

UNIVERSIDADE DO MINHO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

ENGENHARIA DE SISTEMAS DE COMPUTAÇÃO

Análise das NAS Parallel Benchmarks

José Carlos Lima Martins Miguel Miranda Quaresma
A78821 A77049

April 27, 2019

1 Introdução

O estudo do comportamento de sistemas de computação está frequentemente relacionado com o estudo da *performance* dos mesmos. Este estudo recorre a um conjunto de métricas que se referem às diversas componentes dos sistemas (disco, memória principal, CPU, rede, etc) e que podem ser obtidas com recurso a algumas ferramentas disponibilizadas pelo próprio sistema. O presente trabalho apresenta uma análise ao comportamento de um subconjunto das **NAS Parallel Benchmarks** (NPB) e à forma como estas influenciam o sistema onde são executadas.

As NPB são um conjunto de *benchmarks* desenvolvidas pela *NASA Advanced Supercomputing Division* com o intuito de auxiliar a avaliação de performance de supercomputadores. Este conjunto é constituído por 5 *kernels* (IS, EP, CG, MG e FT) e 3 pseudo-aplicações (BT, SP e LU). Possui ainda 3 versões multi-zona (BT-MZ, SP-MZ e LU-MZ) que exploram múltiplos níveis de paralelismo, 4 *benchmarks* para computação não estruturada (UA, BT-IO, DC e DT), bem como 4 *benchmarks* para testar a performance de *grids* computacionais (ED, HC, VP e MB).

De entre esta gama de *benchmarks* o presente trabalho utiliza duas: FT, *discrete 3D fast Fourier Transform*, com comunicação todos para todos, e LU (*Lower-Upper Gauss-Seidel solver*) versão multizone (LU-MZ), com zonas de igual tamanho dentro de uma classe do problema e um número fixo de zonas para todas as classes de problema.

2 Metodologias de teste

O conjunto de *benchmarks* que compreendem as NPB engloba *benchmarks* de diversos tipos, sendo que para cada *benchmark* individual é ainda possível alterar a carga computacional através do parâmetro *CLASS*. O presente trabalho estuda as classes A e B das *benchmarks* anteriormente referidas.

Os testes realizados com as duas *benchmarks* alteram diversos parâmetros entre testes dos quais se destacam:

- nodos utilizados
 - r641
 - r431
 - compiladores usados
 - Intel (versão 19.0.0.117)
 - GNU (versão 5.3.0)
 - *flags* de compilação utilizadas
 - -O2
 - -O3
 - -Ofast (*fast math, less accuracy*)
 - tecnologias de comunicação

– Ethernet

É importante realçar que a realização de testes em dois nodos diferentes permite testar as *benchmarks* em micro-arquiteturas de processadores distintas, *Nehalem* (nodo r431) e *Ivy Bridge* (nodo r641) no caso dos nodos referidos.

Dadas as *benchmarks* realizadas possuem implementações de memória distribuída que recorrem à biblioteca OpenMPI, foi usada a versão 1.8.2 da mesma, tanto na implementação da GNU como na implementação da Intel.

É importante também referir que a implementação OpenMP para a *benchmark* FT foi executada com 32 *threads* para o nodo r641 (16 *cores* físicos, 32 *cores* lógicos) e 24 *threads* para o r431 (12 *cores* físicos, 24 *cores* lógicos).

A implementação OpenMP da *benchmark* LU-MZ foi testada com 16 *threads* visto que o número de zonas do algoritmo é 16, o que limita o número de *threads/processos* a 16 [1]. Para a classe B desta *benchmark* foi necessário, previamente à sua execução, definir as seguintes variáveis de ambiente:

```
export OMP_STACKSIZE=500m //OMP
export KMP_STACKSIZE=500m //Intel
export GOMP_STACKSIZE=500m //GNU
```

por forma a haver espaço suficiente de alocação.

A implementação MPI de ambas as *benchmarks* foi testada em dois nodos r641 (ou r431) e 8 processos.

2.1 Dados e Ferramentas

Como foi referido anteriormente, a análise da *performance* de sistemas recorre a ferramentas disponibilizadas pelo sistema que permitem estudar diversos componentes do mesmo. Considerando como componentes de relevo o CPU, a memória principal, a utilização de rede e as operações de I/O, apresentam-se de seguida as métricas recolhidas e as ferramentas usadas para as recolher:

- **utilização de CPU:** pidstat -u <sample_rate>
- **ocupação de memória:** vmstat 1
- **utilização da memória:** pidstat -r <sample_rate> e sar -r <sample_rate>
- **utilização de disco baseada no tempo:** iostat -d 1 e vmstat -d 1
- **utilização da rede:** sar -r <sample_rate> -n DEV (estatísticas da rede)
- **saturação da rede:** sar -r <sample_rate> -n EDEV (estatísticas de erro)

Esta análise faz parte da primeira fase do *USE Method* em que se pretende tentar localizar a(s) zona(s) de erro analisando a Utilização, Saturação e Erros para, posteriormente, realizar uma análise mais específica nessa(s) zona(s) identificada(s) como provocadora(s) de problemas/perda de *performance*.

A realização dos diversos casos de teste referidos foi automatizada com recurso a *scripts bash* (FT: C.1) para cada *benchmark* que alterassem os parâmetros automaticamente, e registassem os dados obtidos através das ferramentas referidas, gravando-os em ficheiros de texto.

3 Análise dos resultados

A análise de resultados apresentada consistirá na comparação dos dados obtidos nos diferentes testes por forma a permitir compreender o comportamento das *benchmarks* e a forma como estas condicionam o sistema em que foram testadas, consoante os parâmetros definidos para as mesmas. Adicionalmente, e consoante a natureza das comparações efetuadas, **i.e.** quais os parâmetros em que estas diferem (**e.g.** *flags* de compilação utilizadas), serão omitidas certas métricas dado não sofrerem variações ou não serem afetadas pelos parâmetros alterados.

3.1 SER vs. OMP vs. MPI

As *benchmarks* NAS apresentam duas implementações paralelas que diferem no paradigma utilizado (memória partilhada/OpenMP e memória distribuída/OpenMPI) e uma implementação sequencial. Dadas as características de cada uma destas implementações torna-se útil comparar o comportamento de cada implementação bem como o seu impacto no sistema.

A utilização do disco no tempo foi considerada desprezável na presente comparação dado que o disco se trata de um recurso partilhado por diversos nodos do *cluster* e, como tal, a sua utilização não depende apenas das *benchmarks* em questão, variando consoante o tipo e a dimensão da carga que outros utilizadores coloquem no sistema.

3.1.1 Benchmark FT

A observação dos gráficos (ver 49, 50) com os resultados obtidos nas três implementações da *benchmark* FT: SER (sequencial), OMP (memória partilhada) e MPI (memória distribuída) permite identificar diferenças em diversas métricas. Uma diferença considerável está presente na utilização (baseada na capacidade) do CPU que é consideravelmente superior na implementação OMP, sendo a sua mediana igual a 2962.14% no nodo r641 e 2302.5% no nodo r431. Esta diferença é justificada pelo facto da implementação OMP recorrer a fios de execução (*threads*) que são escalonados no CPU e que, com recurso à capacidade de *hyperthreading*, permite que mais que uma *thread* esteja em execução num dado instante no mesmo CPU. Adicionalmente, é possível observar que a utilização de memória da implementação MPI é consideravelmente superior do que as restantes, que se deve ao facto de a mesma envolver a criação de processos que replicam o espaço de memória do processo "pai", resultando numa maior utilização da memória devido à redundância inerente a este mecanismo.

Por fim, é possível observar que a comunicação inerente a implementações em memória distribuída com processos comunicantes leva a que a implementação MPI resulte numa maior utilização da rede, no número de pacotes recebidos e transferidos (**rxpck/s** e **txpck/s**), algo que não se verifica nas restantes implementações.

3.1.2 Benchmark LU-MZ

A observação dos gráficos (ver 53, 54) que contêm as métricas mais relevantes para a comparação das implementações SER, OMP e MPI desta *benchmark* (LU-MZ) permite, num instante inicial, verificar que, tal como na *benchmark* FT, a implementação OMP apresenta uma utilização de CPU (%CPU) 12-15x superior às restantes implementações, que se deve à capacidade de *hyperthreading* dos processadores que permite que mais que uma *thread* esteja em execução num dado *core* no mesmo instante, resultando numa utilização superior a 100%. Adicionalmente, o consumo de memória é consideravelmente superior no caso da implementação MPI, justificado pelo facto de esta se tratar de uma implementação num paradigma de memória distribuída (com processos comunicantes) em que a criação de processos envolve a cópia da memória do processo com *rank* 0, resultando num maior consumo de memória. Por outro lado, é ainda importante realçar o aumento considerável na utilização da rede, mais concretamente no número de pacotes recebidos (**rxpck/s**) e transmitidos (**txpck/s**) pelo nodo motivado pela comunicação inter-processo inerente ao paradigma de memória distribuída.

3.2 Comparação entre classes: A vs. B

As diferentes classes disponibilizadas pelas *benchmarks* NAS diferem na dimensão dos *datasets* utilizados nos testes, resultando em diferentes cargas colocadas no sistema em que estas são executadas. O presente trabalho envolveu testes com as classes A e B, cujas características para cada uma das *benchmarks* serão de seguida apresentadas.

3.2.1 Benchmark FT

A carga computacional da *benchmark* FT varia em função do número de iterações do algoritmo e no tamanho da grelha sobre a qual este trabalha, sendo estes os parâmetros afetados pelas classes. No caso das classes A e B, o número de iterações não se altera, sendo igual a 20, ao invés do tamanho da grelha que passa de 256 x 256 x 128 para 512 x 256 x 256. Um dos impacto óbvios (ver 57 e 59) desta alteração prende-se com o consumo de memória i.e. a sua utilização face à capacidade da mesma. Por outro lado, um aumento do número de dados resulta num aumento direto do tempo de computação, consequência direta da complexidade computacional deste algoritmo ($O(N \log N)$ [2]), que leva a que, apesar do uso baseado em capacidade do CPU não se altere, o seu uso baseado no tempo seja superior.

3.2.2 Benchmark LU-MZ

A diferença entre as classes A e B para a *benchmark* LU em versão multi-zona reflete-se no tamanho da grelha utilizada, que passa de 128 x 128 x 16 para 304 x 208 x 17 que, consequentemente, se reflete nos requisitos de memória da *benchmark* que, segundo a especificação, são de 50MB para a classe A e 200MB para a classe B.

Estes diferenças (ver 61 e 63) refletem-se na utilização de memória registada pelos dados obtidos. Por outro lado, através da análise do output de cada uma das *benchmarks*, é também possível identificar diferenças no tempo de execução que permitem concluir que, ainda que não sejam registadas variações significativas na utilização, baseada na capacidade, do CPU e da memória, a sua utilização baseada no tempo será superior dado que o tempo de execução, como foi referido, será superior.

3.3 Comparação entre compiladores: GNU vs. Intel

O impacto de diferentes compiladores no comportamento de uma dada aplicação está relacionado com o código *Assembly* gerado pelos mesmos, que diferem entre compiladores. Estas diferenças podem resultar em ganhos (ou perdas) de *performance*. Adicionalmente, determinadas diferenças podem ser introduzidas com o uso de *flags* de compilação, dado que estas introduzem otimizações que diferem consoante o compilador e a *flag* usados.

3.3.1 Benchmark FT

Na implementação MPI é possível constatar, pelos gráficos 65 e 66, algumas diferenças entre os compiladores GNU e Intel, tanto na utilização de CPU como de memória, que são inferiores (cerca de metade) na versão compilada com Intel face à compilada com GNU. Para além disso, na implementação OMP visualiza-se que a utilização de CPU é superior com o compilador da GNU quando comparada com a gerada pelo compilador da Intel, visto a versão compilada pela Intel ser mais otimizada para o *hardware* utilizado, aproveitando melhor (de forma mais eficiente) as características do mesmo. Por fim, verifica-se que a implementação OMP apresenta uma utilização de CPU (%CPU) maior pela simples razão de possuir mais processos/*threads* que as outras versões (Sequencial e MPI).

3.3.2 Benchmark LU-MZ

A visualização dos gráficos 67 e 68 não permite identificar diferenças significativas entre os dois compiladores, tanto na utilização de memória como de CPU. Contudo, é possível observar que na implementação OMP as versões geradas com o compilador GNU resultam numa utilização de CPU superior às geradas com o compilador Intel.

3.4 Comparação entre nodos/*hardware*: r641 vs. r431

A execução de testes em máquinas com diferentes características de hardware, nomeadamente na micro-arquitetura do processador e quantidade de memória RAM, pode resultar num comportamento diferente do sistema visto que, por exemplo, micro-arquiteturas mais recentes possuem otimizações ao nível do escalonamento de instruções ou no número de unidades funcionais que permitem obter maior *performance* em aplicações que explorem este tipo de paralelismo (ILP). Tendo estes fatores em conta, a comparação efetuada considera os parâmetros referentes à utilização de CPU e de memória, bem como da rede.

3.4.1 Benchmark FT

A observação do gráfico 69 permite concluir que a diferença mais significativa entre os dois nodos diz respeito à utilização de CPU. Os dados recolhidos permitem observar que, na implementação OMP, a utilização de CPU é consideravelmente superior no nodo r641, algo que pode ser justificado pelo facto deste nodo possuir um processador com uma micro-arquitetura mais recente levando a que o mesmo seja mais eficiente no escalonamento de *threads* maximizando, por isso, a utilização do CPU. Por outro lado, o facto das máquinas diferirem no número de *cores* leva a que a sua capacidade de executar *threads* em paralelo seja diferente, sendo menor no caso do nodo r431 que possui apenas 12 *cores* ao invés do nodo r641 que possui 16 *cores*. Adicionalmente é possível observar diferenças na utilização de memória (%memused) que é consideravelmente superior no nodo r431, derivado do facto da sua memória principal ser apenas de 12/48GB ao invés do nodo r641 que possui uma memória principal com 64GB.

3.4.2 Benchmark LU-MZ

A observação do gráfico 70 permite identificar diversas diferenças no comportamento dos nodos para o mesmo teste. Uma das principais diferenças entre os dois nodos, no que diz respeito à utilização de CPU, prende-se com a percentagem desta utilização que é passada a executar código em *user space*, que é superior no nodo r431. Isto pode ser justificado pelo facto deste nodo possuir um processador com uma micro-arquitetura anterior à do nodo r641 que, como foi referido anteriormente, apresenta uma *performance* inferior que resulta num aumento no tempo de execução. Ainda na utilização de CPU é possível identificar uma diferença significativa no comportamento das implementações OMP em ambos os nodos que, como foi referido, pode ser justificada pelas diferentes micro-arquiteturas dos processadores envolvidos. Adicionalmente é ainda possível verificar que a utilização de memória, baseada na capacidade, é superior no nodo r431. Como esta métrica é relativa à capacidade da memória (64GB no caso do nodo r641; 12 ou 48GB no caso do nodo r431) este resultado corresponde ao que seria esperado, dado que a mesma quantidade de memória representará uma percentagem superior no nodo r431. É ainda importante realçar que, nos testes da implementação OMP com compilador GNU e otimização **-O3**, esta diferença é menos notória, devido à existência de nodos do tipo r431 com uma quantidade de memória mais próxima da do nodo r641.

3.5 Comparação entre *benchmarks*: FT vs. LU-MZ

A execução de algoritmos distintos condiciona consideravelmente o comportamento de uma determinada aplicação e, consequentemente da forma como esta condiciona o sistema em que é executada. Isto deve-se ao facto de algoritmos distintos envolverem não só operações diferentes mas também a manipulação de estruturas de dados distintas, alterando, por exemplo, a quantidade de operações que envolvem comunicação de dados ou a quantidade de memória necessária para armazenar as estruturas de dados. A observação dos gráficos 71 e 72 permite visualizar a diferença entre a utilização de memória da *benchmark* FT e da *benchmark* LU-MZ, que é consideravelmente superior na primeira, chegando a tomar valores próximos do dobro da segunda para o mesmo teste (e.g. a versão sequencial de FT consome 2.385 de %MEM por comparação com 1.25% da versão sequencial de LU-MZ, ambas geradas com o compilador Intel e flag **-O3**). Atentando aos valores referente à comunicação e, mais concretamente, aos valores referentes à quantidade de pacotes transmitidos e recebidos por segundo, **rpxck/s** e **txpck/s** respetivamente, é também possível observar que, para o mesmo teste, a utilização da rede por parte da *benchmark* FT é bastante superior à da LU-MZ. No entanto, é importante realçar que isto não resulta numa saturação da rede, não podendo ser considerado como possível causa para problemas na *performance* do sistema.

4 Conclusão

A análise dos resultados anteriores permite concluir que a *benchmark* FT apresenta um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis face à *benchmark* LU-MZ. Adicionalmente, os valores obtidos referentes à utilização do disco não permitiram inferir conclusões concretas quanto ao comportamento do sistema dado que este recurso (disco) é partilhado por diversos nodos do *cluster*. A análise efetuada permitiu ainda observar que as implementações MPI das *benchmarks* apresentam uma utilização da rede superior pela simples razão de serem desenvolvidos num paradigma de memória distribuída com processos comunicantes em execução em nodos distintos.

References

- [1] Barbara Chapman, Gabriele Jost, and Ruud van der Pas. *Using OpenMP*. 2008.
- [2] Ilya Pollak. “Digital Signal Processing with Applications”. In: (2004).

Appendix A Resultados Obtidos

A.1 Benchmark FT

A.1.1 Nodo r641

Classe	Compilador	Flag	Metricas					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	100	0	96.77	0.09	3.13
			Min	99.03	0	96.74	0.09	2.91
			Max	100	0.03	96.78	0.31	3.13
		-O3	Mediana	100	0.095	96.655	0.09	3.13
			Min	99	0	96.28	0.06	2.94
			Max	101	0.5	96.81	0.31	3.16
		-Ofast	Mediana	99.04	0	96.78	0.06	3.13
			Min	99	0	96.75	0.06	2.97
			Max	100	0	96.81	0.28	3.16
	INTEL	-O2	Mediana	100	0.03	96.75	0.06	3.13
			Min	99	0	96.15	0.06	3
			Max	100	0.66	96.78	0.22	3.16
		-O3	Mediana	100	0	96.75	0.09	3.13
			Min	99	0	96.15	0.09	3
			Max	100	0.63	96.78	0.25	3.13
		-Ofast	Mediana	100	0.13	96.62	0.13	3.13
			Min	99	0.06	96.22	0.09	2.94
			Max	100	0.5	96.71	0.34	3.13
B	GNU	-O2	Mediana	100	0	96.78	0.09	3.13
			Min	98.08	0	96.06	0.06	2.72
			Max	100	0.66	96.81	0.5	3.16
		-O3	Mediana	100	0	96.81	0.06	3.13
			Min	99	0	96.12	0.03	2.72
			Max	100	0.69	96.84	0.47	3.16
		-Ofast	Mediana	100	0	96.78	0.09	3.13
			Min	99	0	96.21	0.06	2.69
			Max	100	0.53	96.81	0.53	3.16
	INTEL	-O2	Mediana	100	0	96.81	0.06	3.13
			Min	99	0	96.37	0.06	2.69
			Max	101	0.41	96.81	0.5	3.16
		-O3	Mediana	100	0	96.81	0.06	3.13
			Min	98.1	0	96.12	0.03	2.78
			Max	100	0.66	96.84	0.47	3.16
		-Ofast	Mediana	100	0	96.78	0.06	3.13
			Min	99	0	96.15	0.03	2.72
			Max	101	0.66	96.84	0.47	3.16

Figure 1: Implementação SER: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória			usage (buff + cache)			si	so
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache		
A	GNU	-O2	Mediana	0.5	3.1	0	64023776	202816	625984	0	0
			Min	0.5	3.1	0	64023456	202816	625976	0	0
			Max	0.5	3.1	0	64350080	202816	625984	0	0
		-O3	Mediana	0.5	3.1	0	64024708	202816	626044	0	0
			Min	0.5	3.1	0	64024196	202816	626040	0	0
			Max	0.5	3.1	0	64351384	202816	626048	0	0
		-Ofast	Mediana	0.5	3.1	0	64024092	202820	626120	0	0
			Min	0.5	3.1	0	64023620	202820	626116	0	0
			Max	0.5	3.1	0	64353144	202820	626124	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.5	3.38	0	63837884	202828	811272	0	0
			Min	0.5	3.38	0	63837520	202828	811268	0	0
			Max	0.5	3.38	0	64167548	202828	811272	0	0
		-O3	Mediana	0.5	3.38	0	63837982	202828	811332	0	0
			Min	0.5	3.38	0	63837864	202828	811324	0	0
			Max	0.5	3.38	0	64167644	202828	811332	0	0
		-Ofast	Mediana	0.5	3.38	0	63837036	202832	811384	0	0
			Min	0.5	3.38	0	63836532	202832	811380	0	0
			Max	0.5	3.38	0	64166564	202832	811388	0	0
B	GNU	-O2	Mediana	1.955	4.87	0	62858792	202840	809648	0	0
			Min	0.8	3.68	0	62857676	202840	809644	0	0
			Max	1.99	4.87	0	64173736	202840	809652	0	0
		-O3	Mediana	1.99	4.86	0	62858420	202844	809928	0	0
			Min	0.8	3.68	0	62857596	202844	809920	0	0
			Max	1.99	4.88	0	64173152	202844	809932	0	0
		-Ofast	Mediana	1.84	4.87	0	62858144	202844	810228	0	0
			Min	0.8	3.68	0	62857348	202844	810224	0	0
			Max	1.99	4.87	0	64173144	202844	810232	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	1.79	4.87	0	62856124	202848	812284	0	0
			Min	0.8	3.68	0	62855324	202848	812280	0	0
			Max	1.99	4.87	0	64172076	202848	812300	0	0
		-O3	Mediana	1.79	4.87	0	62854988	202852	812576	0	0
			Min	0.8	3.68	0	62854164	202852	812572	0	0
			Max	1.99	4.87	0	64171024	202852	812584	0	0
		-Ofast	Mediana	1.98	4.92	0	62841084	202856	812840	0	0
			Min	0.8	3.73	0	62840280	202856	812836	0	0
			Max	1.99	4.92	0	64156280	202856	812844	0	0

Figure 2: Implementação SER: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos							
				Blk_read/s	Blk_wrtn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_crr	io_sec
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	1296	87297	1727431	276525634	0	107957
			Min	0	0	1296	87297	1727431	276525634	0	107957
			Max	0.09	2.52	1296	87297	1727431	276526173	0	107957
		-O3	Mediana	0	0	1296	87297	1727431	276536990	0	107958
			Min	0	0	1296	87297	1727431	276535814	0	107958
			Max	0.09	24	1296	87297	1727431	276536990	0	107958
		-Ofast	Mediana	0	0	1296	87297	1727431	276544284	0	107960
			Min	0	0	1296	87297	1727431	276544242	0	107960
			Max	0.09	8	1296	87297	1727431	276544284	0	107960
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	1296	87297	1727431	276549112	0	107961
			Min	0	0	1296	87297	1727431	276548427	0	107961
			Max	0.09	2.52	1296	87297	1727431	276549112	0	107961
		-O3	Mediana	0	1.26	1296	87297	1727431	2.77E+08	0	107963
			Min	0	0	1296	87297	1727431	276554549	0	107963
			Max	0.09	40	1296	87297	1727431	276555030	0	107963
		-Ofast	Mediana	0	5.26	1296	87297	1727431	2.77E+08	0	107964
			Min	0	0	1296	87297	1727431	276559175	0	107964
			Max	0.09	24	1296	87297	1727431	276560344	0	107964
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	1296	87297	1727437	276578297	0	107970
			Min	0	0	1296	87297	1727437	276575801	0	107969
			Max	0.09	56	1296	87297	1727437	276578297	0	107970
		-O3	Mediana	0	0	1296	87297	1727437	276596667	0	107976
			Min	0	0	1296	87297	1727437	276598298	0	107976
			Max	0.09	48	1296	87297	1727437	276600014	0	107976
		-Ofast	Mediana	0	0	1296	87297	1727438	276622288	0	107983
			Min	0	0	1296	87297	1727438	276620126	0	107983
			Max	0.09	48	1296	87297	1727438	276622288	0	107983
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	1296	87297	1727445	2.77E+08	0	107995
			Min	0	0	1296	87297	1727445	276656755	0	107994
			Max	0.09	48	1296	87297	1727445	276661353	0	107996
		-O3	Mediana	0	0	1296	87297	1727452	276699745	0	108009
			Min	0	0	1296	87297	1727452	276697544	0	108008
			Max	0.09	88	1296	87297	1727452	276701855	0	108010
		-Ofast	Mediana	0	0	1296	87297	1727452	276739340	0	108023
			Min	0	0	1296	87297	1727452	276737894	0	108023
			Max	0.09	48	1296	87297	1727452	276742245	0	108024

Figure 3: Implementação SER: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	67.68	81.82	12.05	23.77	112.12
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	15.69	27.45	2.77	14.02	72.55
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	16.33	26.53	2.89	12.3	37.76
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	13.27	22.45	2.23	13.72	75.51
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	16.49	61.86	2.24	15.41	234.69
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	60.61	76.77	11.02	20.71	149.49
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	19.39	76.29	3.33	47.34	188.78
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	86.87	122.22	15.19	57.14	225.25
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	21.43	75.51	3.49	27.37	224.24
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	76.53	118.37	13.32	66.78	264.29
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	20.2	75.51	3.16	31.28	186.87
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	78	108	13.87	42.81	226.53

Figure 4: Implementação SER: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metricas					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	740.38	0	4.5	3.59	91.9
			Min	740.38	0	4.5	3.59	91.9
			Max	740.38	0	4.5	3.59	91.9
		-O3	Mediana	922.86	0	3.53	3.81	92.66
			Min	922.86	0	3.53	3.81	92.66
			Max	922.86	0	3.53	3.81	92.66
		-Ofast	Mediana	656.19	0	3.69	3.72	92.6
			Min	656.19	0	3.69	3.72	92.6
			Max	656.19	0	3.69	3.72	92.6
	INTEL	-O2	Mediana	1222.33	0	30.57	3.25	66.18
			Min	1222.33	0	30.57	3.25	66.18
			Max	1222.33	0	30.57	3.25	66.18
		-O3	Mediana	1180.58	0	20.06	3.62	76.31
			Min	1180.58	0	20.06	3.62	76.31
			Max	1180.58	0	20.06	3.62	76.31
		-Ofast	Mediana	1097.09	0	33.91	2.88	63.21
			Min	1097.09	0	32.06	2.69	61.55
			Max	1097.09	0	35.76	3.07	64.87
B	GNU	-O2	Mediana	3132.32	0	0.895	0.075	99.03
			Min	3014.95	0	0.88	0.06	79.04
			Max	3165.35	0	16.99	3.97	99.06
		-O3	Mediana	3105	0	1.69	0.16	94.59
			Min	3031.48	0	0.56	0.12	87.69
			Max	3136	0	12.16	3.72	99.31
		-Ofast	Mediana	3111	0	0.22	0.06	99.72
			Min	3079.82	0	0.19	0.06	85.92
			Max	3189	0	10.01	4.07	99.75
	INTEL	-O2	Mediana	2964	0	3.12	1.5	95.4
			Min	2757.28	0	3.09	1.16	89.12
			Max	3071	0	6.12	4.75	95.75
		-O3	Mediana	2962.14	0	3.03	1.56	95.4
			Min	2943	0	2.41	1.22	88.25
			Max	3013	0.63	7.28	4.47	95.75
		-Ofast	Mediana	2930	0	6.19	1.56	92.22
			Min	2912	0	5.57	1.19	85.74
			Max	3219	0.63	9.26	5	92.62

Figure 5: Implementação OMP: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metricas	Utilização da memória				usage (buff + cache)			
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache	si	so
A	GNU	-O2	Mediana	0.51	3.14	3200293	32274186	421984	319660	0	0
			Min	0.51	3.14	0	204640	204640	0	0	0
			Max	0.51	3.14	6400586	64343732	639328	639320	0	0
		-O3	Mediana	0.51	3.14	3199568	32266922	422032	319708	0	0
			Min	0.51	3.14	0	204640	204640	0	0	0
			Max	0.51	3.14	6399138	64329204	639424	639416	0	0
		-Ofast	Mediana	0.51	3.14	3199733	32268226	422072	319752	0	0
			Min	0.51	3.14	0	204640	204640	0	0	0
			Max	0.51	3.14	6399467	64331812	639504	639504	0	0
B	INTEL	-O2	Mediana	0.59	3.55	3186785	32161212	515546	413224	0	0
			Min	0.59	3.55	0	204652	204644	0	0	0
			Max	0.59	3.55	6373578	64117772	826448	826448	0	0
		-O3	Mediana	0.6	3.55	3185991	32155426	515592	413264	0	0
			Min	0.6	3.54	0	204652	204652	0	0	0
			Max	0.6	3.56	6371983	64106200	826532	826528	0	0
		-Ofast	Mediana	0.59	3.55	3186650	32159370	515636	413304	0	0
			Min	0.59	3.55	0	204656	204656	0	0	0
			Max	0.59	3.55	6373301	64114084	826616	826608	0	0
A	GNU	-O2	Mediana	2.02	4.89	6283161	202892	814548	0	0	0
			Min	2.02	4.89	0	202892	202888	0	0	0
			Max	2.02	4.89	6283277	64142052	814548	814544	0	0
		-O3	Mediana	2.02	4.89	6284364	202892	814632	0	0	0
			Min	2.02	4.89	0	202892	202892	0	0	0
			Max	2.02	4.89	6284425	64175680	814632	814624	0	0
		-Ofast	Mediana	2.02	4.89	6284173	202900	814700	0	0	0
			Min	2.02	4.89	0	202900	202900	0	0	0
			Max	2.02	4.89	6284174	64172640	814700	814688	0	0
B	INTEL	-O2	Mediana	2.09	4.99	6278474	202904	816848	0	0	0
			Min	2.09	4.99	0	202904	202904	0	0	0
			Max	2.09	4.99	6278701	64152560	816848	816836	0	0
		-O3	Mediana	2.08	5	6277964	202904	816920	0	0	0
			Min	2.08	4.99	0	202904	202904	0	0	0
			Max	2.08	5	6278236	64148740	816920	816912	0	0
		-Ofast	Mediana	2.08	5	6277794	202908	816984	0	0	0
			Min	2.08	4.99	0	202908	202908	0	0	0
			Max	2.08	5	6278057	64145688	816984	816976	0	0

Figure 6: Implementação OMP: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metricas	Utilização dos discos							
				Blk.read/s	Blk.wrtn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_cur	io_sec
A	GNU	-O2	Mediana	0.045	1.255	1296	89891	1733335	281832671	0	109966
			Min	0	0	1296	89891	1733335	281832671	0	109966
			Max	0.09	2.51	1296	89891	1733335	281832671	0	109966
		-O3	Mediana	0.045	1.255	1296	89891	1733335	281833944	0	109967
			Min	0	0	1296	89891	1733335	281833944	0	109967
			Max	0.09	2.51	1296	89891	1733335	281833944	0	109967
		-Ofast	Mediana	0.045	1.255	1296	89891	1733335	2.82E+08	0	109967
			Min	0	0	1296	89891	1733335	281836301	0	109967
			Max	0.09	2.51	1296	89891	1733335	281836820	0	109967
B	INTEL	-O2	Mediana	0.045	1.255	1296	89891	1733371	281841751	0	109968
			Min	0	0	1296	89891	1733371	281841751	0	109968
			Max	0.09	2.51	1296	89891	1733371	281841751	0	109968
		-O3	Mediana	0	0	1296	89891	1733371	281846040	0	109969
			Min	0	0	1296	89891	1733371	281846040	0	109969
			Max	0.09	2.51	1296	89891	1733371	281847021	0	109969
		-Ofast	Mediana	0	2.51	1296	89891	1733371	281849414	0	109969
			Min	0	0	1296	89891	1733371	281849414	0	109969
			Max	0.09	32	1296	89891	1733371	281849414	0	109969
A	GNU	-O2	Mediana	0	1.26	1296	87297	1727453	2.77E+08	0	108030
			Min	0	0	1296	87297	1727453	276769513	0	108030
			Max	0.09	8	1296	87297	1727453	276770200	0	108031
		-O3	Mediana	0	0	1296	87297	1727453	276776615	0	108032
			Min	0	0	1296	87297	1727453	276776568	0	108032
			Max	0.09	2.52	1296	87297	1727453	276776568	0	108032
		-Ofast	Mediana	0	0	1296	87297	1727459	276782865	0	108033
			Min	0	0	1296	87297	1727459	276782435	0	108033
			Max	0.09	2.52	1296	87297	1727459	276783295	0	108033
B	INTEL	-O2	Mediana	0	0	1296	87297	1727459	276788255	0	108035
			Min	0	0	1296	87297	1727459	276788255	0	108035
			Max	0.09	56	1296	87297	1727459	276789405	0	108035
		-O3	Mediana	0	0	1296	87297	1727459	276797880	0	108037
			Min	0	0	1296	87297	1727459	276797461	0	108037
			Max	0.09	48	1296	87297	1727459	276798313	0	108037
		-Ofast	Mediana	0	1.26	1296	87297	1727459	276805166	0	108039
			Min	0	0	1296	87297	1727459	276805166	0	108039
			Max	0.09	72	1296	87297	1727459	276805166	0	108039

Figure 7: Implementação OMP: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkb/s	txkb/s	rxmcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	58.59	79.8	10.69	16.91	37.37
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	53.54	70.71	9.48	15.14	74.75
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	32.32	45.45	5.71	13.16	74.75
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	17	25	2.98	12.1	222
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	17	24	2.75	11.8	82
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	15	23	2.63	11.74	185
		-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	76	95	13.13	27.31	185
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	9	19	1.68	10.89	184
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	20	26	2.65	11.7	112.12

Figure 8: Implementação OMP: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metricas	%CPU %iowait %idle %system %user				
				Mediana	Min	Max	Mediana	Min
A	GNU	-O2	Mediana	100	0.13	87.27	3.65	8.59
			Min	78.64	0	86.82	2.25	4.16
			Max	102	0.59	92.99	4.22	9.49
		-O3	Mediana	99	0.06	87.33	4.03	8.57
			Min	80.77	0	86.75	2.51	6.52
			Max	100	0.57	90.57	4.12	9.06
		-Ofast	Mediana	99	0	87.36	3.64	8.72
			Min	79.61	0	86.75	2.5	7.14
			Max	102	0.63	90.36	3.99	9.07
	INTEL	-O2	Mediana	99	0	87.37	6.56	4.74
			Min	65.05	0	86.68	4.93	3.77
			Max	100	0.69	91.31	7.88	6.06
		-O3	Mediana	98.5	0.6	87.32	7.41	5.24
			Min	66.35	0	86.75	2.51	1.69
			Max	100	0.69	95.11	7.41	5.27
		-Ofast	Mediana	99.5	0	87.39	6.28	5.84
			Min	64.76	0	87.38	2.57	1.91
			Max	100	0.16	95.36	6.78	6.34
B	GNU	-O2	Mediana	100	0	74.91	0.06	25.01
			Min	69.9	0	74.3	0.06	12.72
			Max	101	2.32	83.03	1.94	25.04
		-O3	Mediana	100	0	74.92	0.09	25.01
			Min	68.93	0	74.3	0.03	15.59
			Max	101	0.59	82.75	1.66	25.03
		-Ofast	Mediana	100	0	74.9	0.09	25
			Min	68.93	0	74.28	0.06	15.88
			Max	2166	0.63	81.89	1.59	25.02
	INTEL	-O2	Mediana	100	0	87.35	6.35	6.22
			Min	59.22	0	86.74	1.63	3.37
			Max	101	0.6	94.62	9.35	6.94
		-O3	Mediana	100	0	87.34	6.76	5.75
			Min	56.73	0	86.54	3.45	3.62
			Max	101	0.79	92	9.04	6.95
		-Ofast	Mediana	100	0	87.3	6.81	5.76
			Min	54.81	0	86.71	3.23	3.12
			Max	101	0.63	92.25	9.62	6.95

Figure 9: Implementação MPI Ethernet: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metricas	Utilização da memória				usage (buff + cache)				si	so
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache				
A	GNU	-O2	Mediana	0.1	2.89	222828	64162210	235420	546388	0	0	0	0
			Min	0.08	2.8	222828	64161452	235420	544612	0	0		
			Max	0.1	2.89	222828	64406680	235420	546388	0	0		
		-O3	Mediana	0.1	3.34	222828	63867274	236492	836252	0	0	0	0
			Min	0.08	3.25	222828	63866536	236492	834296	0	0		
			Max	0.1	3.34	222828	64111752	236492	836588	0	0		
		-Ofast	Mediana	0.1	3.34	222828	63894694	236492	836526	0	0	0	0
			Min	0.08	3.26	222828	63864500	236492	833916	0	0		
			Max	0.1	3.34	222828	64111952	236492	836528	0	0		
	INTEL	-O2	Mediana	0.13	3.31	16336	63882388	359792	636432	0	0	0	0
			Min	0.1	3.21	16336	63872312	359792	618116	0	0		
			Max	0.14	3.33	16336	64175648	359792	636936	0	0		
		-O3	Mediana	0.13	3.28	222828	63953594	236076	742026	0	0	0	0
			Min	0.1	3.17	222828	63916600	236076	723608	0	0		
			Max	0.13	3.28	222828	64221264	236076	743148	0	0		
		-Ofast	Mediana	0.13	2.78	41196	64270566	243036	422850	0	0	0	0
			Min	0.1	2.72	41196	64227372	243036	406476	0	0		
			Max	0.14	2.8	41196	64534192	243036	425168	0	0		
B	GNU	-O2	Mediana	0.56	6.18	222828	62016240	235420	1031252	0	0	0	0
			Min	0.17	4.29	222828	6235420	235420	0	0	0		
			Max	0.62	6.19	6201686	64127864	1032340	1036784	0	0		
		-O3	Mediana	0.54	6.14	222828	61994392	235420	1038184	0	0	0	0
			Min	0.17	4.28	222828	6235420	235420	0	0	0		
			Max	0.62	6.15	6200175	64130456	1040320	1045316	0	0		
		-Ofast	Mediana	0.54	6.18	222828	62005556	235420	1027792	0	0	0	0
			Min	0.17	4.29	222828	6235420	235420	0	0	0		
			Max	0.64	6.18	6324042	64131124	1027836	1033808	0	0		
	INTEL	-O2	Mediana	0.45	4.57	222828	63049844	235420	892116	0	0	0	0
			Min	0.3	4.06	222828	63012188	235420	823192	0	0		
			Max	0.49	4.64	222828	64094832	235420	892216	0	0		
		-O3	Mediana	0.46	4.6	222828	63040328	235420	898464	0	0	0	0
			Min	0.3	4.08	222828	62998792	235420	823832	0	0		
			Max	0.49	4.66	222828	64118372	235420	910856	0	0		
		-Ofast	Mediana	0.45	4.59	222828	63046444	235420	894588	0	0	0	0
			Min	0.3	4.06	222828	63007644	235420	823528	0	0		
			Max	0.49	4.65	222828	64118744	235420	897776	0	0		

Figure 10: Implementação MPI Ethernet: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metricas	Utilização dos discos								io.cur	io.sec
				Blk_read/s	Blk_wrttn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io.cur	io.sec		
A	GNU	-O2	Mediana	0	24	146949	71400274	1543680595	2654957334	0	1662694	0	0
			Min	0	0	146949	71400274	1543680595	2654957334	0	1662694		
			Max	6.84	280	146949	71400274	1543680602	2654968849	0	1662694		
		-O3	Mediana	0	0	146949	71402089	1543680932	2656564978	0	1663114	0	0
			Min	0	0	146949	71402089	1543680932	2656563193	0	1663114		
			Max	6.84	150.21	146949	71402089	1543680932	2656566763	0	1663114		
		-Ofast	Mediana	0	0	146949	71402089	1543680957	2656597127	0	1663116	0	0
			Min	0	0	146949	71402089	1543680956	2656597113	0	1663116		
			Max	6.84	150.21	146949	71402089	1543680957	2656597127	0	1663116		
	INTEL	-O2	Mediana	0	20	322373	4259547	864988102	1108206081	0	1.39E+06	0	0
			Min	0	0	322373	4259547	864988102	1108205739	0	1390846		
			Max	16.24	173.84	322373	4259547	864988102	1108206423	0	1390847		
		-O3	Mediana	0	20	146949	71400517	1543680885	2656405127	0	1663079	0	0
			Min	0	0	146949	71400517	1543680885	2656405127	0	1663079		
			Max	6.84	150.22	146949	71400517	1543680885	2656405127	0	1663079		
		-Ofast	Mediana	3.03	0	144627	13240229	1170561509	3.35E+09	0	1859153	0	0
			Min	0	0	144627	13240229	1170561509	3353624852	0	1859153		
			Max	16	220.12	144627	13240229	1170561509	3353625551	0	1859153		
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	146949	7140274	1543680615	2655017860	0	1662702	0	0
			Min	0	0	146949	7140274	1543680615	2655017860	0	1662701		
			Max	6.84	150.28	146949	7140274	1543680615	2655020116	0	1662702		
		-O3	Mediana	0	0	146949	71400274	1543680615	2655045599	0	1662710	0	0
			Min	0	0	146949	71400274	1543680615	2655043941	0	1662709		
			Max	6.84	150.28	146949	71400274	1543680615	2655046933	0	1662710		
		-Ofast	Mediana	0	0	146949	71400274	1543680630	2655068875	0	1662718	0	0
			Min	0	0	146949	71400274	1543680630	2655067214	0	1662717		
			Max	6.84	150.28	146949	71400274	1543680630	2655069904	0	1662718		
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	146949	71400274	1543680631	2655098248	0	1662727	0	0
			Min	0	0	146949	71400274	1543680631	2655098248	0	1662726		
			Max	6.84	150.28	146949	71400274	1543680646	26551328320	0	1662737		
		-O3	Mediana	0	0	146949	71400274	1543680646	2655132810	0	1662738	0	0
			Min	0	0	146949	71400274	1543680651	2655160817	0	1662747		
			Max	6.84	150.27	146949	71400274	1543680651	2655164359	0	1662747		

Figure 11: Implementação MPI Ethernet: Util

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	99417.17	96590.91	123798.6	124082.92	112.12
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	103325.25	104274.75	132012.95	132183.68	75.76
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	103338	105565	129896.2	132687.66	223
		-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	99168.69	100922.22	121115.22	110708.15	112.12
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	259.18	345.92	44.92	108.64	224.24
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	255	334	44.48	106.53	224.24
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	260.61	329.29	44.15	106.11	185
		-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 12: Implementação MPI Ethernet: Saturação/Utilização Rede

A.1.2 Nodo r431

Classe	Compilador	Flag	Metricas					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	100	0	95.62	0.04	3.96
			Max	100	0.12	95.79	0.25	4.21
		-O3	Mediana	100	0	95.73	0.04	4.17
			Min	100	0	95.58	0.04	4
			Max	100	0.17	95.83	0.29	4.21
		-Ofast	Mediana	99.995	0	95.75	0.06	4.17
			Min	99	0	95.62	0.04	3.96
			Max	101	0.17	95.79	0.25	4.21
	INTEL	-O2	Mediana	100	0	95.75	0.04	4.17
			Min	100	0	95.71	0.04	4
			Max	100	0.08	95.79	0.25	4.17
		-O3	Mediana	100	0	95.71	0.08	4.17
			Min	99.03	0	95.66	0.04	3.96
			Max	100	0.13	95.79	0.25	4.21
		-Ofast	Mediana	100	0	95.75	0.08	4.17
			Min	99.03	0	95.75	0.04	4
			Max	100	0	95.79	0.25	4.17
B	GNU	-O2	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	99	0	95.66	0	3.83
			Max	101	0.08	95.83	0.42	4.21
		-O3	Mediana	100	0	95.75	0.04	4.17
			Min	99	0	95.41	0	3.83
			Max	101	0.33	95.83	0.42	4.21
		-Ofast	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	99	0	95.58	0	3.83
			Max	101	0.21	95.83	0.42	4.21
	INTEL	-O2	Mediana	100	0	95.75	0.06	4.17
			Min	98.08	0	95.5	0.04	3.83
			Max	101	0.25	95.79	0.42	4.21
		-O3	Mediana	100	0	95.75	0.04	4.17
			Min	99	0	95.58	0	3.83
			Max	101	0.17	95.83	0.42	4.21
		-Ofast	Mediana	100	0	95.77	0.04	4.17
			Min	99	0	95.62	0.04	3.84
			Max	101	0.13	95.79	0.42	4.21

Figure 13: Implementação SER: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória				usage (buff + cache)			
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache	si	so
A	GNU	-O2	Mediana	0.67	5.1	43156	47022300	236760	1265340	0	0
			Min	0.67	5.1	43156	47021952	236760	1265332	0	0
			Max	0.67	5.1	43156	47350736	236760	1265340	0	0
		-O3	Mediana	0.67	5.1	43156	47023048	236760	1265404	0	0
			Min	0.67	5.1	43156	47351500	236760	1265404	0	0
			Max	0.67	5.1	43156	47022820	236760	1265472	0	0
		-Ofast	Mediana	0.67	5.1	43156	47023384	236760	1265476	0	0
			Min	0.67	5.1	43156	47022404	236760	1265396	0	0
			Max	0.67	5.1	43156	47352296	236760	1265476	0	0
B	INTEL	-O2	Mediana	0.67	5.11	43156	47021164	236760	1267328	0	0
			Min	0.67	5.1	43156	47020876	236760	1267324	0	0
			Max	0.67	5.11	43156	47350400	236760	1267328	0	0
		-O3	Mediana	0.67	5.11	43156	47019550	236760	1267384	0	0
			Min	0.67	5.11	43156	47019212	236760	1267380	0	0
			Max	0.67	5.11	43156	47349104	236760	1267388	0	0
		-Ofast	Mediana	0.67	5.11	43156	47019084	236760	1267444	0	0
			Min	0.67	5.11	43156	47018804	236760	1267440	0	0
			Max	0.67	5.11	43156	47348592	236760	1267444	0	0
A	GNU	-O2	Mediana	2.495	7.09	43156	46039404	236760	1265708	0	0
			Min	1.06	5.5	43156	46038524	236760	1265704	0	0
			Max	2.65	7.09	43156	47355076	236760	1265712	0	0
		-O3	Mediana	2.475	7.09	43156	46039564	236760	1266008	0	0
			Min	1.06	5.49	43156	46039056	236760	1266000	0	0
			Max	2.65	7.09	43156	47355232	236760	1266012	0	0
		-Ofast	Mediana	2.535	7.09	43156	46038652	236760	1266324	0	0
			Min	1.06	5.5	43156	46038232	236760	1266320	0	0
			Max	2.65	7.09	43156	47354352	236760	1266328	0	0
B	INTEL	-O2	Mediana	2.385	7.09	43156	46036872	236760	1268392	0	0
			Min	1.07	5.5	43156	46036492	236760	1268388	0	0
			Max	2.65	7.09	43156	47352584	236760	1268396	0	0
		-O3	Mediana	2.385	7.09	43156	46037068	236760	1268652	0	0
			Min	1.07	5.5	43156	46036692	236760	1268648	0	0
			Max	2.65	7.09	43156	47352296	236760	1268660	0	0
		-Ofast	Mediana	2.385	7.09	43156	46036452	236760	1268924	0	0
			Min	1.07	5.5	43156	46036036	236760	1268920	0	0
			Max	2.65	7.1	43156	47352500	236760	1268928	0	0

Figure 14: Implementação SER: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos							
				blk_read/s	blk_wrttn/s	reads_merged	read_ms	writes_merged	writes_ms	io_csr	io_sec
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	49453	270174	84778591	98933524	0	19875
			Min	0	0	49453	270174	84778586	98933510	0	19875
			Max	0.13	41.4	49453	270174	84778591	98933524	0	19875
		-O3	Mediana	0	0	49453	270174	84778620	98933700	0	19875
			Min	0	0	49453	270174	84778619	98933681	0	19875
			Max	0.13	41.4	49453	270174	84778629	98933719	0	19875
		-Ofast	Mediana	0	0	49453	270174	84778652	98933923	0	19875
			Min	0	0	49453	270174	84778651	98933901	0	19875
			Max	0.13	41.4	49453	270174	84778652	98933923	0	19875
B	INTEL	-O2	Mediana	0	28	49453	270174	84778675	98934091	0	19876
			Min	0	0	49453	270174	84778675	98934091	0	19876
			Max	0.13	41.4	49453	270174	84778679	98934123	0	19876
		-O3	Mediana	0	0	49453	270174	84778698	98934313	0	19876
			Min	0	0	49453	270174	84778699	98934338	0	19876
			Max	0.13	41.4	49453	270174	84778723	98934625	0	19876
		-Ofast	Mediana	0	20	49453	270174	84778723	98934625	0	19876
			Min	0	0	49453	270174	84778723	98934625	0	19876
			Max	0.13	41.4	49453	270174	84778724	98934647	0	19876
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	49453	270174	84778783	98935223	0	19877
			Min	0	0	49453	270174	84778771	98935129	0	19877
			Max	0.13	80	49453	270174	84778783	98935226	0	19877
		-O3	Mediana	0	0	49453	270174	84778833	98935979	0	19877
			Min	0	0	49453	270174	84778826	98935912	0	19877
			Max	0.13	41.4	49453	270174	84778838	98936014	0	19877
		-Ofast	Mediana	0	0	49453	270174	84778884	98936662	0	19878
			Min	0	0	49453	270174	84778883	98936615	0	19878
			Max	0.13	48	49453	270174	84778885	98936687	0	19878
B	INTEL	-O2	Mediana	0	0	49453	270174	84778975	9896407	0	19879
			Min	0	0	49453	270174	84778970	98938021	0	19879
			Max	0.13	48	49453	270174	84778981	98938222	0	19880
		-O3	Mediana	0	0	49453	270174	84779083	98939878	0	19881
			Min	0	0	49453	270174	84779078	98939772	0	19881
			Max	0.13	56	49453	270174	84779086	98939951	0	19881
		-Ofast	Mediana	0	0	49453	270174	84779197	98941671	0	19883
			Min	0	0	49453	270174	84779194	98941590	0	19883
			Max	0.13	104	49453	270174	84779207	98941771	0	19883

Figure 15: Implementação SER: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcst/s
A	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	20	32	3.69	15.17	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	15.84	26.73	2.92	14.22	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	16	27	2.82	14.24	0
		GNU	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	10	18	1.62	10.71	0
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	9	37	1.57	10.71	0
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	11	18	1.81	10.84	0
B	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	81	120	13.78	68.45	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	32.32	74	5.09	58.35	1
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	80	113	13.83	61.77	1
		GNU	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	16.16	44.44	2.53	44.26	1.01
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	82.83	119.19	13.53	64.26	1.01
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	16	42	2.5	41.57	0

Figure 16: Implementação SER: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metricas	%CPU %iowait %idle %system %user				
				Mediana	Min	Max	Mediana	Min
A	GNU	-O2	Mediana	146.05	0	3.62	1.33	95.04
			Min	97	0	2.63	1.29	94.41
			Max	193	0	4.17	1.42	96.04
		-O3	Mediana	112.5	0	3.92	1.58	94.5
			Min	109	0	2.67	1.5	93.54
			Max	185.71	0.12	4.83	1.59	95.75
		-Ofast	Mediana	121.76	0	2.63	1.54	95.83
			Min	114	0	2.17	1.54	94.29
			Max	129.52	0	4.17	1.58	96.29
	INTEL	-O2	Mediana	1913	0	11.17	2.58	86.16
			Min	1347	0	6.29	2.17	75.79
			Max	2122	0.08	21.17	3	91.42
		-O3	Mediana	1469	0	9.92	2.84	86.99
			Min	709	0	5.63	2.21	77.69
			Max	2021.36	0.04	19.47	3.08	92.16
		-Ofast	Mediana	1390	0	10.46	2.92	87.29
			Min	991	0	7.17	2.17	63.14
			Max	2162.14	0.08	34.65	3.13	89.91
B	GNU	-O2	Mediana	2302.5	0	2.92	0.125	96.92
			Min	2192	0	2.46	0.08	91.79
			Max	2572	0.04	4.04	4.17	97.42
		-O3	Mediana	2317.51	0	2.225	0.13	97.625
			Min	2108	0	1.83	0.12	91.79
			Max	2495	0.04	2.5	5.75	98.04
		-Ofast	Mediana	2348.77	0	2.69	0.13	97.17
			Min	2129	0	2.38	0.08	90.84
			Max	2474	0.04	3.58	5.54	97.54
	INTEL	-O2	Mediana	2256	0	4.09	1.4	94.54
			Min	1740.19	0	3.88	0.96	88.79
			Max	2380	0.21	5.79	5.42	94.99
		-O3	Mediana	2302.5	0	4.17	1.4	94.44
			Min	1931	0	4	1.04	88.03
			Max	2396	0.17	7.51	4.46	94.79
		-Ofast	Mediana	2277	0	0.83	0.46	98.71
			Min	2156	0	0	0.29	87.11
			Max	2374	0.17	8.22	4.67	99.71

Figure 17: Implementação OMP: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória			usage (buff + cache)			si	so
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache		
A	GNU	-O2	Mediana	0.675	3.08	4767375	239928	391716	0	0	0
			Min	0.67	2.71	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.68	3.38	4806492	48209016	391724	391720	0	0
		-O3	Mediana	0.67	3.39	4787367	239928	391840	0	0	0
			Min	0.67	2.71	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.67	3.39	4787455	48209396	391844	391832	0	0
		-Ofast	Mediana	0.67	3.39	4787318	239928	391962	0	0	0
			Min	0.67	3.39	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.68	3.39	4787364	48207900	391968	391956	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.75	3.86	4763762	239928	578940	0	0	0
			Min	0.75	3.85	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.77	3.86	4763836	48003616	578944	578932	0	0
		-O3	Mediana	0.75	3.87	4763643	239928	579056	0	0	0
			Min	0.75	3.86	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.77	3.89	4764117	47990528	579060	579048	0	0
		-Ofast	Mediana	0.75	3.88	4763603	239928	579170	0	0	0
			Min	0.74	3.86	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.75	3.9	4764120	48000720	579172	579164	0	0
B	GNU	-O2	Mediana	2.68	7.11	4602985	236764	1267876	0	0	0
			Min	2.68	7.11	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.68	7.11	4603098	47352968	1267876	1267872	0	0
		-O3	Mediana	2.68	7.105	4602738	236764	1267984	0	0	0
			Min	2.68	7.1	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.68	7.11	4602832	47354756	1267984	1267976	0	0
		-Ofast	Mediana	2.68	7.11	4602990	236764	1268084	0	0	0
			Min	2.68	7.1	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.68	7.11	4603018	47356244	1268084	1268084	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	2.74	7.19	4598914	236764	1270264	0	0	0
			Min	2.74	7.19	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.74	7.2	4598991	47342128	1270264	1270256	0	0
		-O3	Mediana	2.74	7.19	4598465	236764	1270376	0	0	0
			Min	2.74	7.18	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.74	7.19	4598705	47336436	1270376	1270368	0	0
		-Ofast	Mediana	2.74	7.19	4598047	236764	1270368	0	0	0
			Min	2.74	7.19	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.74	7.2	4598177	47339120	1270372	1270364	0	0

Figure 18: Implementação OMP: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos							
				Blk_read/s	Blk_wrttn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_csr	io_sec
A	GNU	-O2	Mediana	0	4'	9947	127257	87017268	163723336	0	28088
			Min	0	0'	9947	127257	87017259	163723313	0	28088
			Max	0.07	42.14'	9947	127257	87017274	163723337	0	28088
		-O3	Mediana	0	0'	9947	127257	87017322	163723704	0	28089
			Min	0	0'	9947	127257	87017322	163723704	0	28089
			Max	0.07	42.14'	9947	127257	87017322	163723704	0	28089
		-Ofast	Mediana	0	0'	9947	127257	87017372	163724082	0	28089
			Min	0	0'	9947	127257	87017372	163724082	0	28089
			Max	0.07	72'	9947	127257	87017372	163724082	0	28089
	INTEL	-O2	Mediana	0	0'	9947	127257	87017413	1.64E+08	0	28090
			Min	0	0'	9947	127257	87017412	163724419	0	28090
			Max	0.07	42.14'	9947	127257	87017414	163724424	0	28090
		-O3	Mediana	0	0'	9947	127257	87017465	1.64E+08	0	28090
			Min	0	0'	9947	127257	87017463	163724821	0	28090
			Max	0.07	42.14'	9947	127257	87017467	163724846	0	28090
		-Ofast	Mediana	0	0'	9947	127257	87017517	163725174	0	28090
			Min	0	0'	9947	127257	87017514	163725145	0	28090
			Max	0.07	42.14'	9947	127257	87017518	163725176	0	28090
B	GNU	-O2	Mediana	0	0'	49453	270174	84779364	98942915	0	19884
			Min	0	0'	49453	270174	84779363	98942886	0	19884
			Max	0.13	41.39'	49453	270174	84779364	98942918	0	19884
		-O3	Mediana	0	0'	49453	270174	84779401	98943296	0	19885
			Min	0	0'	49453	270174	84779400	98943254	0	19884
			Max	0.13	72'	49453	270174	84779401	98943296	0	19885
		-Ofast	Mediana	0	0'	49453	270174	84779442	98943630	0	19885
			Min	0	0'	49453	270174	84779441	98943630	0	19885
			Max	0.13	561	49453	270174	84779442	98943653	0	19885
	INTEL	-O2	Mediana	0	0'	49453	270174	84779496	98944237	0	19885
			Min	0	0'	49453	270174	84779495	98944200	0	19885
			Max	0.13	41.39'	49453	270174	84779500	98944291	0	19885
		-O3	Mediana	0	0'	49453	270174	84779728	98944960	0	19886
			Min	0	0'	49453	270174	84779722	98944920	0	19886
			Max	0.13	561	49453	270174	84779732	98944987	0	19886
		-Ofast	Mediana	0	0'	49453	270174	84779779	98945494	0	19887
			Min	0	0'	49453	270174	84779778	98945475	0	19887
			Max	0.13	41.39'	49453	270174	84779781	98945507	0	19887

Figure 19: Implementação OMP: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcst/s
A	GNU	-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	16	42	2.5	41.57	0
		-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	28.28	41.41	4.76	18.77	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	27	41	4.65	18.58	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	26	62	4.58	16.25	0
B	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	29	44	5.01	19.01	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	31.68	44.55	5.26	19	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	30	45	5.19	19.19	0
		-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	20	39	2.95	32.1	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	17.82	35.64	2.8	31.61	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	87	114	14.98	44.68	0
C	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	14.14	38.38	2.13	36.14	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	14.85	37.62	2.16	37.72	1
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	14.14	34.34	2.14	34.18	0

Figure 20: Implementação OMP: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metrics					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	100	0	83.24	3.59	11.95
			Min	83.5	0	83.09	2.96	4.04
			Max	101	0.88	92.12	5.14	13.32
		-O3	Mediana	99.505	0	83.17	4.145	12.165
			Min	22	0	83.05	2.59	8.33
			Max	101	0.08	88.05	5.37	13.89
		-Ofast	Mediana	99	0	83.185	3.85	12.175
			Min	11	0	83.05	2.38	6.17
			Max	102	0.88	90.28	6.6	13.89
		-O2	Mediana	100	0	83.1	8.92	7.71
			Min	71.15	0	83.1	3.6	2.8
			Max	102	1	92.59	9.19	7.99
B	INTEL	-O3	Mediana	99	0	83.13	8.73	8.11
			Min	70.59	0	83.02	6.08	5.83
			Max	100.99	0.13	88.1	8.74	8.14
		-Ofast	Mediana	99	0	83.1	8.13	7.96
			Min	71.84	0	83.03	6.09	5.79
			Max	100	0	88.12	9.01	8.77
		-O2	Mediana	100	0	66.6	0.04	33.35
			Min	71.84	0	66.35	0	20.97
			Max	101	0.83	75.95	2.25	33.39
		-O3	Mediana	100	0	66.6	0.04	33.36
			Min	72.82	0	66.44	0	22.12
			Max	102	0.13	75.67	2.09	33.39
		-Ofast	Mediana	100	0	66.58	0.04	33.36
			Min	74.76	0	66.43	0	22.09
			Max	101	0.17	75.7	2.21	33.4
		-O2	Mediana	100	0	83.12	8.51	8.22
			Min	63.11	0	82.93	1.96	4.62
			Max	101	0.17	92.19	12.27	10.59
		-O3	Mediana	100	0	83.13	8.4	8.48
			Min	62.14	0	82.97	4.48	4.72
			Max	101	0.13	88.86	12.18	10.12
		-Ofast	Mediana	100	0	83.12	8.88	7.87
			Min	59.22	0	82.84	4.31	5.26
			Max	101	0.17	88.94	11.66	10.04

Figure 21: Implementação MPI Ethernet: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória				usage (buff + cache)				si	so
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache				
A	GNU	-O2	Mediana	0.52	8.97	11152	11215012	248984	269936	0	0	0	0
			Min	0.4	8.5	11152	11213136	248984	267240	0	0		
			Max	0.52	8.98	11152	11460668	248984	270156	0	0		
		-O3	Mediana	0.52	11.16	11152	10942844	249000	538112	0	0	0	0
			Min	0.04	9.2	11152	10941128	249000	535556	0	0		
			Max	0.52	11.17	11152	11187028	249000	538280	0	0		
		-Ofast	Mediana	0.52	9.34	11152	11168008	249540	313464	0	0	0	0
			Min	0.05	7.39	11152	11166664	249540	310908	0	0		
			Max	0.52	9.36	11152	11413312	249540	313472	0	0		
	INTEL	-O2	Mediana	0.665	12.21	11152	10854332	249540	596910	0	0	0	0
			Min	0.52	11.71	11152	10817808	249540	576828	0	0		
			Max	0.71	12.3	11152	11135544	249540	600268	0	0		
		-O3	Mediana	0.695	12.14	11152	10862774	249540	596456	0	0	0	0
			Min	0.54	11.63	11152	10817296	249540	576756	0	0		
			Max	0.73	12.16	11152	11136460	249540	599304	0	0		
		-Ofast	Mediana	0.7	12.14	11152	10850522	249540	597214	0	0	0	0
			Min	0.54	11.81	11152	10822420	249540	576872	0	0		
			Max	0.73	12.33	11152	11127180	249540	599360	0	0		
B	GNU	-O2	Mediana	2.605	26.84	11152	9013188	248984	793328	0	und	0	0
			Min	0.91	16.69	11152	8949456	248984	0	0	und		
			Max	3.24	27.03	9024556	11150100	806248	814392	0	und		
		-O3	Mediana	2.88	26.98	11152	8994586	248984	811804	0	und	0	0
			Min	0.91	16.78	11152	89898224	11153124	825788	834940	0	und	
			Max	3.32	27.11	11152	9005144	248984	809708	0	0		
		-Ofast	Mediana	2.68	26.73	11152	9005144	248984	809708	0	0	0	0
			Min	0.91	16.66	11152	898984	248984	0	0	0		
			Max	3.24	26.92	9574192	11148232	830548	830508	0	0		
	INTEL	-O2	Mediana	2.46	18.29	11152	10041028	248984	657046	0	0	0	0
			Min	1.57	15.65	11152	10003812	248984	576872	0	0		
			Max	2.62	18.55	11152	11136288	248984	667388	0	0		
		-O3	Mediana	2.41	18.33	11152	10051750	248988	655136	0	0	0	0
			Min	1.63	15.71	11152	10003712	248984	577032	0	0		
			Max	2.65	18.69	11152	11085468	248988	655324	0	0		
		-Ofast	Mediana	2.37	18.32	11152	10038044	248988	659548	0	0	0	0
			Min	1.59	15.63	11152	10003968	248988	577288	0	0		
			Max	2.58	18.61	11152	11127192	248988	667836	0	0		

Figure 22: Implementação MPI Ethernet: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos								io.cur	io.sec
				blk.read/s	blk.wrttn/s	reads_merged	readms	writes_ms	writes_merged	writes.ms	io.cur		
A	GNU	-O2	Mediana	0	9.95	15343488	54256395	98042229	2501553731	0	124032	0	0
			Min	0	0	15343488	54256395	98042222	2501553614	0	124032		
			Max	3.73	152	15343488	54256395	98042246	2501553754	0	124032		
		-O3	Mediana	0	0	15343488	54256415	98065255	2501957807	0	124219	0	0
			Min	0	0	15343488	54256415	98065200	2501957654	0	124219		
			Max	3.72	152	15343488	54256415	98065322	2501958111	0	124219		
		-Ofast	Mediana	0	0	15343488	54256415	98067100	2501980936	0	124231	0	0
			Min	0	0	15343488	54256415	98067041	2501980718	0	124231		
			Max	3.72	176	15343488	54256415	98067165	2501981151	0	124231		
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	15343488	54256415	98067478	2501983421	0	124232	0	0
			Min	0	0	15343488	54256415	98067478	2501983421	0	124232		
			Max	3.72	19.84	15343488	54256415	98067480	2501983463	0	124232		
		-O3	Mediana	0	0	15343488	54256415	98067545	2501984708	0	124232	0	0
			Min	0	0	15343488	54256415	98067544	2501984665	0	124232		
			Max	3.72	19.84	15343488	54256415	98067545	2501984708	0	124232		
		-Ofast	Mediana	0	9.92	15343488	54256415	98067607	2501986034	0	124233	0	0
			Min	0	0	15343488	54256415	98067606	2501986003	0	124233		
			Max	3.72	104	15343488	54256415	98067607	2501986034	0	124233		
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	15343488	54256395	98042483	2501557252	0	124034	0	0
			Min	0	0	15343488	54256395	98042479	2501557026	0	124034		
			Max	3.73	48	15343488	54256395	98042493	2501557466	0	124034		
		-O3	Mediana	0	0	15343488	54256395	9.80E+07	2.50E+09	0	124036	0	0
			Min	0	0	15343488	54256395	98042572	2501561088	0	124036		
			Max	3.73	56	15343488	54256395	98042582	2501561582	0	124036		
		-Ofast	Mediana	0	0	15343488	54256395	9.80E+07	2.50E+09	0	124039	0	0
			Min	0	0	15343488	54256395	98042668	2501565414	0	124038		
			Max	3.73	48	15343488	54256395	98042677	2501565762	0	124039		
B	INTEL	-O2	Mediana	0	0	15343488	54256395	98042753	2501568427	0	124040	0	0
			Min	0	0	15343488	54256395	98042751	2501568328	0	124040		
			Max	3.73	56	15343488	54256395	98042756	2501568555	0	124040		
		-O3	Mediana	0	0	15343488	54256395	98042842	2501571210	0	124042	0	0
			Min	0	0	15343488	54256395	98042841	2501571105	0	124042		
			Max	3.73	96	15343488	54256395	98042845	2501571304	0	124042		
		-Ofast	Mediana	0	0	15343488	54256395	9804					

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxb/s	txb/s	rxcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	163	0	163	0	81617	84228	103334.48	103802.66	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	168	0	168	0	86294.95	85894.95	104867.2	104804.13	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	228.28	0	228.28	0	82836.36	83325	104646.26	104625.2	0
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	0	0	146937.37	141149.49	169389.17
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	3	0	3	0	120200	122260.61	139358.84	142744.75	0
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	357.58	425.25	61.42	85.39	1.01
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	200	263.64	33.68	65.38	1
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	352.53	433.33	61.33	94.23	0
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	13.13	0	13.13	0	176564.65	171877	206114.48	205545.26	1.01
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	164110	169992.93	212060.91	206178.23	0

Figure 24: Implementação MPI Ethernet: Saturação/Utilização Rede

A.2 Benchmark LU-MZ

A.2.1 Nodo r641

Classe	Compilador	Flag	Metricas					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	100	0	96.78	0.06	3.13
			Min	99	0	96.09	0.03	3.1
			Max	100	0.66	96.84	0.19	3.16
		-O3	Mediana	100	0	96.81	0.06	3.13
			Min	99	0	96.18	0.06	3.07
			Max	100	0.63	96.81	0.16	3.16
		-Ofast	Mediana	100	0	96.78	0.09	3.13
			Min	99	0	96.31	0.06	3.13
			Max	101	0.5	96.81	0.13	3.19
	INTEL	-O2	Mediana	100	0	96.78	0.09	3.13
			Min	98.08	0	96.19	0.06	3.1
			Max	101	0.63	96.81	0.13	3.16
		-O3	Mediana	100	0	96.78	0.09	3.13
			Min	84	0	96.18	0.06	2.88
			Max	101	0.59	96.81	0.13	3.16
		-Ofast	Mediana	100	0	96.78	0.06	3.16
			Min	99	0	96.12	0.03	3.1
			Max	100	0.63	96.84	0.13	3.19
B	GNU	-O2	Mediana	100	0	96.81	0.06	3.13
			Min	99	0	96.18	0.03	3
			Max	100	0.63	96.84	0.22	3.19
		-O3	Mediana	100	0	96.78	0.06	3.13
			Min	99	0	96.31	0.03	2.97
			Max	100	0.44	96.84	0.22	3.16
		-Ofast	Mediana	100	0	96.81	0.06	3.13
			Min	99	0	96.15	0.03	3
			Max	101	0.63	96.84	0.25	3.16
	INTEL	-O2	Mediana	100	0	96.81	0.06	3.13
			Min	98.02	0	96.12	0.03	3.03
			Max	101	0.66	96.84	0.22	3.16
		-O3	Mediana	100	0	96.78	0.09	3.13
			Min	99	0	96.12	0.06	3.03
			Max	100	0.59	96.81	0.22	3.16
		-Ofast	Mediana	100	0	96.78	0.09	3.13
			Min	99	0	96.15	0.06	2.63
			Max	100	0.59	96.81	0.19	3.16

Figure 25: Implementação SER: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória				usage (buff + cache)			
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpdb	free	buff	cache	si	so
A	GNU	-O2	Mediana	0.06	2.69	0	64297024	204236	638600	0	0
			Min	0.06	2.69	0	64295908	204236	638592	0	0
			Max	0.06	2.69	0	64332972	204236	638600	0	0
		-O3	Mediana	0.06	2.54	222836	64393576	235392	536360	0	0
			Min	0.06	2.54	222836	64393156	235392	536348	0	0
			Max	0.06	2.54	222836	64432624	235392	536360	0	0
		-Ofast	Mediana	0.06	2.54	222836	64392572	235392	536564	0	0
			Min	0.06	2.54	222836	64431112	235392	536564	0	0
			Max	0.06	2.54	222836	64431112	235392	536564	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.06	2.75	222836	64253516	235392	675368	0	0
			Min	0.06	2.75	222836	64252792	235392	675360	0	0
			Max	0.06	2.75	222836	64291532	235392	675376	0	0
		-O3	Mediana	0.06	2.75	222836	64291380	235392	675556	0	0
			Min	0.06	2.75	222836	64253084	235392	675748	0	0
			Max	0.06	2.75	222836	64252522	235392	675740	0	0
		-Ofast	Mediana	0.06	2.75	222836	64290800	235392	675752	0	0
			Min	0.06	2.75	222836	64290800	235392	675752	0	0
			Max	0.06	2.75	222836	64290800	235392	675752	0	0
B	GNU	-O2	Mediana	0.23	2.92	222836	64140964	235392	674908	0	0
			Min	0.23	2.92	222836	64139600	235392	674896	0	0
			Max	0.23	2.93	222836	64293172	235392	674916	0	0
		-O3	Mediana	0.23	2.93	222836	64140248	235392	675668	0	0
			Min	0.23	2.93	222836	64139276	235392	675656	0	0
			Max	0.23	2.93	222836	64292624	235392	675672	0	0
		-Ofast	Mediana	0.23	2.93	222836	64139588	235392	676264	0	0
			Min	0.23	2.93	222836	64138752	235392	676252	0	0
			Max	0.23	2.93	222836	64292596	235392	676268	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.23	2.93	222836	64137648	235392	677884	0	0
			Min	0.23	2.93	222836	64136180	235392	677872	0	0
			Max	0.23	2.93	222836	64289716	235392	677888	0	0
		-O3	Mediana	0.23	2.93	222836	64135860	235392	678448	0	0
			Min	0.23	2.93	222836	64135720	235392	678436	0	0
			Max	0.23	2.93	222836	64266784	235392	678464	0	0
		-Ofast	Mediana	0.23	2.93	222836	64135496	235392	679160	0	0
			Min	0.23	2.93	222836	64134620	235392	679144	0	0
			Max	0.23	2.93	222836	64288040	235392	679164	0	0

Figure 26: Implementação SER: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos							
				Blk_read/s	Blk_wrtn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_cur	io_sec
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	1296	88981	1731482	279458008	0	109072
			Min	0	0	1296	88981	1731482	279455391	0	109071
			Max	0.09	80	1296	88981	1731482	279458008	0	109072
		-O3	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662095	2.64E+09	0	1657867
			Min	0	0	146949	71399440	1543662095	2642565078	0	1657866
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662095	2642567236	0	1657867
		-Ofast	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662098	2642582017	0	1657871
			Min	0	0	146949	71399440	1543662098	2642582365	0	1657872
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662098	2642607793	0	1657880
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662098	2642606607	0	1657879
			Min	0	0	146949	71399440	1543662098	2642609626	0	1657881
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662098	2642634123	0	1657890
		-O3	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662098	2642632790	0	1657889
			Min	0	0	146949	71399440	1543662098	2642660827	0	1657899
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662107	2642659904	0	1657899
		-Ofast	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662107	2642661596	0	1657899
			Min	0	0	146949	71399440	1543662107	2642661118	0	1657911
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662107	2642694282	0	1657910
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662107	2642723836	0	1657911
			Min	0	0	146949	71399440	1543662107	2642722521	0	1657920
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662107	2642725024	0	1657921
		-O3	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662107	2642752773	0	1657930
			Min	0	0	146949	71399440	1543662107	2642751426	0	1657930
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662107	2642753445	0	1657931
		-Ofast	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662107	2642811837	0	1657951
			Min	0	0	146949	71399440	1543662107	2642808397	0	1657950
			Max	6.88	151.17	146949	71399440	1543662107	2642815901	0	1657952
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662107	2642889852	0	1657978
			Min	0	0	146949	71399440	1543662107	2642884489	0	1657977
			Max	6.88	151.16	146949	71399440	1543662108	2642963049	0	1658006
		-O3	Mediana	0	0	146949	71399440	1543662112	2642960095	0	1658004
			Min	0	0	146949	71399440	1543662112	2642967774	0	1658007
			Max	6.88	151.16	146949	71399440	1543662112	2642967774	0	1658007

Figure 27: Implementação SER: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	88.78	134.69	14.72	81.17	264.29
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	93.94	151.52	16.05	93.92	261.62
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	88.89	138.38	14.87	90.07	188.78
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	24	72	3.62	77.98	188.78
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	83.67	97.96	14.91	19.59	186.87
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	13.13	46.46	1.84	56.32	224.24
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	94.95	106.06	16.92	23.34	306.19
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	96.97	113.13	17.44	25.23	339.8
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	92.93	111.11	16.8	28.88	339.8
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	83.67	104.08	15.14	30.05	305.15
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	85.71	109.18	15.17	35.41	340.82
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	87.76	104.08	15.81	25.14	305.15

Figure 28: Implementação SER: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metricas	%CPU %iowait %idle %system %user				
				Mediana	1050.5	0	50.25	0.09
A	GNU	-O2	Min	971	0	49.78	0.06	30.63
			Max	1099.03	0.66	69.18	0.19	49.8
			Mediana	1014	0	50.33	0.06	49.61
		-O3	Min	964	0	49.55	0.06	30.48
			Max	1084	0.69	69.37	0.16	49.83
			Mediana	996	0	64.48	0.09	35.445
		-Ofast	Min	966	0	50.09	0.03	30.57
			Max	1090.29	0.22	69.24	0.19	49.81
			Mediana	1065.5	0	50.175	0.09	49.69
B	INTEL	-O2	Min	999	0	49.78	0.06	43.53
			Max	1574	0.53	56.1	0.38	49.86
			Mediana	1521	0	66.55	0.09	33.39
		-O3	Min	969.9	0	64.17	0.06	28.25
			Max	1581	0.63	71.29	0.47	35.77
			Mediana	1000	0	66.5	0.09	33.38
		-Ofast	Min	957	0	49.53	0.06	27.77
			Max	1576	0.62	71.73	0.5	49.78
			Mediana	1080.57	0	50.56	0.06	49.33
A	GNU	-O2	Min	959.41	0	49.78	0.06	29.83
			Max	1611	0.66	70.11	0.41	49.67
			Mediana	1554	0	60.34	0.09	39.56
		-O3	Min	946	0	50.52	0.06	29.91
			Max	1593	0.66	70.01	0.44	49.42
			Mediana	1544	0	67.95	0.09	31.96
		-Ofast	Min	946	0	49.69	0.03	29.81
			Max	1596	0.66	70.11	0.38	49.59
			Mediana	1006	0	50.31	0.09	49.59
B	INTEL	-O2	Min	954	0	49.69	0.06	30.93
			Max	1591	0.66	69.01	0.63	49.84
			Mediana	1256	0	50.685	0.06	49.205
		-O3	Min	935	0	49.7	0.06	29.73
			Max	1607	0.69	70.21	0.63	49.7
			Mediana	1138	0	59.155	0.09	40.755
		-Ofast	Min	948	0	50.19	0.03	30.02
			Max	1566	0.53	69.88	0.69	49.75

Figure 29: Implementação OMP: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória				usage (buff + cache)			si	so
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpdb	free	buff	cache			
A	GNU	-O2	Mediana	0.1	2.73	64268550	206000	645268	0	0	0	0
			Min	0.1	2.73	0	206000	206000	0	0	0	0
			Max	0.1	2.73	64269008	64328756	645268	645260	0	0	0
		-O3	Mediana	0.1	2.73	64267130	206008	645404	0	0	0	0
			Min	0.1	2.73	0	206008	206008	0	0	0	0
			Max	0.1	2.73	64269316	64328132	645404	645404	0	0	0
		-Ofast	Mediana	0.1	2.73	64267484	206016	645516	0	0	0	0
			Min	0.1	2.73	0	206016	206016	0	0	0	0
			Max	0.1	2.73	64268956	64328296	645516	645516	0	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.1	2.73	64263544	206016	646040	0	0	0	0
			Min	0.1	2.73	0	206016	206016	0	0	0	0
			Max	0.1	2.74	64265860	64322552	646040	646040	0	0	0
		-O3	Mediana	0.1	2.74	64265140	64327372	646160	646156	0	0	0
			Min	0.1	2.74	0	64261490	206020	646272	0	0	0
			Max	0.1	2.74	64266340	64324884	646276	646276	0	0	0
		-Ofast	Mediana	0.1	2.74	64263972	206020	646276	0	0	0	0
			Min	0.1	2.74	0	206020	206020	0	0	0	0
			Max	0.1	2.74	64264340	64324884	646276	646276	0	0	0
B	GNU	-O2	Mediana	0.47	3.12	64015376	206044	646696	0	0	0	0
			Min	0.47	3.12	0	206044	206044	0	0	0	0
			Max	0.47	3.12	64015744	64325768	646708	646696	0	0	0
		-O3	Mediana	0.47	3.11	64011016	206052	647012	0	0	0	0
			Min	0.47	3.11	0	206052	206052	0	0	0	0
			Max	0.47	3.11	64011268	64330292	647016	647016	0	0	0
		-Ofast	Mediana	0.47	3.11	64019280	206052	647328	0	0	0	0
			Min	0.47	3.11	0	206052	206052	0	0	0	0
			Max	0.47	3.11	64019412	64329792	647332	647332	0	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.45	3.08	64017446	206052	648172	0	0	0	0
			Min	0.45	3.08	0	206052	206052	0	0	0	0
			Max	0.45	3.09	64017724	64241220	648176	648172	0	0	0
		-O3	Mediana	0.44	3.12	64011176	206052	648652	0	0	0	0
			Min	0.44	3.12	0	206052	206052	0	0	0	0
			Max	0.44	3.13	64011436	64323444	648656	648656	0	0	0
		-Ofast	Mediana	0.47	3.13	64033536	206052	649528	0	0	0	0
			Min	0.47	3.13	0	206052	206052	0	0	0	0
			Max	0.47	3.13	64034104	64325400	649532	649532	0	0	0

Figure 30: Implementação OMP: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos								io_sec
				Blk_read/s	Blk_wrt/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_cur		
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	1297	100369	1741215	285074492	0	110977	
			Min	0	0	1297	100369	1741215	285074127	0	110976	
			Max	0.09	64	1297	100369	1741215	285074492	0	110977	
		-O3	Mediana	0	0	1297	100369	1741218	285087781	0	110980	
			Min	0	0	1297	100369	1741218	285087601	0	110979	
			Max	0.09	88	1297	100369	1741218	285088265	0	110980	
		-Ofast	Mediana	0	0	1297	100369	1741222	285101845	0	110983	
			Min	0	0	1297	100369	1741222	285101503	0	110983	
			Max	0.09	56	1297	100369	1741222	285102831	0	110983	
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	1297	100369	1741222	285116697	0	110986	
			Min	0	0	1297	100369	1741222	285115351	0	110986	
			Max	0.09	64	1297	100369	1741222	285116661	0	110987	
		-O3	Mediana	0	0	1297	100369	1741226	285127232	0	110990	
			Min	0	0	1297	100369	1741226	285125907	0	110989	
			Max	0.09	64	1297	100369	1741226	285127232	0	110990	
		-Ofast	Mediana	0	0	1297	100369	1741226	285141025	0	110993	
			Min	0	0	1297	100369	1741226	285140498	0	110993	
			Max	0.09	40	1297	100369	1741226	285141872	0	110993	
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	1297	100369	1741229	285195042	0	111005	
			Min	0	0	1297	100369	1741229	285194356	0	111005	
			Max	0.09	40	1297	100369	1741229	285195029	0	111006	
		-O3	Mediana	0	0	1297	100369	1741229	285219060	0	111013	
			Min	0	0	1297	100369	1741229	285217737	0	111013	
			Max	0.09	56	1297	100369	1741229	285219760	0	111013	
		-Ofast	Mediana	0	0	1297	100369	1741229	285240449	0	111020	
			Min	0	0	1297	100369	1741229	285239596	0	111020	
			Max	0.09	40	1297	100369	1741229	285242481	0	111021	
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	1297	100369	1741239	285262659	0	111028	
			Min	0	0	1297	100369	1741239	285261592	0	111027	
			Max	0.09	32	1297	100369	1741239	285263008	0	111028	
		-O3	Mediana	0	0	1297	100369	1741236	285266124	0	111035	
			Min	0	0	1297	100369	1741236	285260985	0	111042	
			Max	0.09	104	1297	100369	1741236	285307658	0	111041	

Figure 31: Implementação OMP: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metricas	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	52.04	82.65	8.99	54.73	260
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	23	46	3.86	35.39	185
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	24	43	3.92	30.97	262.63
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	121.21	160.61	20.75	66.67	224.24
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	56.57	78.79	9.77	43.79	232.32
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	55	75	9.62	38.94	224.24
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	64.65	104.04	11.12	73.21	185
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	65.66	113.13	11.2	84.63	222
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	62	97	10.78	63.36	230
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	167.68	216.16	29.94	92.47	224.24
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	132.32	149.49	23.56	33.77	194.95
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	36	74.75	5.56	62.1	331.68

Figure 32: Implementação OMP: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metricas						
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user	
A	GNU	-O2	Mediana	99	0.06	87.37	0.47	12.16	
			Min	81.55	0	86.75	0.41	7.15	
			Max	100	0.63	90.62	1.95	12.22	
		-O3	Mediana	99.005	0	87.405	0.53	12.075	
			Min	63.73	0	86.78	0.5	8.71	
			Max	100	0.6	89.47	1.82	12.1	
	INTEL	-Ofast	Mediana	100	0.295	87.41	0.455	12.145	
			Min	81.73	0	86.79	0.38	7.42	
			Max	101	0.59	90.24	1.75	12.21	
	B	-O2	Mediana	99.5	0	87.415	0.94	11.67	
			Min	75.73	0	87.36	0.75	4.1	
			Max	101	0.69	93.89	1.32	11.83	
		-O3	Mediana	99	0.03	87.35	1.095	11.525	
			Min	70.87	0	86.86	0.88	8.36	
			Max	102	0.59	90.42	1.22	11.67	
		-Ofast	Mediana	99	0	87.405	1.145	11.48	
			Min	72.82	0	87.36	1	8.39	
			Max	101	0.06	90.39	1.16	11.58	
	B	GNU	-O2	Mediana	100	0	87.39	0.25	12.36
				Min	78.64	0	86.84	0.16	8.27
				Max	101.01	0.53	89.7	1.72	12.41
		-O3	-Ofast	Mediana	100	0	87.39	0.28	12.33
				Min	83.65	0	86.74	0.22	8.08
				Max	101	0.63	89.95	1.97	12.41
		-O2	INTEL	Mediana	100	0	87.38	0.28	12.33
				Min	78.64	0	86.26	0.25	8.15
				Max	101	1.1	89.94	1.91	12.36
		-O3	-Ofast	Mediana	100	0	87.39	0.66	11.945
				Min	75.96	0	86.74	0.22	8.08
				Max	101	0.66	90.42	1.5	12.33
		-O2	-Ofast	Mediana	100	0	87.43	0.59	11.98
				Min	71.84	0	86.83	0.22	8.07
				Max	101	0.63	89.77	1.53	12.36
		-O3	-Ofast	Mediana	100	0	87.4	0.72	11.89
				Min	73.79	0	86.83	0.59	8.07
				Max	101	0.59	89.8	1.53	11.98

Figure 33: Implementação MPI Ethernet: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória			usage (buff + cache)			si	so
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache		
A	GNU	-O2	Mediana	0.02	5.25	222836	62599684	235412	2308784	0	0
			Min	0.02	5.25	222836	62599860	235412	2308776	0	0
			Max	0.02	5.25	222836	62635692	235412	2309112	0	0
		-O3	Mediana	0.02	5.25	222836	62604172	235412	2308980	0	0
			Min	0.02	5.25	222836	62604094	235412	2308980	0	0
			Max	0.02	5.25	222836	62642312	235412	2309048	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.03	5.52	222828	62423388	235412	2460076	0	0
			Min	0.03	5.52	222828	62422892	235412	2459376	0	0
			Max	0.03	5.52	222828	62494060	235412	2460572	0	0
		-O3	Mediana	0.03	5.53	222828	62419380	235412	2460176	0	0
			Min	0.03	5.53	222828	62416748	235412	2459492	0	0
			Max	0.04	5.53	222828	62486440	235412	2460640	0	0
B	GNU	-O2	Mediana	0.05	5.54	222828	62422084	235412	2460084	0	0
			Min	0.03	5.54	222828	62420288	235412	2459444	0	0
			Max	0.04	5.54	222828	62481340	235412	2460652	0	0
		-O3	Mediana	0.05	5.6	222828	62371760	235412	2459768	0	0
			Min	0.05	5.6	222828	62369584	235412	2458448	0	0
			Max	0.05	5.6	222828	62492392	235412	2459768	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.05	5.6	222828	62370764	235412	2460032	0	0
			Min	0.05	5.6	222828	62369460	235412	2458724	0	0
			Max	0.05	5.6	222828	62491428	235412	2460032	0	0
		-O3	Mediana	0.05	5.6	222828	62372952	235412	2460164	0	0
			Min	0.05	5.6	222828	62371836	235412	2458816	0	0
			Max	0.05	5.6	222828	62493728	235412	2460164	0	0

Figure 34: Implementação MPI Ethernet: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos								io_sec
				Blk_read/s	Blk_wrtin/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_cur	io_sec	
A	GNU	-O2	Mediana	0	112	146949	71399943	154367934	2651751009	0	1661468	
			Min	0	0	146949	71399943	154367934	2651750946	0	1661468	
			Max	6.85	864	146949	71399943	154367934	2651753617	0	1661468	
		-O3	Mediana	0	0	146949	71400106	1543675945	2651780074	0	1661471	
			Min	0	0	146949	71400106	1543675945	2651777897	0	1661471	
			Max	6.85	168	146949	71400106	1543675948	2651780074	0	1661471	
	INTEL	-O2	Mediana	0	112	146949	71400106	1543675948	2651811934	0	1661473	
			Min	0	0	146949	71400106	1543675948	2651808670	0	1661473	
			Max	6.85	168	146949	71400106	1543675948	2651811934	0	1661473	
		-O3	Mediana	0	40	146949	71400106	1543675982	2651827084	0	1661476	
			Min	0	0	146949	71400106	1543675982	2651826450	0	1661475	
			Max	6.85	150.5	146949	71400106	1543675982	2651827084	0	1661476	
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	146949	71400106	1543675988	2651837520	0	1661478	
			Min	0	0	146949	71400106	1543675988	2651838670	0	1661477	
			Max	6.85	150.5	146949	71400106	1543675988	2651845224	0	1661480	
		-O3	Mediana	0	0	146949	71400106	1543675988	2651896181	0	1661486	
			Min	0	0	146949	71400106	1543675988	2651893402	0	1661486	
			Max	6.85	168	146949	71400106	1543675998	2651892962	0	1661487	
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	146949	71400106	1543676008	2651934630	0	1661493	
			Min	0	0	146949	71400106	1543676008	2651930888	0	1661492	
			Max	6.85	168	146949	71400106	1543676008	2651935006	0	1661493	
		-O3	Mediana	0	0	146949	71400106	1543676030	2651977195	0	1661499	
			Min	0	0	146949	71400106	1543676030	2651971623	0	1661499	
			Max	6.85	168	146949	71400106	1543676031	2651979151	0	1661500	
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	146949	71400106	1543676042	2652009548	0	1661506	
			Min	0	0	146949	71400106	1543676042	2652008725	0	1661505	
			Max	6.85	150.5	146949	71400106	1543676042	2652010418	0	1661506	
		-O3	Mediana	0	0	146949	71400106	1543676057	2.65E+09	0	1661512	
			Min	0	0	146949	71400106	1543676057	2652032062	0	1661511	
			Max	6.85	150.5	146949	71400106	1543676057	2652032287	0	1661512	
	-Ofast	Mediana	0	0	146949	71400106	1543676057	2652059524	0	1661518		
		Min	0	0	146949	71400106	1543676057	2652058529	0	1661517		
		Max	6.85	150.5	146949	71400106	1543676057	2652061030	0	1661518		

Figure 35: Implementação MPI Ethernet: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metricas	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcu/s
A	GNU	-O2	Max	0	0	0	0	106.12	127.55	18.86	38.39	265.31
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-O3	Max	0	0	0	0	13519.19	12920.2	16224.98	16212.1	112.12
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-Ofast	Max	0	0	0	0	15079	14746	17520.29	17498.84	74
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		INTEL	Max	0	0	0	0	13039	12532	15959.66	15941.07	111
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	14893.94	14914.14	17235.42	17237.13	37.37
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	GNU	-O2	Max	0	0	0	0	4748.48	5116.16	6463.61	6476.31	296
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-O3	Max	0	0	0	0	5078.79	5447.47	6958.59	6983.64	232.32
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-Ofast	Max	0	0	0	0	5264.65	5568.69	6970.54	6991.45	149.49
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		INTEL	Max	0	0	0	0	5808.08	5901.01	7011.09	7017.09	150.51
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	5711.11	5685.86	6767.81	6766.16	149.49
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 36: Implementação MPI Ethernet: Saturação/Utilização Rede

A.2.2 Nodo r431

Classe	Compilador	Flag	Metrics					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	99	0	95.66	0	4.17
			Max	100.97	0.13	95.83	0.13	4.22
		-O3	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	99	0	95.7	0	4.13
			Max	100	0.08	95.83	0.08	4.21
		-Ofast	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	99	0	95.62	0	4.13
			Max	100	0.13	95.83	0.12	4.25
		-O2	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	99	0	95.66	0	4.17
			Max	100	0.13	95.83	0.08	4.21
B	INTEL	-O3	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	63	0	95.62	0	4.13
			Max	100	0.13	95.83	0.08	4.21
		-Ofast	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	98	0	95.58	0	4.13
			Max	101	0.17	95.83	0.08	4.21
		-O2	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	98	0	95.58	0	4.09
			Max	102	0.21	95.87	0.17	4.21
		-O3	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	41	0	95.66	0	4.09
			Max	158	0.13	95.83	0.13	4.21
		-Ofast	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	98	0	95.5	0	4.09
			Max	101	0.29	95.83	0.13	4.22
B	INTEL	-O2	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	99	0	95.58	0	4.01
			Max	100	0.17	95.83	0.17	4.21
		-O3	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	98.02	0	95.62	0	4.05
			Max	100	0.13	95.83	0.17	4.21
		-Ofast	Mediana	100	0	95.79	0.04	4.17
			Min	98.02	0	95.54	0	4.12
			Max	100	0.17	95.83	0.25	4.22

Figure 37: Implementação SER: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória				usage (buff + cache)			si	so
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpdb	free	buff	cache			
A	GNU	-O2	Mediana	0.33	7.54	39920	11389504	238584	310960	0	0	
			Min	0.33	7.54	39920	11386488	238584	310952	0	0	
			Max	0.33	7.55	39920	11428188	238584	310960	0	0	
		-O3	Mediana	0.33	7.55	39920	11389012	238584	311268	0	0	
			Min	0.33	7.54	39920	11388268	238584	311264	0	0	
			Max	0.33	7.55	39920	11427860	238584	311268	0	0	
	INTEL	-Ofast	Mediana	0.33	7.55	39920	11389004	238592	311472	0	0	
			Min	0.33	7.55	39920	11428060	238592	311472	0	0	
			Max	0.33	7.55	39920	11250936	238604	450960	0	0	
		-O2	Mediana	0.32	8.67	39920	11251128	238596	450764	0	0	
			Min	0.32	8.67	39920	11250912	238596	450760	0	0	
			Max	0.32	8.68	39920	11289048	238596	450768	0	0	
B	GNU	-O3	Mediana	0.32	8.67	39920	11288852	238604	450964	0	0	
			Min	0.32	8.67	39920	11249256	238604	451168	0	0	
			Max	0.32	8.68	39920	11248328	238604	451160	0	0	
		-Ofast	Mediana	0.32	8.68	39920	11287300	238604	451168	0	0	
			Min	0.32	8.68	39920	11287300	238604	451168	0	0	
			Max	0.32	8.68	39920	11286520	238612	452096	0	0	
	INTEL	-O2	Mediana	1.25	9.61	39920	11136500	238604	450380	0	0	
			Min	1.25	9.61	39920	11135396	238604	450368	0	0	
			Max	1.25	9.62	39920	11289232	238604	450384	0	0	
		-O3	Mediana	1.25	9.62	39920	11130552	238608	451308	0	0	
			Min	1.25	9.61	39920	11133776	238608	451296	0	0	
			Max	1.25	9.62	39920	11287240	238608	451316	0	0	
	INTEL	-Ofast	Mediana	1.25	9.62	39920	11134348	238612	452088	0	0	
			Min	1.25	9.62	39920	11133056	238612	452076	0	0	
			Max	1.25	9.63	39920	11286520	238612	452096	0	0	

Figure 38: Implementação SER: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos								io_cur	io_sec
				Blk_read/s	Blk_wrtn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_cur	io_sec		
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	88966	172515	2302043	58152144	0	20736		
			Min	0	0	88966	172515	2302041	58152057	0	20736		
			Max	0.18	40	88966	172515	2302043	58152166	0	20736		
		-O3	Mediana	0	0	88966	172515	2302113	58153829	0	20737		
			Min	0	0	88966	172515	2302112	58153789	0	20737		
			Max	0.18	80	88966	172515	2302113	58153872	0	20737		
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	88966	172515	2302180	58155269	0	20738		
			Min	0	0	88966	172515	2302185	58155330	0	20738		
			Max	0.18	80	88966	172515	2302185	58155330	0	20738		
		-O3	Mediana	0	0	88966	172539	2302318	58158519	0	20739		
			Min	0	0	88966	172539	2302314	58158395	0	20739		
			Max	0.18	56	88966	172539	2302320	58158619	0	20739		
	B	-Ofast	Mediana	0	0	88966	172539	2302452	58161587	0	20741		
			Min	0	0	88966	172539	2302459	58161967	0	20741		
			Max	0.18	80	88966	172539	2302459	58164813	0	20743		
		-O2	Mediana	0	0	88966	172539	2302578	58164678	0	20743		
			Min	0	0	88966	172539	2302583	58165013	0	20743		
			Max	0.18	56	88966	172539	2302683	58169179	0	20745		
	INTEL	-O3	Mediana	0	0	88966	172539	2302685	58169023	0	20745		
			Min	0	0	88966	172539	2302796	58173368	0	20747		
			Max	0.18	48	88966	172539	2302799	58173472	0	20747		
		-Ofast	Mediana	0	0	88966	172539	2302899	58177545	0	20749		
			Min	0	0	88966	172539	2302899	58177451	0	20749		
			Max	0.18	64	88966	172539	2302899	58177596	0	20749		

Figure 39: Implementação SER: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	100	121.21	17.26	34.68	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	22.22	33.33	3.86	21.17	1.01
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	98.99	112.12	17.19	27.3	1.01
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	17.17	29.29	3.07	21.17	1.01
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	92.93	114.14	15.41	32.33	1.01
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	19	29	3.16	12.72	1.01
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	100	118.37	17.25	32.18	2.02
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	100	119.19	17.37	27.56	1.02
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	103.03	122.22	17.6	29.68	2.02
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	93	113	15.67	29.17	1.01
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	85.86	98.99	15.43	22.43	1.01
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	91.84	111.22	15.67	25.98	1.01

Figure 40: Implementação SER: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metricas					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	146.05	0	3.62	1.33	95.04
			Min	97	0	2.63	1.29	94.41
			Max	193	0	4.17	1.42	96.04
		-O3	Mediana	112.5	0	3.92	1.58	94.5
			Min	109	0	2.67	1.5	93.54
			Max	185.71	0.12	4.83	1.59	95.75
		-Ofast	Mediana	121.76	0	2.63	1.54	95.83
			Min	114	0	2.17	1.54	94.29
			Max	129.52	0	4.17	1.58	96.29
	INTEL	-O2	Mediana	1913	0	11.17	2.58	86.16
			Min	1347	0	6.29	2.17	75.79
			Max	2122	0.08	21.17	3	91.42
		-O3	Mediana	1469	0	9.92	2.84	86.99
			Min	709	0	5.63	2.21	77.69
			Max	2021.36	0.04	19.47	3.08	92.16
		-Ofast	Mediana	1390	0	10.46	2.92	87.29
			Min	991	0	7.17	2.17	63.14
			Max	2162.14	0.08	34.65	3.13	89.91
B	GNU	-O2	Mediana	2302.5	0	2.92	0.125	96.92
			Min	2192	0	2.46	0.08	91.79
			Max	2572	0.04	4.04	4.17	97.42
		-O3	Mediana	2317.51	0	2.225	0.13	97.625
			Min	2108	0	1.83	0.12	91.79
			Max	2495	0.04	2.5	5.75	98.04
		-Ofast	Mediana	2348.77	0	2.69	0.13	97.17
			Min	2129	0	2.38	0.08	90.84
			Max	2474	0.04	3.58	5.54	97.54
	INTEL	-O2	Mediana	2256	0	4.09	1.4	94.54
			Min	1740.19	0	3.88	0.96	88.79
			Max	2380	0.21	5.79	5.42	94.99
		-O3	Mediana	2302.5	0	4.17	1.4	94.44
			Min	1931	0	4	1.04	88.03
			Max	2396	0.17	7.51	4.46	94.79
		-Ofast	Mediana	2277	0	0.83	0.46	98.71
			Min	2156	0	0	0.29	87.11
			Max	2374	0.17	8.22	4.67	99.71

Figure 41: Implementação OMP: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória			usage (buff + cache)				
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache	si	so
A	GNU	-O2	Mediana	0.675	3.08	4787375	239928	391716	0	0	0
			Min	0.67	2.71	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.68	3.38	4806492	48209016	391724	391720	0	0
		-O3	Mediana	0.67	3.39	4787367	239928	391840	0	0	0
			Min	0.67	2.71	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.67	3.39	4787455	48209396	391844	391832	0	0
		-Ofast	Mediana	0.67	3.39	4787318	239928	391962	0	0	0
			Min	0.67	3.39	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.68	3.39	4787364	48207900	391968	391956	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.75	3.86	4763762	239928	578940	0	0	0
			Min	0.75	3.85	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.77	3.86	4763838	48003616	578944	578932	0	0
		-O3	Mediana	0.75	3.87	4763643	239928	579056	0	0	0
			Min	0.75	3.86	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.77	3.89	4764117	47990528	579060	579048	0	0
		-Ofast	Mediana	0.75	3.88	4763603	239928	579170	0	0	0
			Min	0.74	3.86	0	239928	239928	0	0	0
			Max	0.75	3.9	4764120	48000720	579172	579164	0	0
B	GNU	-O2	Mediana	2.68	7.11	4602985	236764	1267876	0	0	0
			Min	2.68	7.11	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.68	7.11	4603096	47352968	1267876	1267872	0	0
		-O3	Mediana	2.68	7.105	4602738	236764	1267984	0	0	0
			Min	2.68	7.1	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.68	7.11	4602832	47354756	1267984	1267976	0	0
		-Ofast	Mediana	2.68	7.11	4602990	236764	1268084	0	0	0
			Min	2.68	7.1	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.68	7.11	4603018	47356244	1268084	1268084	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	2.74	7.19	4598914	236764	1270264	0	0	0
			Min	2.74	7.19	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.74	7.11	4598911	47342128	1270264	1270256	0	0
		-O3	Mediana	2.74	7.19	4598465	236764	1270376	0	0	0
			Min	2.74	7.18	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.74	7.19	4598705	47356436	1270376	1270368	0	0
		-Ofast	Mediana	2.74	7.19	4598047	236764	1270368	0	0	0
			Min	2.74	7.19	43156	236764	236764	0	0	0
			Max	2.74	7.2	4598177	47339120	1270372	1270364	0	0

Figure 42: Implementação OMP: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos							
				Blk.read/s	Blk.wrttn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io.cur	io.sec
A	GNU	-O2	Mediana	0	4	9947	127257	87017268	16372336	0	28088
			Min	0	0	9947	127257	87017259	163723313	0	28088
			Max	0.07	42.14	9947	127257	87017274	163723337	0	28088
		-O3	Mediana	0	0	9947	127257	87017322	163723704	0	28089
			Min	0	0	9947	127257	87017322	163723704	0	28089
			Max	0.07	42.14	9947	127257	87017372	163723704	0	28089
		-Ofast	Mediana	0	0	9947	127257	87017372	163724082	0	28089
			Min	0	0	9947	127257	87017358	163724041	0	28089
			Max	0.07	72	9947	127257	87017372	163724082	0	28089
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	9947	127257	87017413	1.64E+08	0	28090
			Min	0	0	9947	127257	87017412	163724419	0	28090
			Max	0.07	42.14	9947	127257	87017414	163724424	0	28090
		-O3	Mediana	0	0	9947	127257	87017465	1.64E+08	0	28090
			Min	0	0	9947	127257	87017463	163724821	0	28090
			Max	0.07	42.14	9947	127257	87017467	163724846	0	28090
		-Ofast	Mediana	0	0	9947	127257	87017517	163725174	0	28090
			Min	0	0	9947	127257	87017514	163725145	0	28090
			Max	0.07	42.14	9947	127257	87017518	163725176	0	28090
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	49453	270174	84779364	98942915	0	19884
			Min	0	0	49453	270174	84779363	98942886	0	19884
			Max	0.13	41.39	49453	270174	84779364	98942918	0	19884
		-O3	Mediana	0	0	49453	270174	84779401	98943296	0	19885
			Min	0	0	49453	270174	84779400	98943254	0	19884
			Max	0.13	72	49453	270174	84779401	98943296	0	19885
		-Ofast	Mediana	0	0	49453	270174	84779442	98943630	0	19885
			Min	0	0	49453	270174	84779441	98943630	0	19885
			Max	0.13	56	49453	270174	84779442	98943653	0	19885
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	49453	270174	84779496	98944237	0	19885
			Min	0	0	49453	270174	84779495	98944200	0	19885
			Max	0.13	41.39	49453	270174	84779500	98944291	0	19885
		-O3	Mediana	0	0	49453	270174	84779728	98944960	0	19886
			Min	0	0	49453	270174	84779722	98944920	0	19886
			Max	0.13	56	49453	270174	84779732	98944987	0	19886
		-Ofast	Mediana	0	0	49453	270174	84779779	98945494	0	19887
			Min	0	0	49453	270174	84779778	98945475	0	19887
			Max	0.13	41.39	49453	270174	84779781	98945507	0	19887

Figure 43: Implementação OMP: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxKB/s	txKB/s	rxmcst/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	28.28	41.41	4.76	18.77	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	27	41	4.65	18.58	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	26	62	4.58	16.25	0
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	29	44	5.01	19.01	0
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	31.68	44.55	5.26	19	0
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	30	45	5.19	19.19	0
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	20	39	2.95	32.1	0
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	20	39	2.95	32.1	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	17.82	35.64	2.8	31.61	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	87	114	14.98	44.68	0
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	14.14	38.38	2.13	36.14	0
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	14.85	37.62	2.16	37.72	1
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	14.14	34.34	2.14	34.18	0

Figure 44: Implementação OMP: Saturação/Utilização Rede

Classe	Compilador	Flag	Metricas					
				%CPU	%iowait	%idle	%system	%user
A	GNU	-O2	Mediana	100	0	83.26	0.48	16.29
			Min	86.41	0	83.11	0.42	11.01
			Max	100	0.21	86.28	2.5	16.39
		-O3	Mediana	99	0	83.215	0.4	16.355
			Min	86.54	0	83.15	0.33	11.26
			Max	101	0.08	86.32	2.42	16.43
		-Ofast	Mediana	99	0	83.265	0.46	16.25
			Min	86.41	0	83.17	0.42	11.14
			Max	102	0.08	86.31	2.55	16.33
		-O2	Mediana	99.5	0	83.26	0.67	16.06
			Min	76.7	0	83.15	0.63	11.45
			Max	100	0.13	87.22	1.34	16.15
B	INTEL	-O2	Mediana	100	0	83.26	0.63	16.11
			Min	75.96	0	83.18	0.58	11.73
			Max	100	0.13	86.85	1.29	16.15
		-O3	Mediana	100	0.065	83.245	0.69	16.065
			Min	75	0	83.1	0.67	11.78
			Max	100	0.21	86.72	1.29	16.1
		-Ofast	Mediana	100	0	83.24	0.96	15.77
			Min	81.55	0	82.85	0.83	9.85
			Max	101	0.46	86.52	3.25	15.89
		-O2	Mediana	100	0	83.24	0.92	15.83
			Min	84.62	0	83.07	0.75	11.13
			Max	101	0.17	85.99	2.88	15.98
		-O3	Mediana	100	0	83.26	1	15.735
			Min	82.52	0	83.1	0.84	10.93
			Max	101	0.13	86.31	2.75	15.91
		-Ofast	Mediana	100	0	83.27	0.63	16.12
			Min	76.7	0	83.14	0.46	10.71
			Max	101	0.17	87.08	2.21	16.27
		-O2	Mediana	100	0	83.27	0.46	16.26
			Min	75.96	0	83.12	0.38	10.39
			Max	101	0.13	87.69	1.92	16.35
		-O3	Mediana	100	0	83.265	0.46	16.305
			Min	76.7	0	83.12	0.33	10.9
			Max	101	0.17	87.01	1.92	16.37

Figure 45: Implementação MPI Ethernet: Utilização CPU

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização da memória				usage (buff + cache)			
				%MEM (pidstat)	%memused (sar)	swpd	free	buff	cache	si	so
A	GNU	-O2	Mediana	0.1	9.19	11152	11186648	248920	507492	0	0
			Min	0.1	9.19	11152	11185948	248920	506024	0	0
			Max	0.1	9.19	11152	11223372	248920	507492	0	0
		-O3	Mediana	0.1	9.18	11152	11185228	248920	507684	0	0
			Min	0.1	8.88	11152	11184316	248920	506224	0	0
			Max	0.1	9.19	11152	11223136	248920	507684	0	0
	INTEL	-Ofast	Mediana	0.1	9.195	11152	11186520	248920	507760	0	0
			Min	0.1	8.9	11152	11185908	248920	506296	0	0
			Max	0.1	9.2	11152	11223524	248920	507788	0	0
		-O2	Mediana	0.17	9.49	11152	11144124	248920	508144	0	0
			Min	0.17	9.49	11152	11143596	248920	507632	0	0
			Max	0.2	9.5	11152	11216492	248920	508572	0	0
B	GNU	-O3	Mediana	0.17	9.51	11152	11144070	248920	508172	0	0
			Min	0.16	9.5	11152	11143124	248920	507548	0	0
			Max	0.18	9.53	11152	11213804	248920	508732	0	0
		-Ofast	Mediana	0.17	9.5	11152	11154796	248920	508292	0	0
			Min	0.16	9.49	11152	11151868	248920	507768	0	0
			Max	0.18	9.5	11152	11214064	248920	508740	0	0
	INTEL	-O2	Mediana	0.27	9.83	11152	11107664	248916	506536	0	0
			Min	0.27	9.83	11152	11106848	248916	505068	0	0
			Max	0.27	9.84	11152	11230612	248916	506536	0	0
		-O3	Mediana	0.27	9.86	11152	11107910	248920	506868	0	0
			Min	0.27	9.85	11152	11107040	248920	505520	0	0
			Max	0.27	9.88	11152	11230124	248920	506868	0	0
	INTEL	-Ofast	Mediana	0.27	9.84	11152	11107784	248920	507072	0	0
			Min	0.27	9.83	11152	11107412	248920	505608	0	0
			Max	0.27	9.85	11152	11229276	248920	507072	0	0

Figure 46: Implementação MPI Ethernet: Utilização Memória

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Utilização dos discos							
				Blk_read/s	Blk_wrtn/s	reads_merged	reads_ms	writes_merged	writes_ms	io_cur	io_sec
A	GNU	-O2	Mediana	0	24	15343488	54256336	98031015	2501359167	0	123938
			Min	0	0	15343488	54256336	98031015	2501359167	0	123938
			Max	3.73	160	15343488	54256336	98031041	2501359252	0	123938
		-O3	Mediana	0	0	15343488	54256336	98031283	2501360355	0	123939
			Min	0	0	15343488	54256336	98031276	2501360027	0	123939
			Max	3.73	160	15343488	54256336	98031301	2501360376	0	123939
	INTEL	-Ofast	Mediana	0	0	15343488	54256336	98031549	2501361639	0	123939
			Min	0	0	15343488	54256336	98031575	2501361688	0	123939
			Max	3.73	160	15343488	54256336	98031680	2501363229	0	123940
		-O2	Mediana	0	0	15343488	54256336	98031680	2501363229	0	123940
			Min	0	0	15343488	54256336	98031740	2501364169	0	123940
			Max	3.73	19.92	15343488	54256336	98031739	2501364098	0	123940
B	GNU	-O3	Mediana	0	0	15343488	54256336	98031792	2501365149	0	123941
			Min	0	0	15343488	54256336	98031788	2501365067	0	123941
			Max	3.73	112	15343488	54256336	98031792	2501365149	0	123941
		-Ofast	Mediana	0	0	15343488	54256336	98027361	2501325556	0	123928
			Min	0	0	15343488	54256336	98027330	2501325353	0	123928
			Max	3.73	1344	15343488	54256336	98027504	2501326848	0	123928
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	15343488	54256336	98028808	2501337279	0	123930
			Min	0	0	15343488	54256336	98028776	2501337173	0	123930
			Max	3.73	1392	15343488	54256336	98028948	2501338133	0	123930
		-Ofast	Mediana	0	0	15343488	54256336	98030007	2501346048	0	123933
			Min	0	0	15343488	54256336	98029973	2501345732	0	123932
			Max	3.73	1376	15343488	54256336	98030147	2501347207	0	123933
	INTEL	-O2	Mediana	0	0	15343488	54256336	98030579	2501351453	0	123934
			Min	0	0	15343488	54256336	98030575	2501351402	0	123934
			Max	3.73	56	15343488	54256336	98030584	2501351585	0	123934
		-O3	Mediana	0	0	15343488	54256336	98030669	2501353464	0	123935
			Min	0	0	15343488	54256336	98030667	2501353337	0	123935
			Max	3.73	64	15343488	54256336	98030672	2501353543	0	123935
		-Ofast	Mediana	0	0	15343488	54256336	98030773	2501356014	0	123936
			Min	0	0	15343488	54256336	98030770	2501355956	0	123936
			Max	3.73	56	15343488	54256336	98030774	2501356036	0	123936

Figure 47: Implementação MPI Ethernet: Utilização Disco

Classe	Compilador	Flag	Metrics	Net Saturation				Net Usage				
				rxdrop/s	txdrop/s	rxfifo/s	txfifo/s	rxpck/s	txpck/s	rxkB/s	txkB/s	rxmlcs/s
A	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	9112.12	9024.24	11863.72	11858.45	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	10113.13	10014.14	12989.44	12983.06	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	9672	9902	12837.63	12985.09	0
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	12763	12658	14997.94	15021.64	0
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	12422	12341	14480.04	14474.9	0
B	GNU	-O2	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	2700	2889.9	3751.62	3770.34	0
		-O3	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	3163.27	3358.16	4009.05	4022.08	1.02
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	2633.67	2826.53	3758.63	3770.87	1.01
		INTEL	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	4963.64	4846.46	6008.57	6001.01	1.01
			Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	4818.18	4664.65	5762.15	5752.75	0
		-Ofast	Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Max	0	0	0	0	5098.99	5047.47	6254.29	6250.99	0

Figure 48: Implementação MPI Ethernet: Saturação/Utilização Rede

Appendix B Comparação de resultados

B.1 Implementações: SER vs. OMP vs. MPI

B.1.1 FT

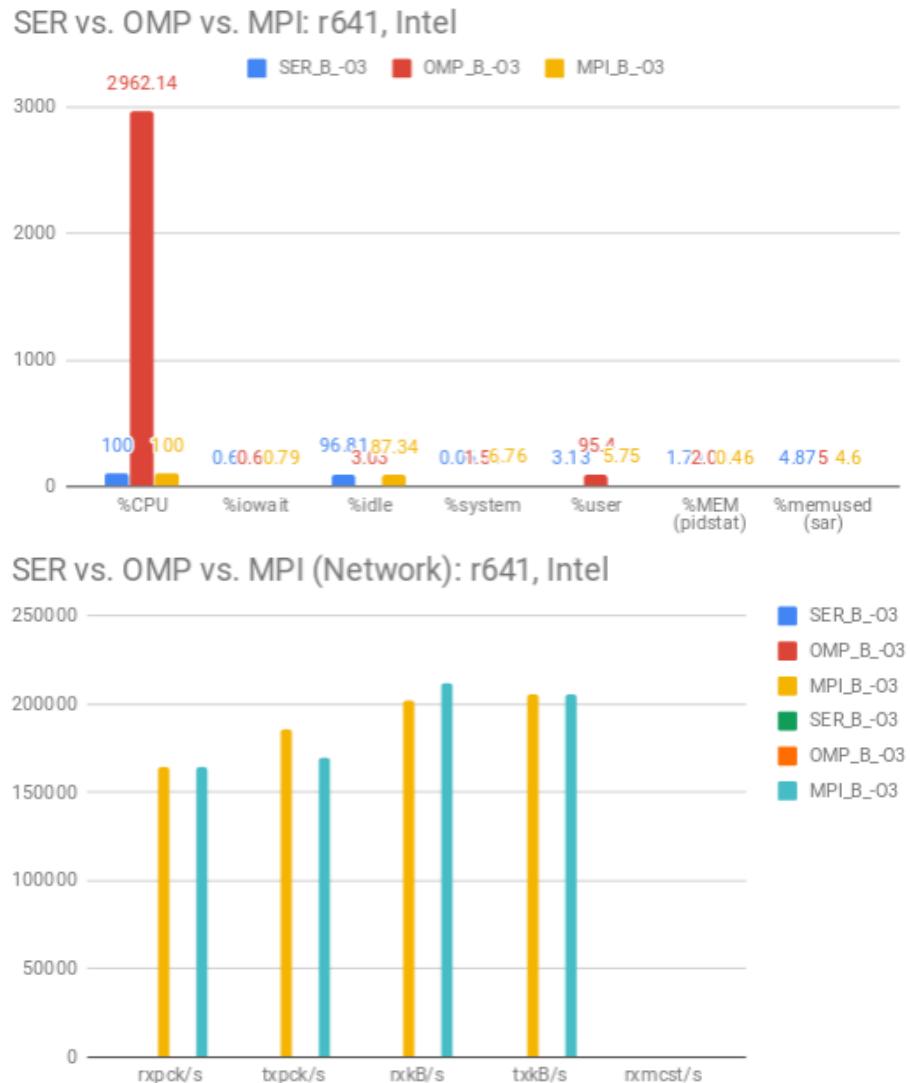


Figure 49: r641: Compilador Intel

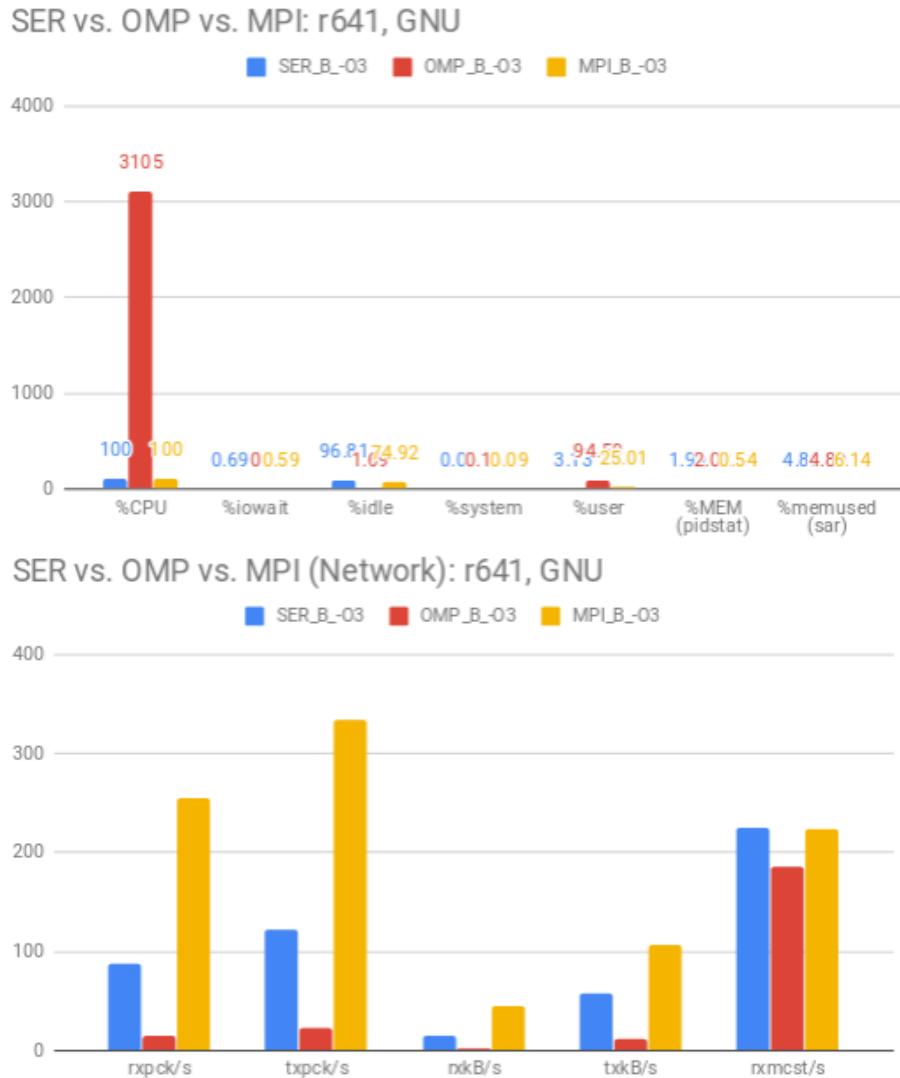
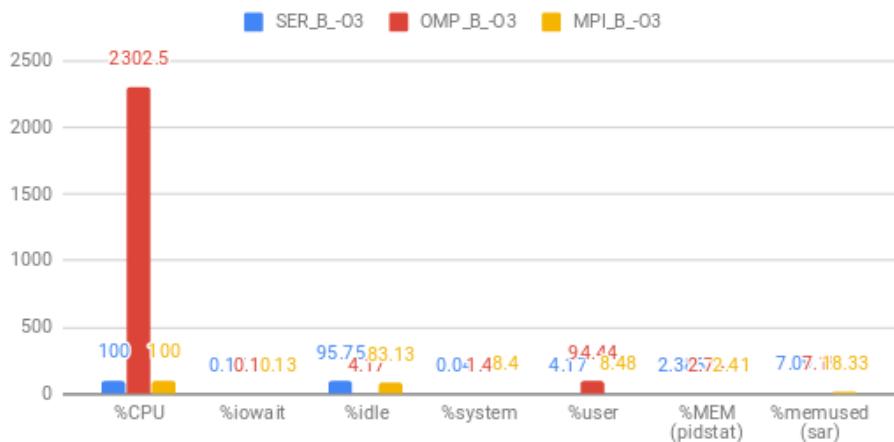


Figure 50: r641: Compilador GNU

SER vs. OMP vs. MPI: r431, Intel



SER vs. OMP vs. MPI (Network): r431, Intel

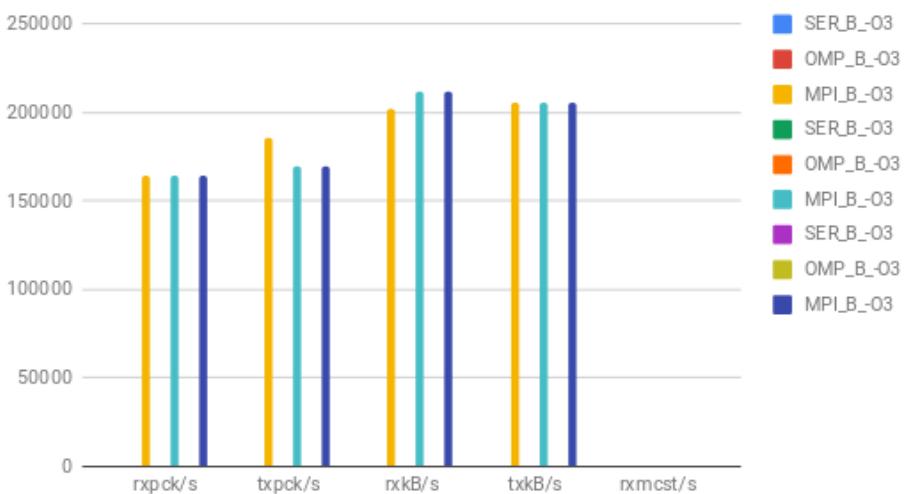
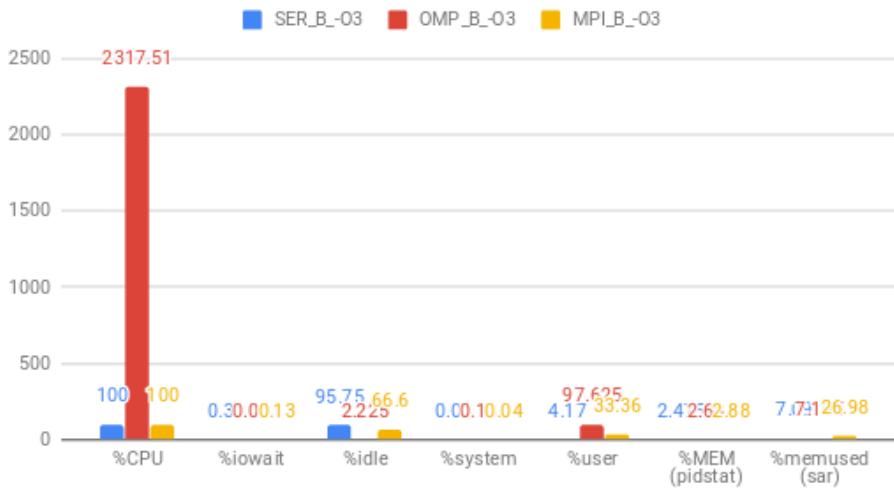


Figure 51: r431: Compilador Intel

SER vs. OMP vs. MPI: r431, GNU



SER vs. OMP vs. MPI (Network): r431, GNU

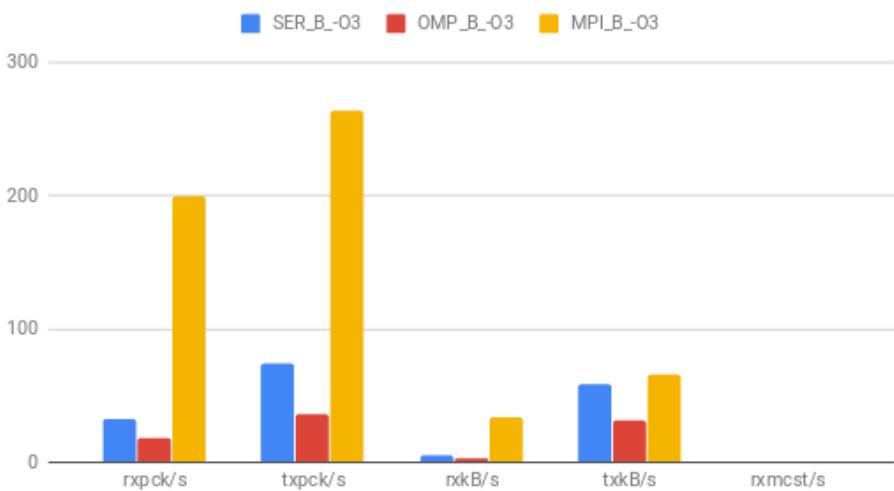


Figure 52: r431: Compilador GNU

B.1.2 LUMZ

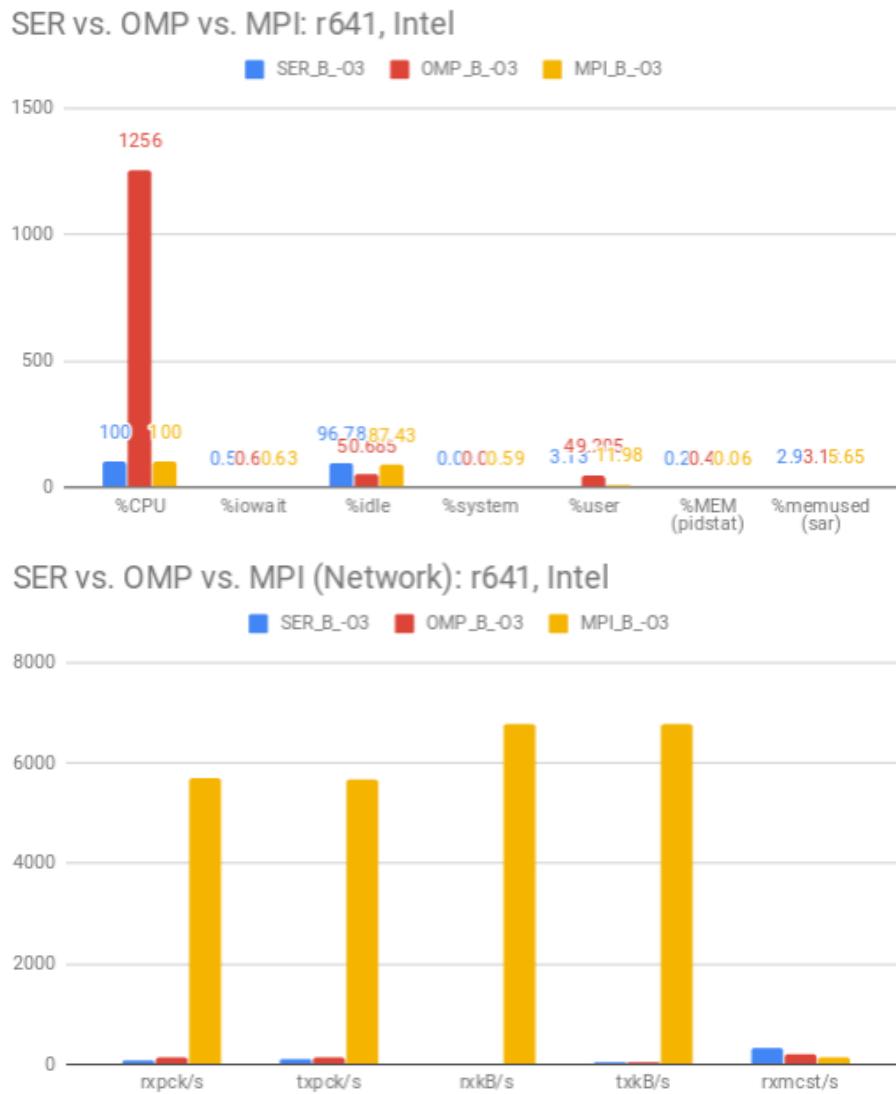


Figure 53: r641: Compilador Intel

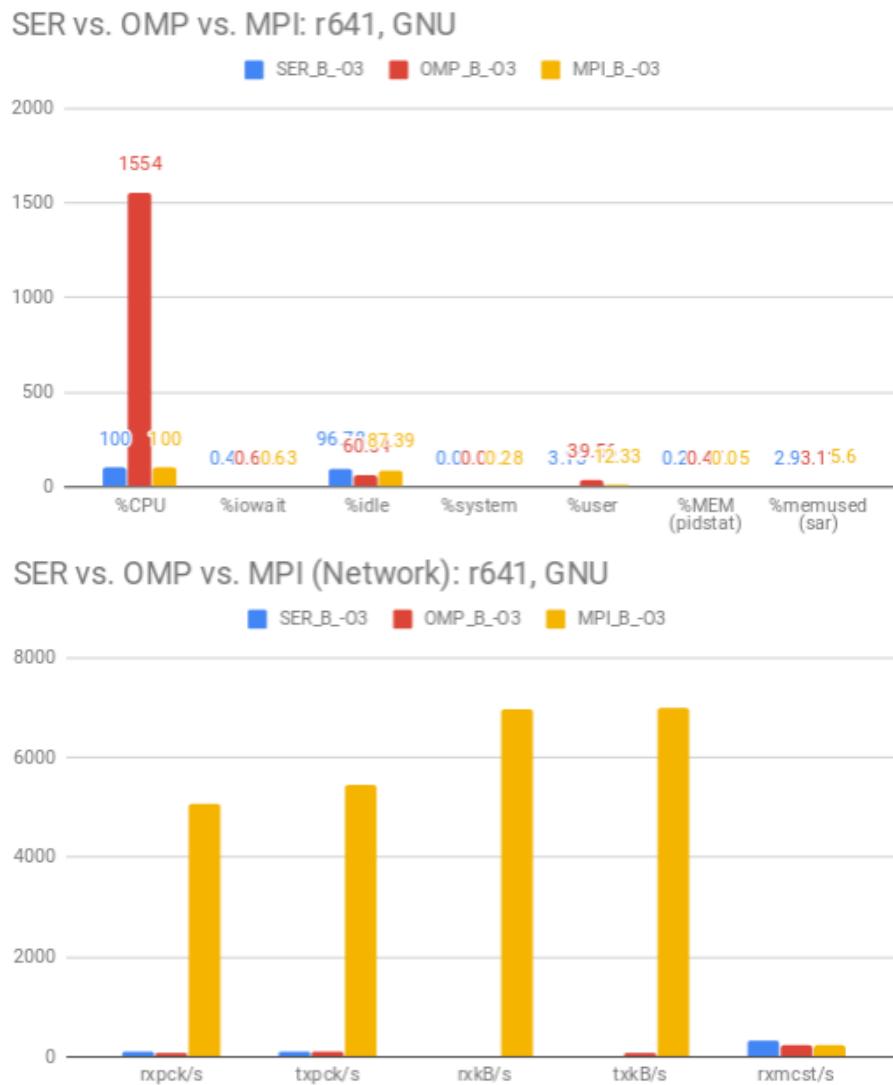
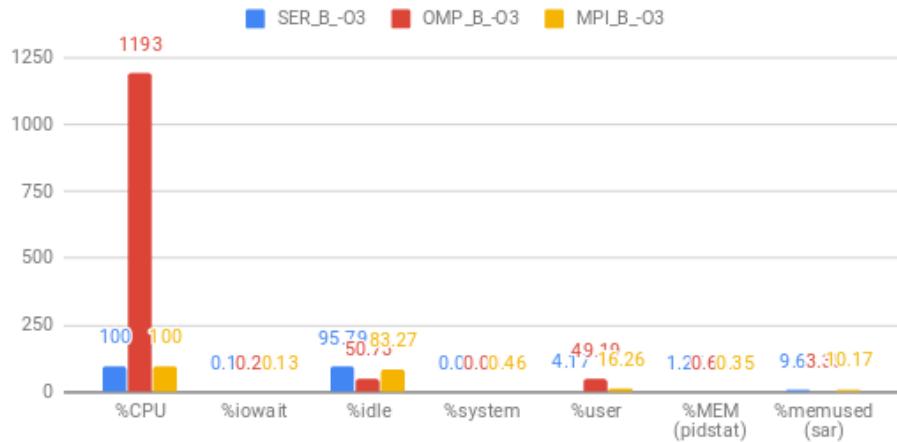


Figure 54: r641: Compilador GNU

SER vs. OMP vs. MPI: r431, Intel



SER vs. OMP vs. MPI (Network): r431, Intel

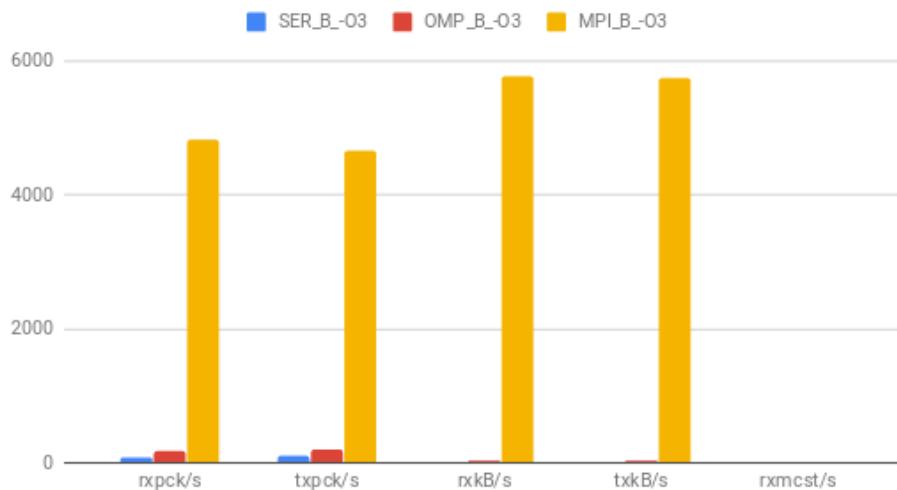
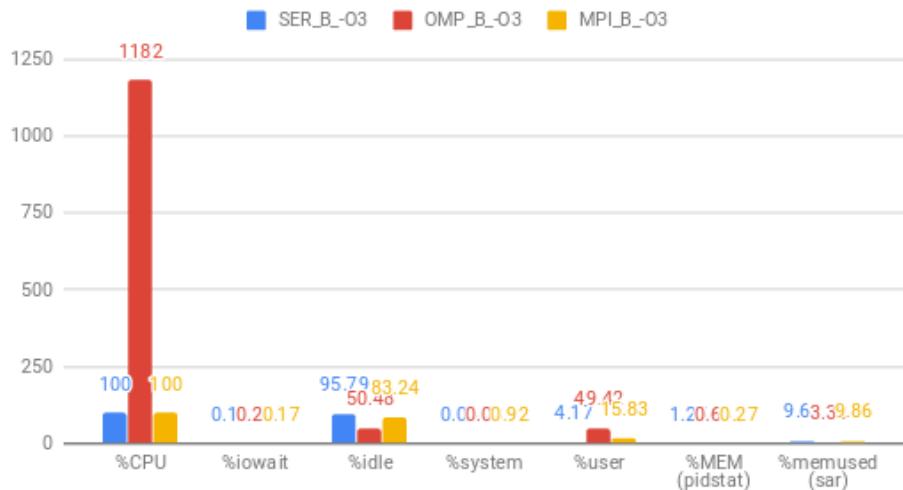


Figure 55: r431: Compilador Intel

SER vs. OMP vs. MPI: r431, GNU



SER vs. OMP vs. MPI (Network): r431, GNU

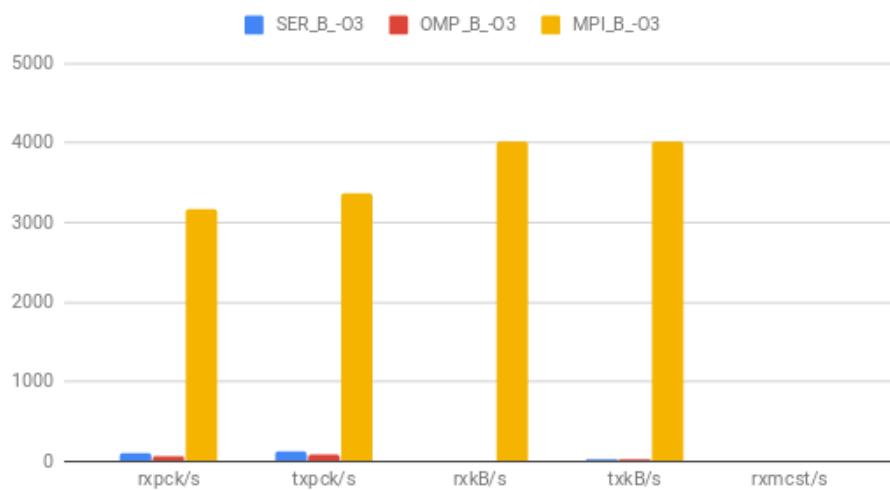


Figure 56: r431: Compilador GNU

B.2 Classes: A vs. B

B.2.1 FT

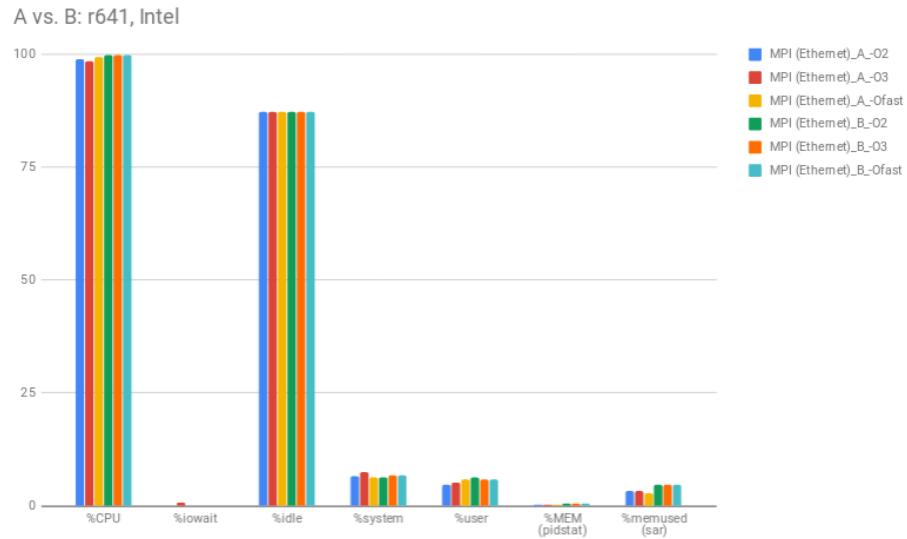


Figure 57: r641: Compilador Intel

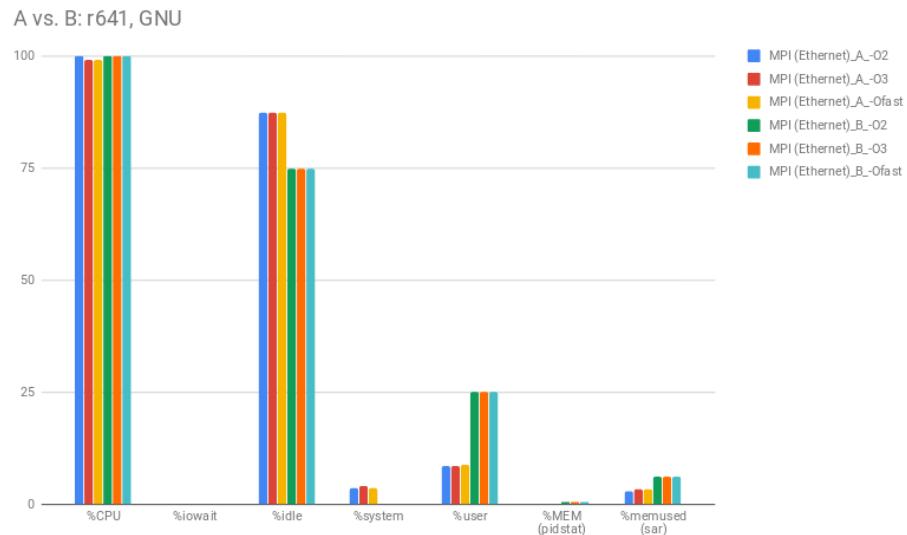


Figure 58: r641: Compilador GNU

A vs. B: r431, Intel

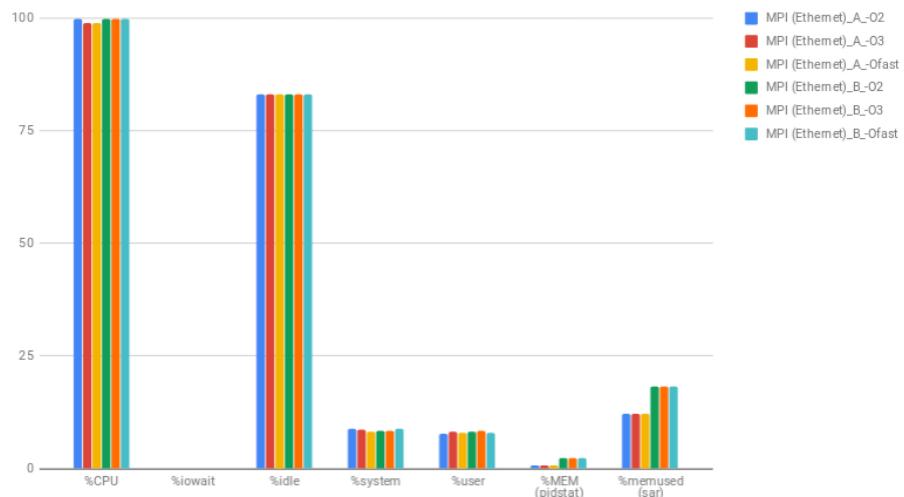


Figure 59: r431: Compilador Intel

A vs. B: r431, GNU

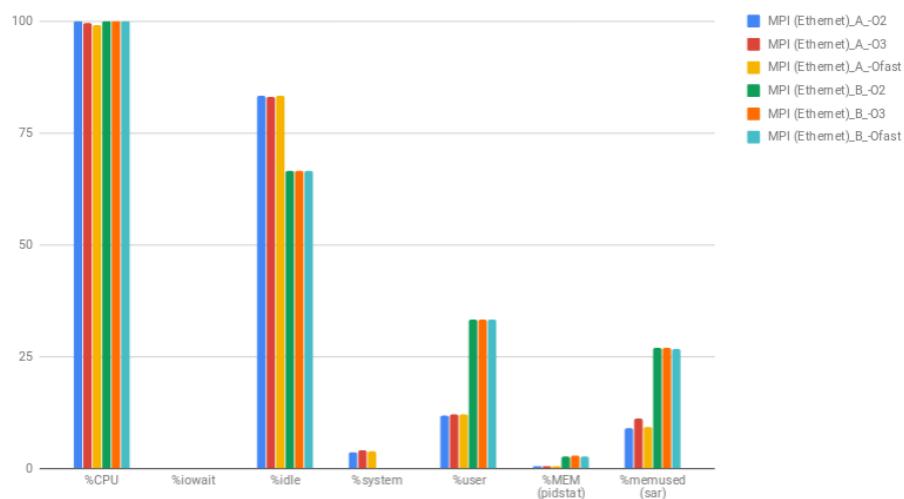


Figure 60: r431: Compilador GNU

B.2.2 LUMZ

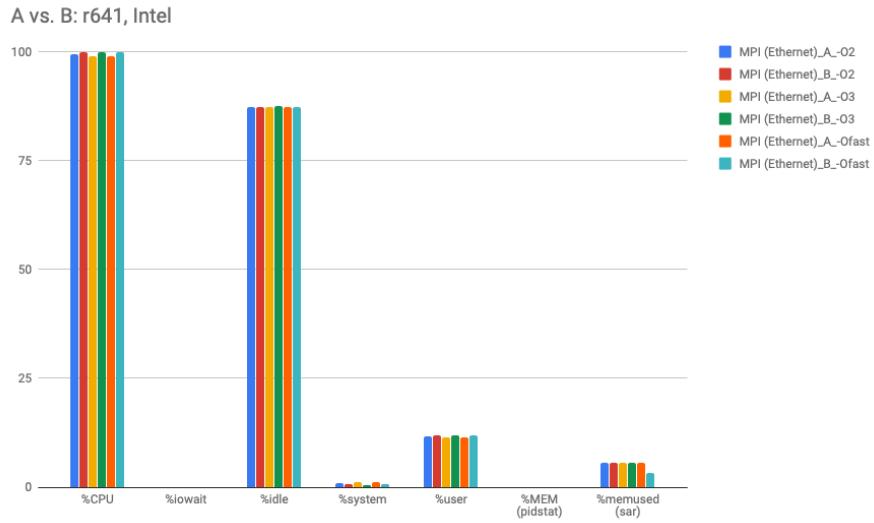


Figure 61: r641: Compilador Intel

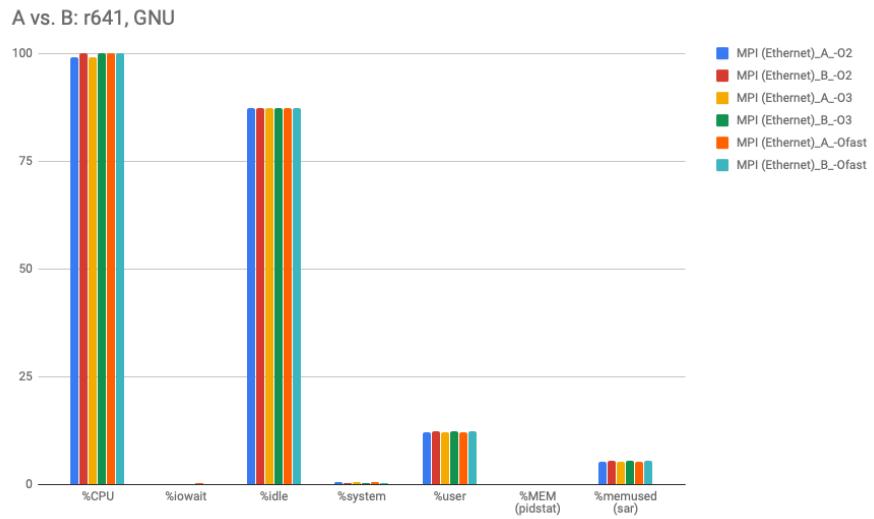


Figure 62: r641: Compilador GNU

A vs. B: r431, Intel

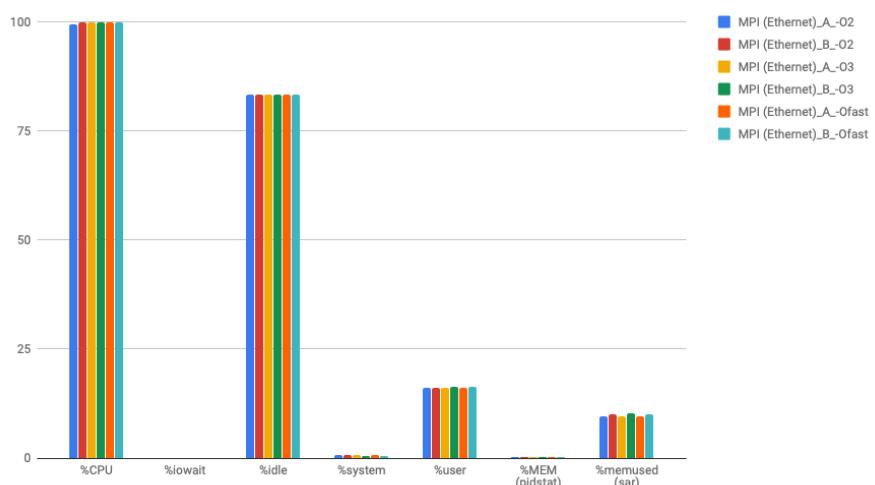


Figure 63: r431: Compilador Intel

A vs. B: r431, GNU

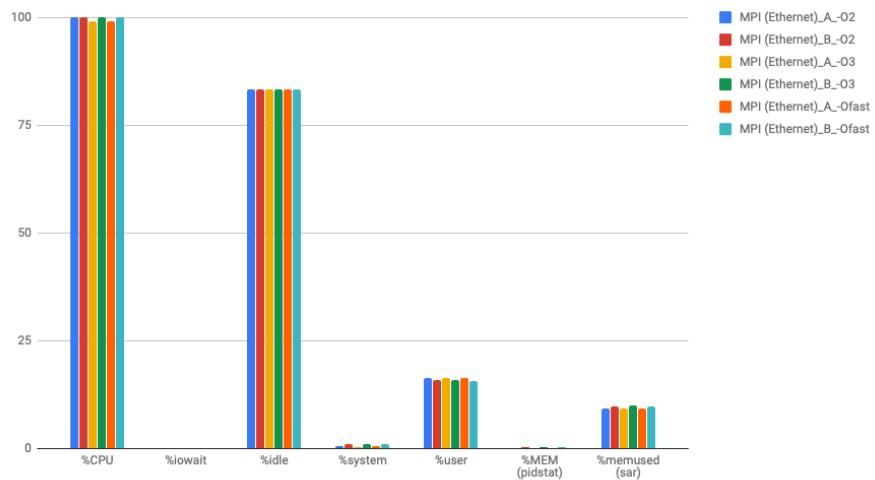


Figure 64: r431: Compilador GNU

B.3 Compiladores: GNU vs. Intel

B.3.1 FT

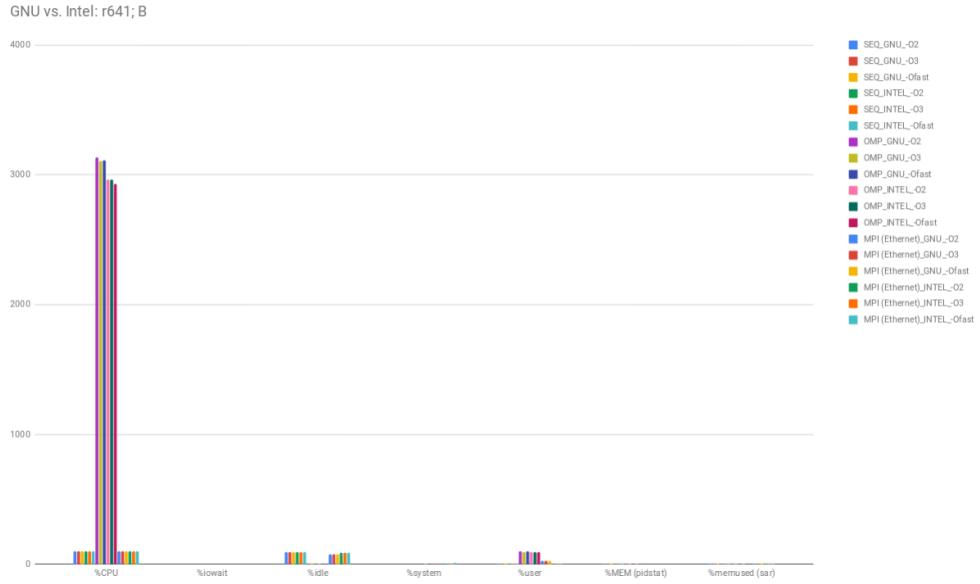


Figure 65: r641: Classe B

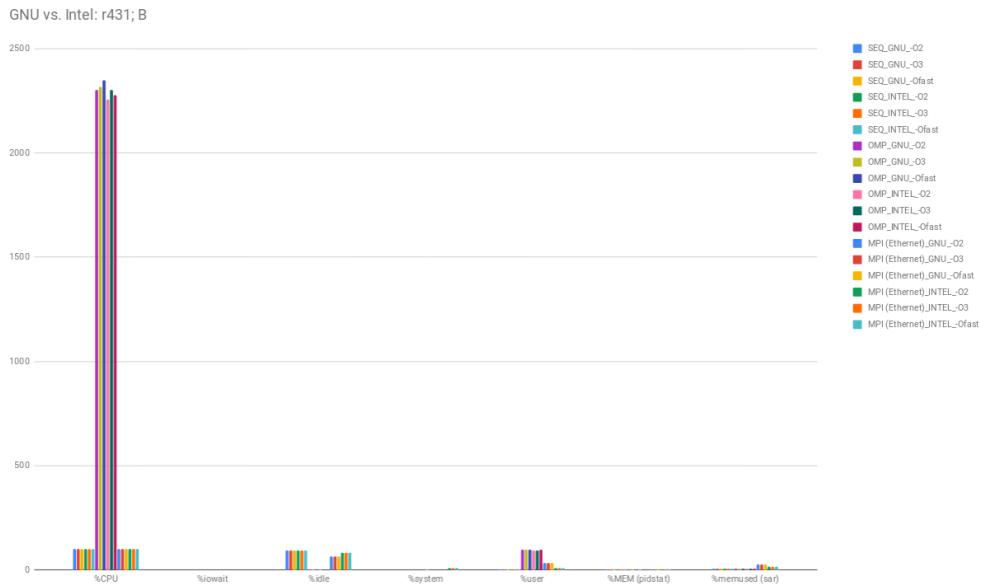


Figure 66: r431: Classe B

B.3.2 LUMZ

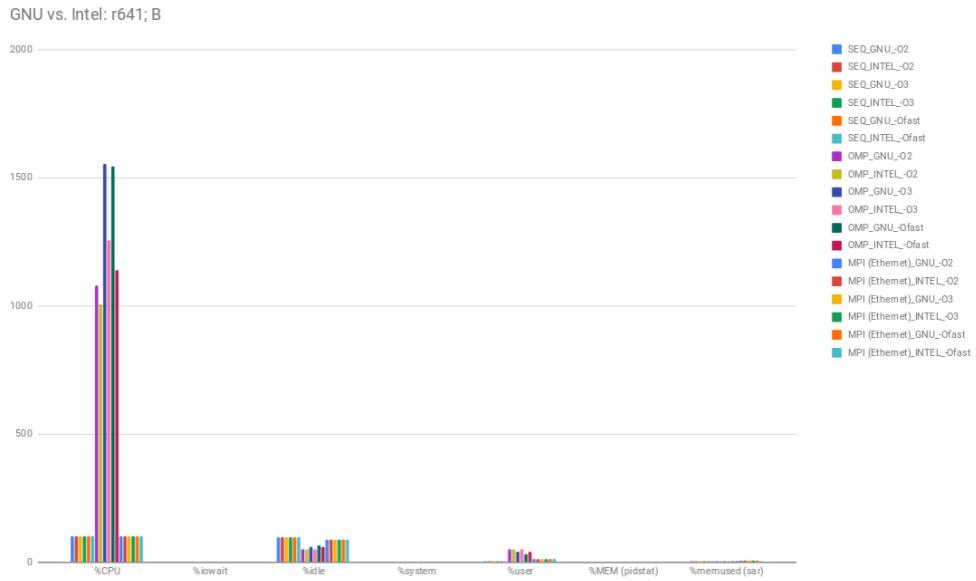


Figure 67: r641: Classe B

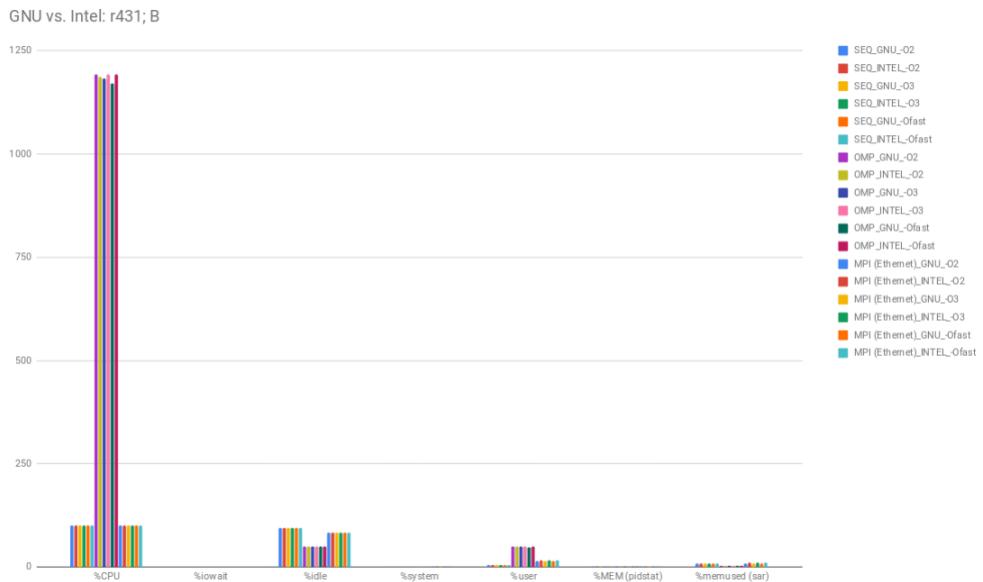


Figure 68: r431: Classe B

B.4 Nodos: r641 vs. r431

B.4.1 FT

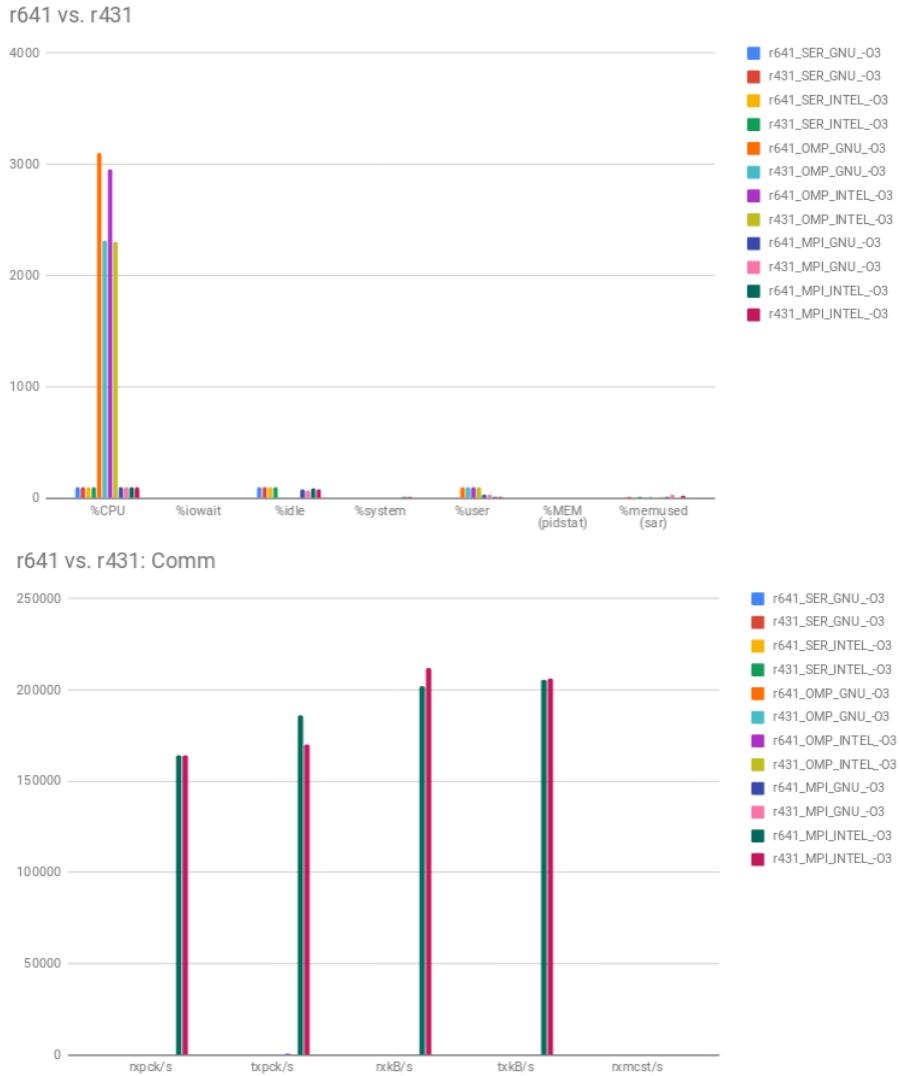


Figure 69: r641 vs. r431

B.4.2 LUMZ

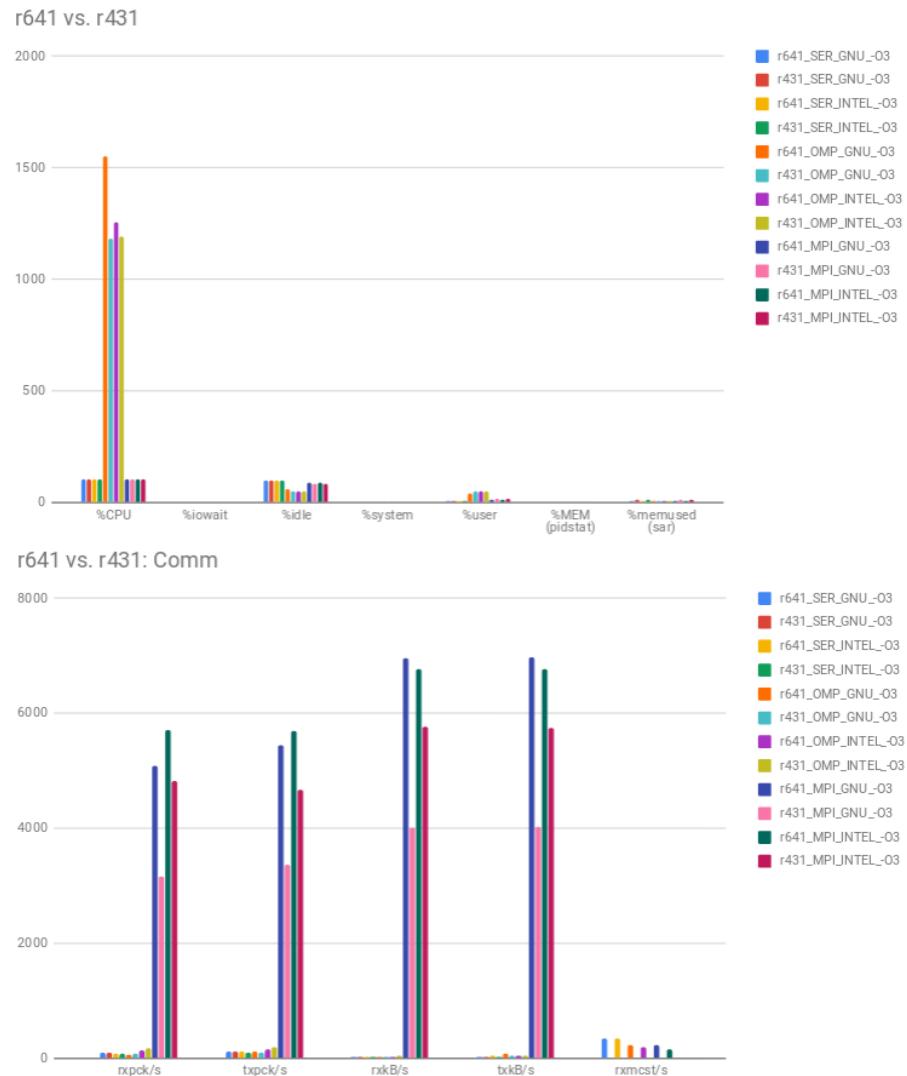


Figure 70: r641 vs. r431

B.5 Benchmarks: FT vs. LUMZ

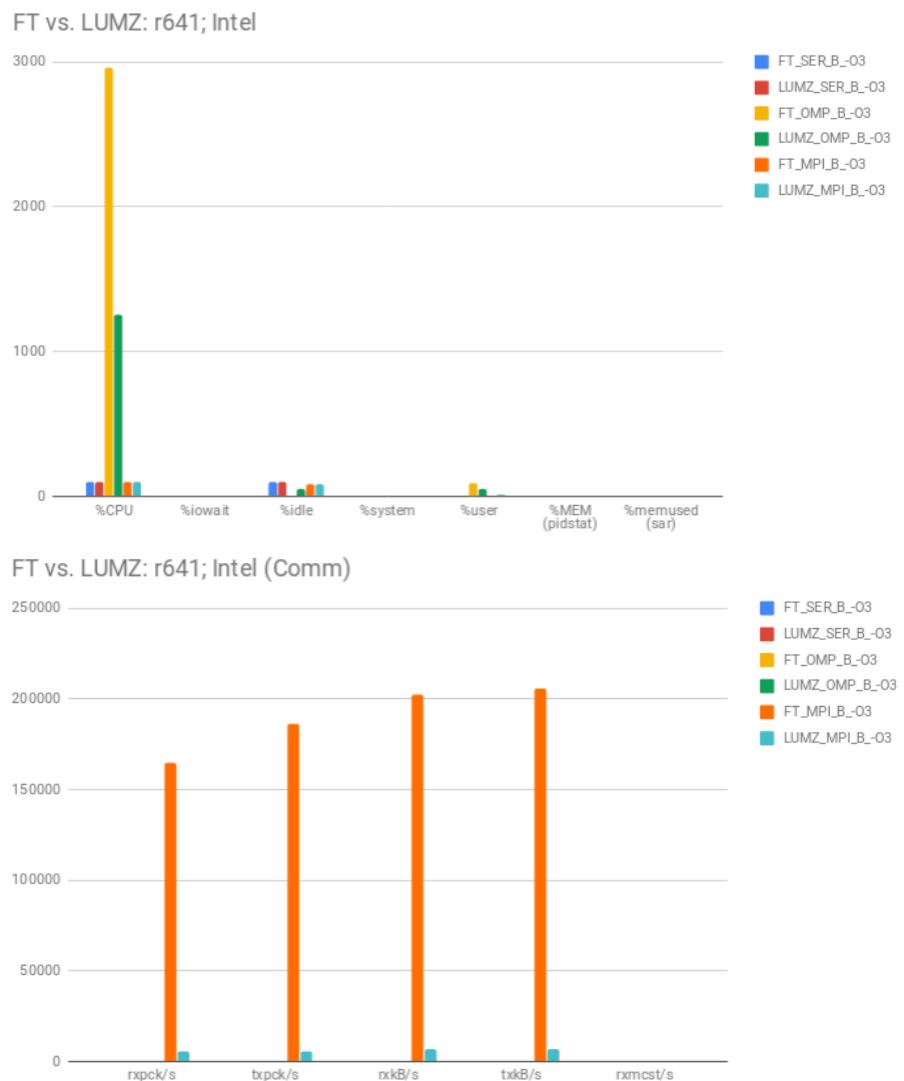


Figure 71: FT vs. LUMZ; r641; Intel

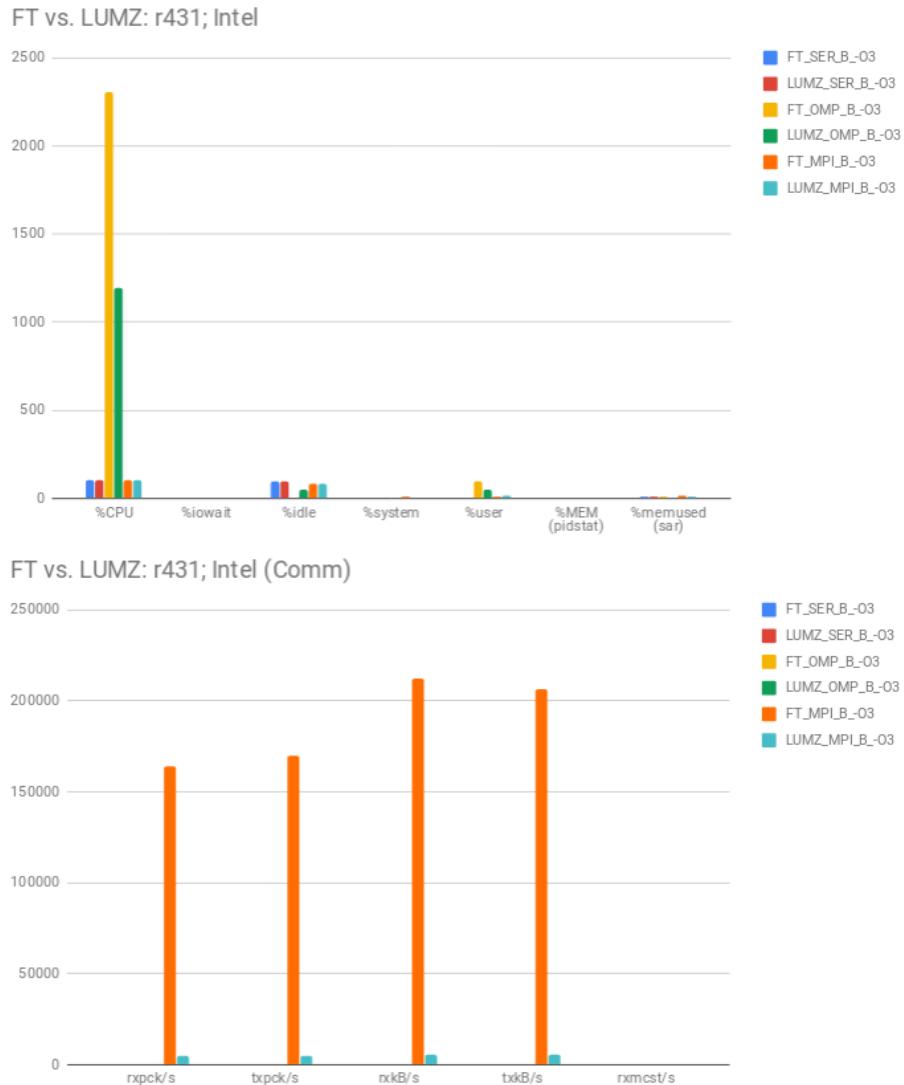


Figure 72: FT vs. LUMZ; r431; Intel

Appendix C Scripts

C.1 Script para FT

```
#!/bin/bash

function getB(){
    CUR_RESULT_DIR=$RESULT_DIR/$6/$5/$1_$2_$3_$4_results
    mkdir -p $CUR_RESULT_DIR

    CMDS=( "sar -r 1 -u"
    "vmstat 1"
    "pidstat -u 1"
    "pidstat -r 1"
    "sar -r 1"
    "iostat -d 1"
```

```

"vmstat -d 1"
"sar -r 1 -n DEV"
"sar -r 1 -n EDEV")

OUTPUT_DIR=("$CUR_RESULT_DIR/cpu_sar.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/mem_vmstat.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/cpu_pidstat.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/mem_pidstat.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/mem_sar.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/disk_iostat.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/disk_vmstat.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/network_usage_sar.txt"
"$CUR_RESULT_DIR/network_saturation_sar.txt")

for (( i = 0; i < ${#CMDS[@]}; i++ ))
do
    ${CMDS[$i]} > ${OUTPUT_DIR[$i]} &
    PID=($!)
    if [[ $5 == "NPB3.3-MPI" ]]; then
        if [[ $1 == "INTEL" ]]; then
            if [[ $6 == "FTr641Myri" ]]; then
                module load intel/openmpi_mx/1.8.2
                source /share/apps/intel/parallel_studio_xe_2019/compilers_and_libraries
                _2019/linux/bin/compilervars.sh intel64
                mpirun -rr -genv I_MPI_FABRICS mx -np 8 ./ft.$4.8
            else
                module load intel/openmpi_eth/1.8.2
                source /share/apps/intel/parallel_studio_xe_2019/compilers_and_libraries
                _2019/linux/bin/compilervars.sh intel64
                mpirun -rr -np 8 ./ft.$4.8
            fi
        else
            if [[ $6 == "FTr641Myri" ]]; then
                module load gnu/openmpi_mx/1.8.2
                module load gcc/5.3.0
                mpirun --map-by node --mca mtl mx --mca pml cm -np 8 ./ft.$4.8
            else
                module load gnu/openmpi_eth/1.8.2
                module load gcc/5.3.0
                mpirun --map-by node -np 8 ./ft.$4.8
            fi
        fi
    else
        ./ft.$4.x
    fi
    kill -9 $PID
done
}

function bench(){
mkdir bin

```

```

if [[ $1 == "INTEL" ]]; then
    if [[ $5 == "NPB3.3-MPI" ]]; then
        if [[ $6 == "FTr641Myri" ]] || [[ $6 == "FTr431Myri" ]]; then
            module load intel/openmpi_mx/1.8.2
        else
            module load intel/openmpi_eth/1.8.2
        fi
    fi
    source /share/apps/intel/parallel_studio_xe_2019/compilers_and_libraries_2019/linux/bin/
compilervars.sh intel64
else
    module load gcc/5.3.0
    if [[ $5 == "NPB3.3-MPI" ]]; then
        if [[ $6 == "FTr641Myri" ]]; then
            module load gnu/openmpi_mx/1.8.2
        else
            module load gnu/openmpi_eth/1.8.2
        fi
    fi
fi
fi

cd FT

if [[ $5 == "NPB3.3-MPI" ]]; then
    make COMPILER_T=$1 OPT=$2 VECT=$3 NPROCS=8 CLASS=$4
else
    make COMPILER_T=$1 OPT=$2 VECT=$3 CLASS=$4
fi

cd ../bin

getB $1 $2 $3 $4 $5 $6

cd ..

rm -r bin
make clean
}

function runBench(){
cd $PROJ_ROOT/Benchmarks/FT/$1/

#Class A

#GNU compiler

 #-O2
bench GNU 2 0 A $1 $2
 #-O3
bench GNU 3 0 A $1 $2
 #-Ofast
bench GNU F 0 A $1 $2

#Intel compiler

```

```

#-02
bench INTEL 2 0 A $1 $2
#-03
bench INTEL 3 0 A $1 $2
#-0fast
bench INTEL F 0 A $1 $2

#Class B

#GNU compiler

#-02
bench GNU 2 0 B $1 $2
#-03
bench GNU 3 0 B $1 $2
#-0fbst
bench GNU F 0 B $1 $2

#Intel compiler

#-02
bench INTEL 2 0 B $1 $2
#-03
bench INTEL 3 0 B $1 $2
#-0fbst
bench INTEL F 0 B $1 $2
}

PROJ_ROOT=$PWD
RESULT_DIR=$PROJ_ROOT/FT_RESULTS

if [[ $1 == "FTr641Myri" ]]; then
  #MPI
  runBench NPB3.3-MPI $1
else
  #SEQ
  runBench NPB3.3-SER $1
  #OMP
  runBench NPB3.3-OMP $1
  #MPI
  runBench NPB3.3-MPI $1
fi

```