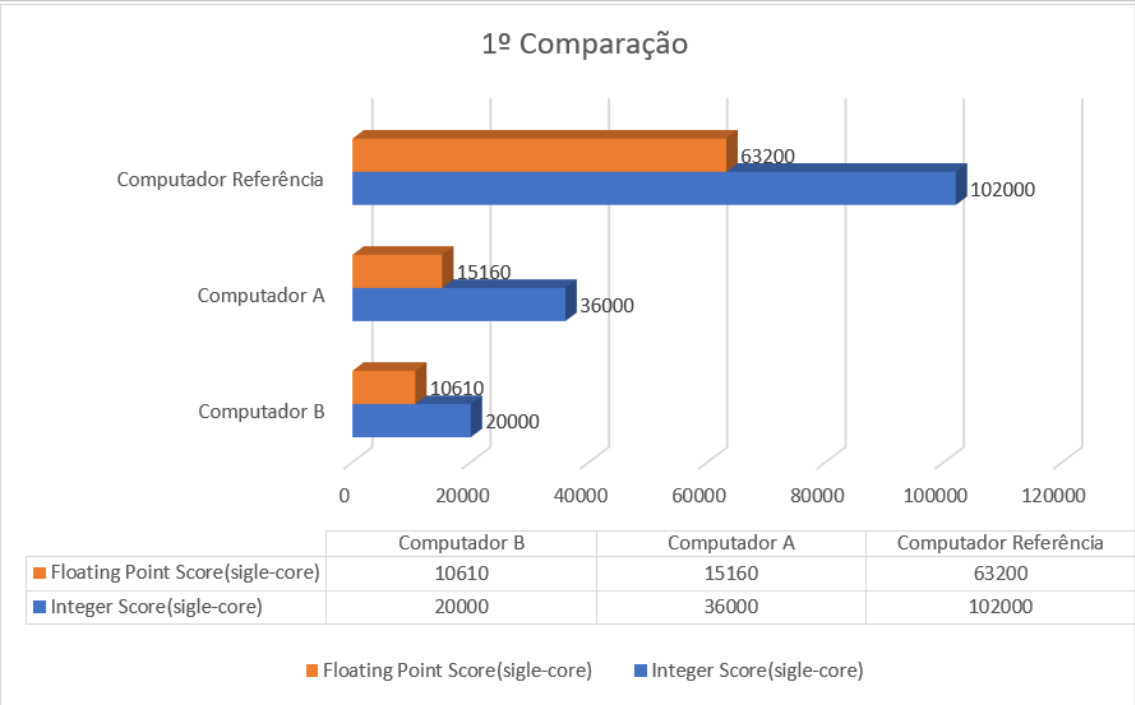
**Write int:** 10,72 GB/s

## **3. Análise de Desempenho Experimental**

### **3.1. Gráfico: Comparação Integer Score x Floating Point Score**

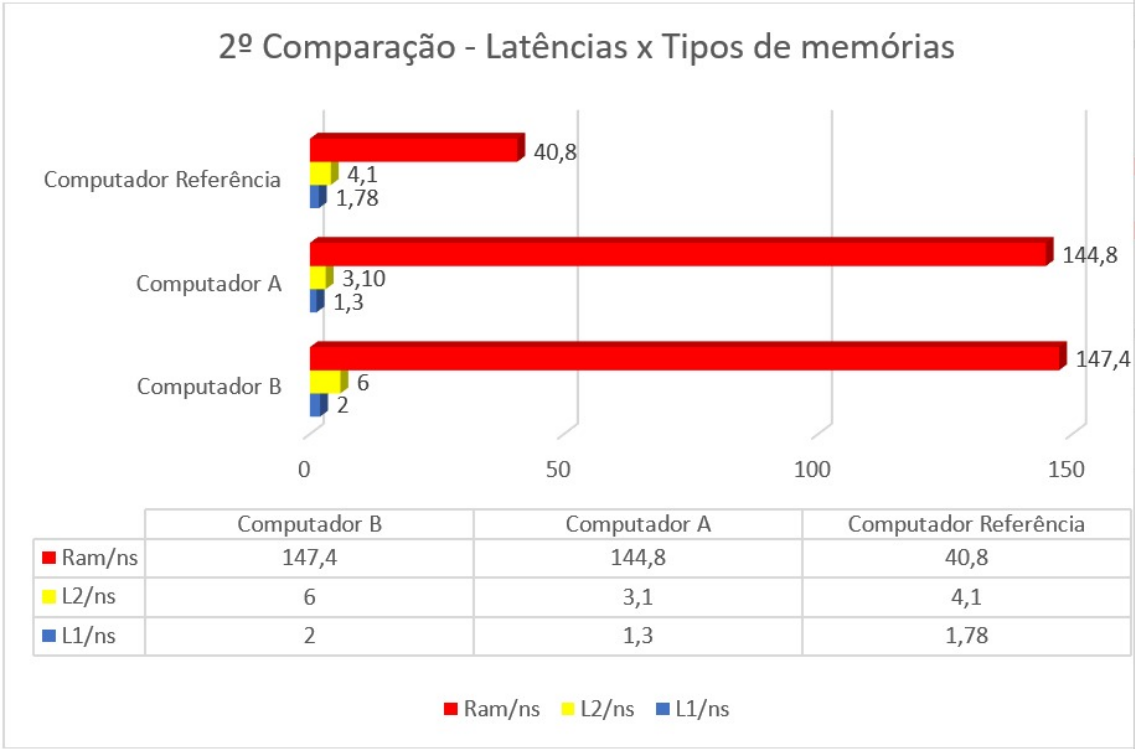
Quanto maior o número de MIPS (milhões de instruções por segundo) e de MFLOPS (milhões de instruções de ponto flutuante), o computador apresenta um melhor desempe-

no e uma velocidade maior, no caso, o computador referência.



### 3.2. Gráfico: Latências x Tipos de memória

Em relação a cada tipo de memória (RAM, cache L2 e cache L1), o computador que obteve o melhor desempenho foi o computador referência.



#### 4. Problemas Hipotéticos

1. Calcular o tempo gasto para executar o programa BABE em cada um dos três computadores analisados.

##### CompRef:

$$\begin{aligned} \text{TULA} &= (0,4 \times 10^{12}) / (102000 \text{ MIPS } \times 10^6) = 3,92\text{s (Instruções de inteiros)} \\ \text{TUPF} &= (1,6 \times 10^{12}) / (63230 \text{ FLOPS } \times 10^6) = 25,30\text{s (Instruções de ponto flutuante)} \\ \text{TCL1} &= (0,72 \times 10^7 \times 1,78) / (10^9) = 0,012\text{s (Acessos a cache L1)} \\ \text{TCL2} &= (0,15 \times 10^7 \times 4,1) / (10^9) = 0,00615\text{s (Acessos a cache L2)} \\ \text{TRAM} &= (0,13 \times 10^7 \times 40,8) / (10^9) = 0,053\text{s (Acessos a memória principal)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TempoTotal} &= \text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TCL1} + \text{TCL2} + \text{TRAM} \\ &= 3,92 + 25,30 + 0,012 + 0,00615 + 0,053 \\ &= 29,29\text{s} \end{aligned}$$

O programa BABE gastaria 29,29s para ser executado no CompRef.

##### CompA:

$$\begin{aligned} \text{TULA} &= (0,4 \times 10^{12}) / (36000 \text{ MIPS } \times 10^6) = 11,11\text{s (Instruções de inteiros)} \\ \text{TUPF} &= (1,6 \times 10^{12}) / (15160 \text{ FLOPS } \times 10^6) = 105,54\text{s (Instruções de ponto flutuante)} \\ \text{TCL1} &= (0,72 \times 10^7 \times 1,3) / (10^9) = 0,00936\text{s (Acessos a cache L1)} \\ \text{TCL2} &= (0,15 \times 10^7 \times 3,1) / (10^9) = 0,00465\text{s (Acessos a cache L2)} \\ \text{TRAM} &= (0,13 \times 10^7 \times 144,8) / (10^9) = 0,18824\text{s (Acessos a memória principal)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TempoTotal} &= \text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TCL1} + \text{TCL2} + \text{TRAM} \\ &= 11,11 + 105,54 + 0,00936 + 0,00465 + 0,18824 \\ &= 116,85\text{s} \end{aligned}$$

O programa BABE gastaria 116,85s para ser executado no CompA.

##### CompB:

$$\begin{aligned} \text{TULA} &= (0,4 \times 10^{12}) / (20000 \text{ MIPS } \times 10^6) = 20\text{s (Instruções de inteiros)} \\ \text{TUPF} &= (1,6 \times 10^{12}) / (10610 \text{ FLOPS } \times 10^6) = 150,80\text{s (Instruções de ponto flutuante)} \\ \text{TCL1} &= (0,72 \times 10^7 \times 2) / (10^9) = 0,0144\text{s (Acessos a cache L1)} \\ \text{TCL2} &= (0,15 \times 10^7 \times 6) / (10^9) = 0,009\text{s (Acessos a cache L2)} \\ \text{TRAM} &= (0,13 \times 10^7 \times 147,4) / (10^9) = 0,19062\text{s (Acessos a memória principal)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TempoTotal} &= \text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TCL1} + \text{TCL2} + \text{TRAM} \\ &= 20 + 150,80 + 0,0144 + 0,009 + 0,19062 \\ &= 171,01 \end{aligned}$$

O programa BABE gastaria 171,01s para ser executado no CompB.

2. Calcular o ganho de desempenho (aceleração ou speedup) de cada computador em relação ao computador referência e gerar o gráfico: Computador x Tempo de Resposta.

**CompA:**

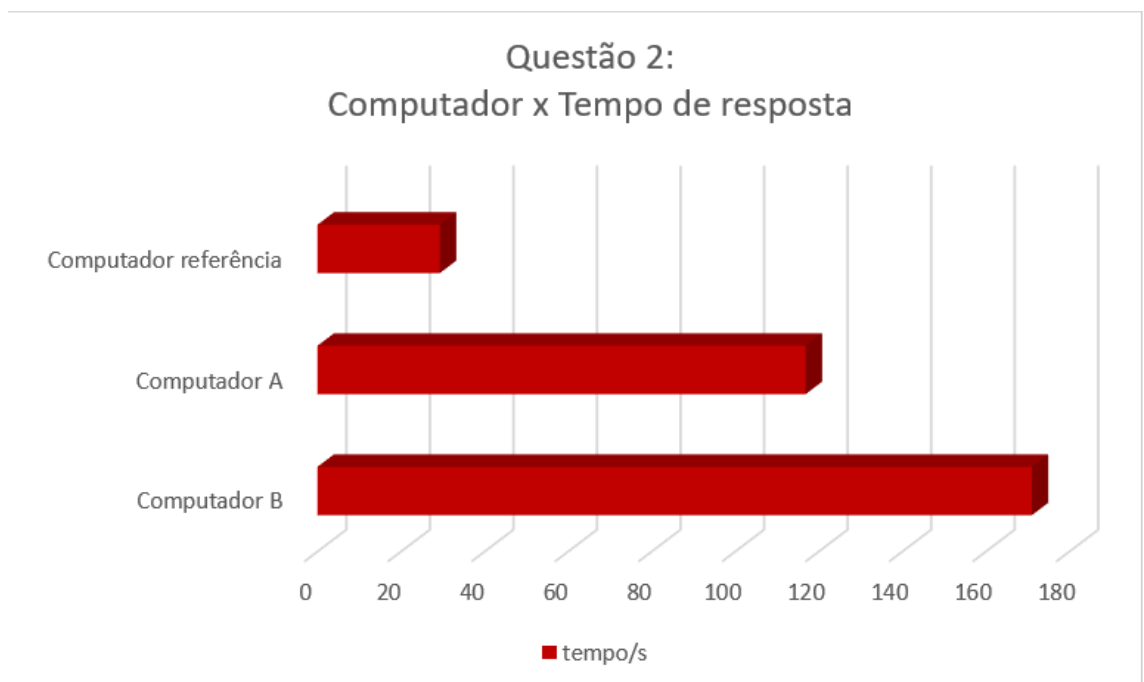
$$(116,85) / (29,29) = 3,9894$$

O CompRef é 3,9894 vezes mais rápido em relação ao CompA.

**CompB:**

$$(171,01) / (29,29) = 5,8385$$

O CompRef é 5,8385 vezes mais rápido em relação ao CompB.



3. Escolher o computador (BEST) que executou o programa em menor tempo e utilizá-lo nas próximas questões.

O computador que executou o programa em menor tempo é o CompRef (Computador Referência).

4. Calcular o tempo de resposta do programa BABE executado no computador BEST sem a memória cache L2 (os acessos a cache L2 passaram para a RAM). Quanto pior ficou o desempenho do computador BEST?

$$\text{BEST} = (0,28 \times 10^7 \times 40,8) / (10^9) = 0,114240\text{s}$$

$$\text{TempoTotal} = \text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TCL1} + \text{TRAM}$$

$$= 3,92 + 25,30 + 0,012 + 0,114240$$

$$= 29,34624$$

$$\text{Desempenho} = 29,34624 - 29,29 = 0,056\text{s}$$

O desempenho do computador BEST ficou 0,056 segundos mais lento.

5. Calcular o tempo de resposta do programa BABE executado no computador BEST somente com a memória principal (todos os acessos irão para a RAM). Quanto pior ficou o desempenho do computador BEST?

$$\text{BEST} = (1 \times 10^7 \times 40,8) / (10^9) = 0,408\text{s}$$

$$\text{TempoTotal} = \text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TRAM}$$

$$= 3,92 + 25,30 + 0,408$$

$$= 29,628$$

$$\text{Desempenho} = 29,628 - 29,29 = 0,318\text{s}$$

O desempenho do computador BEST ficou 0,318 segundos mais lento.

6. Calcular o tempo de resposta do programa BABE executado no computador BEST somente com a memória cache L2 (todos os acessos irão para a cache L2). Quanto pior/melhor ficou o desempenho do computador BEST?

$$\text{BEST} = (1 \times 10^7 \times 4,1) / (10^9) = 0,041\text{s}$$

$$\text{TempoTotal} = \text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TCL2}$$

$$= 3,92 + 25,30 + 0,041$$

$$= 29,261$$

$$\text{Desempenho} = 29,261 - 29,29 = 0,029\text{s}$$

O computador BEST obteve um desempenho 0,029 segundos mais rápido.

7. Considerando a questão anterior, calcule o preço da cache L2 se ela tivesse o tamanho da memória principal (cada 1M de memória cache L2 custa em torno de R\$ 50,00). Compare se o ganho no desempenho (tempo) vale o custo adicional (memória)

**Memória Primária do BEST:** 16 GB = 16000 MB

$(16000 \text{ MB} \times 50) = 800000,00$  reais se cache L2 tivesse o tamanho da RAM

$(1,024 \text{ MB} \times 50) = 51,20$  reais é o preço do cache L2 atual

Para uma diferença de tempo de desempenho de apenas 0,029s como vimos na questão 6, essa melhoria está longe de valer o custo adicional.

8. Calcular o tempo de resposta do programa BABE, caso o processador possuísse 2, 4, 8 e 16 ULAs e UPFs. Gerar o gráfico de ganho de desempenho (aceleração ou speedup) em relação ao computador BEST

**2 ULAs/UPFs**

$$\text{TULA} = 3,92 / 2 = 1,96$$

$$\text{TUPF} = 25,30 / 2 = 12,65$$

$$\text{Total} = (\text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TCL1} + \text{TCL2} + \text{TRAM}) / 29,29$$

$$= 29,29 / 14,68 = 1,99$$

**4 ULAs/UPFs**

$$\text{TULA} = 3,92 / 4 = 0,98$$

$$\text{TUPF} = 25,30 / 4 = 6,325$$

$$\text{Total} = (\text{TULA} + \text{TUPF} + \text{TCL1} + \text{TCL2} + \text{TRAM}) / 29,29$$

$$= 29,29 / 7,37 = 3,97$$

#### 8 ULAs/UPFs

$$TULA = 3,92 / 8 = 0,49$$

$$TUPF = 25,30 / 8 = 3,1625$$

$$\text{Total} = (TULA + TUPF + TCL1 + TCL2 + TRAM) / 29,29 \\ = 29,29 / 3,72 = 7,87$$

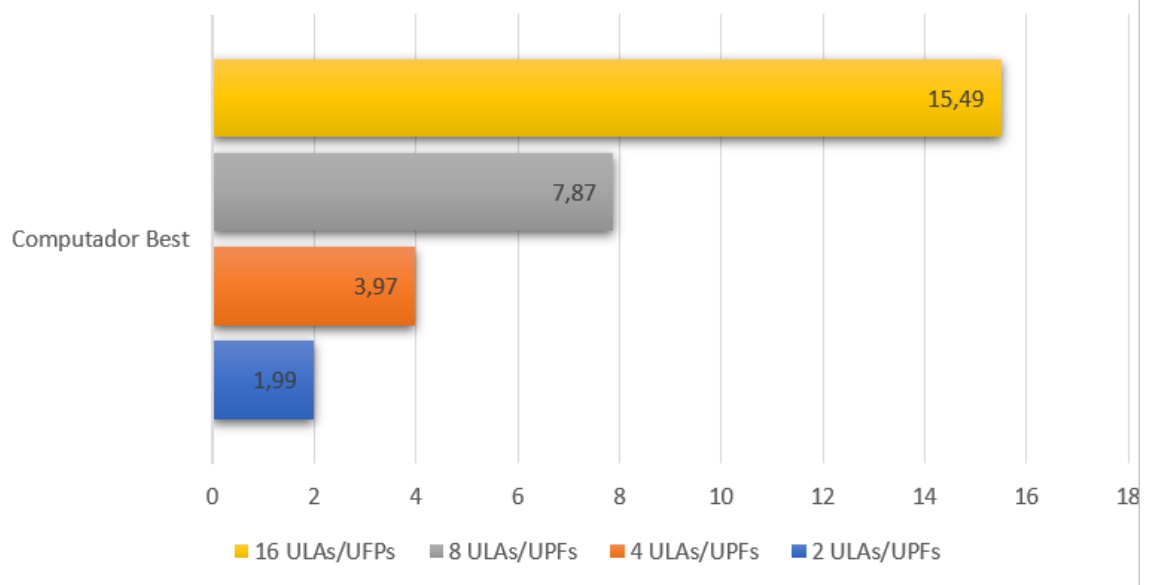
#### 16 ULAs/UPFs

$$TULA = 3,92 / 16 = 0,245$$

$$TUPF = 25,30 / 16 = 1,58125$$

$$\text{Total} = (TULA + TUPF + TCL1 + TCL2 + TRAM) / 29,29 \\ = 29,29 / 1,89 = 15,49$$

### Aceleração em relação ao computador Best



9. Se melhorarmos o tempo de execução das instruções de ponto-flutuante em 50% e reduzirmos a latência de acesso à cache L1 em 30% em cada computador, qual seria o ganho geral no tempo de execução do programa BABE em todos os computadores considerados (CompA, B e Ref)?

#### CompRef:

$$(\text{ponto-flutuante} \times 0,5) = 12,65$$

$$(\text{Latência cache L1} \times 0,7) = 1,246$$

$$TCL1 = (0,72 \times 10^7 \times 1,246) / (10^9) = 0,0089712s$$

$$\text{TempoTotal} = TULA + TUPF + TCL1 + TCL2 + TRAM$$

$$= 3,92 + 12,65 + 0,0089 + 0,00615 + 0,053$$

$$= 16,63s$$

$$\text{TempoExecução} = 16,638 - 29,29$$

$$= 12,652s$$

O CompRef tem um ganho de 12,652 segundos no tempo de execução do programa BABE.

**CompA:**

(ponto-flutuante x 0,5) = 52,77

(Latência cache L1 x 0,7) = 0,91

$TCL1 = (0,72 \times 10^7 \times 0,91) / (10^9) = 0,00655$

TempoTotal = TULA + TUPF + TCL1 + TCL2 + TRAM

= 11,11 + 52,77 + 0,00655 + 0,00465 + 0,18824

= 64,079s

TempoExecução = 64,079 - 116,85

= 52,771s

O CompA tem um ganho de 52,771 segundos no tempo de execução do programa BABE.

**CompB:**

(ponto-flutuante x 0,5) = 75,04

(Latência cache L1 x 0,7) = 1,4

$TCL1 = (0,72 \times 10^7 \times 1,4) / (10^9) = 0,01008$

TempoTotal = TULA + TUPF + TCL1 + TCL2 + TRAM

= 20 + 75,04 + 0,01008 + 0,009 + 0,19062

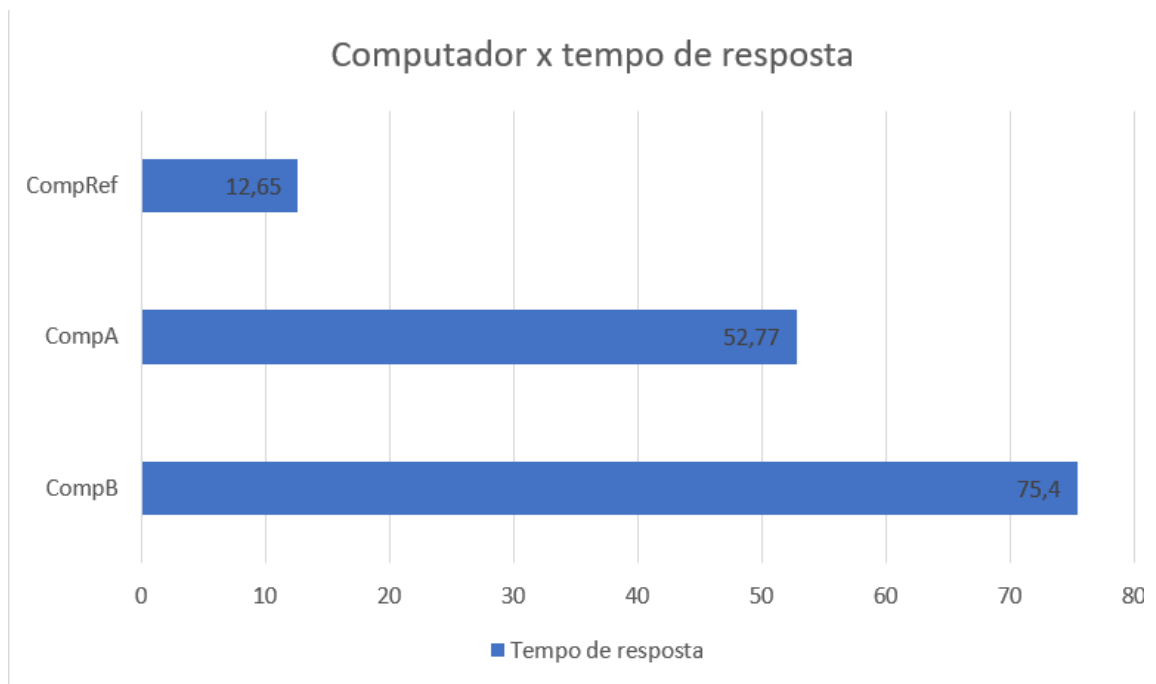
= 95,6097s

TempoExecução = 95,6097 - 171,01

= 75,404s

O CompB tem um ganho de 75,404 segundos no tempo de execução do programa BABE.

10. Gerar o novo gráfico: Computador x Tempo de Resposta, considerando os novos valores obtidos no problema (i).





#### **11. Após as otimizações, em qual dos computadores escolhidos (CompA, B ou Ref), este programa obteria o melhor desempenho?**

O CompRef continua obtendo o melhor desempenho após as otimizações.

### **5. Conclusão**

Considerando as medidas e análise realizadas neste trabalho, concluímos que o computador referência (Acer Nitro 5) se saiu superior aos computadores A (AsusTEK) e B (Lenovo) tanto no quesito velocidade, quanto no quesito configuração, pois o Acer apresenta um processador core i7 e memória RAM de 2x8GB. Já os computadores A e B, processadores core i5 e memórias RAM de 4 a 8GB. Outrossim, o item velocidade do compref se mostrou 4 vezes superior ao compA e compB, no exercício 1 da seção 5.4, o Nitro 5 processa todas as instruções em um tempo total de 29,29s, enquanto o computador A processa o mesmo número de instruções em um tempo bem maior 116,85s, e o B em 171,014s. Em relação a jogos e gráficos o computador referência também sai na frente, já que o mesmo é um computador gamer, e o Asus e o Lenovo são computadores considerados intermediários segundo o site [quenotebookcomprar](http://www.quenotebookcomprar.com). Já em relação ao processamento gráfico, o Acer Nitro 5 tem sua tela exibida em um display IPS antirreflexo da AU Optronics de 15,6 polegadas e resolução FULL HD. Enquanto os comp A e B têm resolução HD e painel TN. Logo, o Acer Nitro 5 terá gráficos bem melhores com sua tela FullHD.

Já em relação aos benchmarks, durante a procura de informações, foram encontrados três softwares para fazer as comparações, o SiSoft Sandra, GeekBench e o CPU-Z. O software mais completo foi o SiSoft, nele obtivemos todo conteúdo para análise de desempenho dos computadores, um ponto negativo do programa (SiSoft) nos computadores A e B foi o alto consumo de memória RAM, que causou travamento do Asus e do Lenovo (computadores referências), quando os mesmo executavam o programa. Destarte, o GeekBench não deu uma boa devolutiva para o trabalho. Todavia, também é possível ressaltar o software CPU-Z, que nos deu pouca informação sobre o trabalho, entretanto, é um programa bem didático e simples de ser entendido.

As melhores métricas para análise de desempenho dos computadores foram encontradas no SiSoft Sandra, pois foi encontrado o MIPS (milhões de instruções por segundo) de cada computador, o compref apresentou 102000 MIPS, já o compA obteve 36000 MIPS e o compB, 20000 MIPS, também foi achado o MFLOPS (milhões de instruções de ponto flutuante) de cada computador: o Nitro 5 teve 63230 MFLOPS, o AsusTek, 15160 MFLOPS e o Lenovo, 10610 MFLOPS. Ou seja, quanto maior o número de MIPS e MFLOPS, o computador apresentará melhor desempenho e uma velocidade maior. Deve-se salientar que a memória primária do computador referência possui a menor latência, e a largura de banda dele é muito superior, todavia também a memória principal é uma boa métrica de análise de desempenho.

Indubitavelmente, o notebook Acer Nitro 5 surpreendeu o grupo pelo fato de ser, em quase todos os quesitos, 4 vezes melhor que o computador A e B, tanto no quesito velocidade quanto em relação ao seu processamento gráfico e seu MIPS, e esse melhor desempenho pode ser verificado em todos os gráficos do trabalho prático.

## **6. Bibliografia**

- CPU-Z - Especificações dos computadores A e B
- Intel- Processadores computadores A e B
- Acer- Análise do computador referência
- Quenotebookcomprar- Analise dos computadores A e B
- GeekBench - Benchmark
- SiSoft Sandra - Benchmark