

1 Introdução

Este relatório tem como objetivo apresentar os conhecimentos adquiridos durante a realização da Tarefa 14 da disciplina de **Programação Paralela**. A atividade consistiu na implementação e análise de um sistema de troca de mensagens utilizando a biblioteca MPI (Message Passing Interface). O foco principal foi observar como o tempo de comunicação entre dois processos se comporta à medida que o tamanho das mensagens aumenta, destacando aspectos como latência e largura de banda.

2 Enunciado

Implemente um programa MPI com exatamente dois processos. O processo 0 deve enviar uma mensagem ao processo 1, que imediatamente responde com a mesma mensagem. Meça o tempo total de execução de múltiplas trocas consecutivas dessa mensagem, utilizando `MPI_Wtime`. Registre os tempos para diferentes tamanhos, desde mensagens pequenas (como 8 bytes) até mensagens maiores (como 1 MB ou mais). Analise o graficamente o tempo em função do tamanho da mensagem e identifique os regimes onde a latência domina e onde a largura de banda se torna o fator principal.

3 Desenvolvimento

Conforme solicitado no enunciado, desenvolvemos um programa do tipo "*ping-pong*", utilizando a biblioteca MPI. O programa cria exatamente dois processos que se comunicam entre si, realizando sucessivas trocas de mensagens.

A lógica da implementação foi estruturada da seguinte forma: o processo de rank 0 envia uma mensagem ao processo de rank 1, que imediatamente a recebe e devolve a mesma mensagem para o processo 0. Esse ciclo de envio e recebimento foi repetido diversas vezes para cada tamanho de mensagem, com o objetivo de obter uma medição mais precisa do tempo de execução.

Para mensurar o tempo total das trocas de mensagens, utilizamos a função `MPI_Wtime`, que fornece uma medida de tempo de alta resolução adequada para benchmarking em aplicações paralelas. Antes de iniciar as medições, foi utilizada a função `MPI_Barrier` para sincronizar os dois processos, garantindo que ambos estivessem prontos para iniciar a troca de mensagens ao mesmo tempo.

Foram testados diferentes tamanhos de mensagens: 8 bytes, 1 kilobyte (KB), 10 KB, 100 KB e 1 megabyte (MB). Cada configuração de tamanho foi submetida a um número fixo de repetições (1000 trocas consecutivas) para minimizar os efeitos de variações momentâneas de desempenho do sistema e tornar os resultados mais confiáveis.

Por fim, os dados obtidos permitiram identificar os regimes de comunicação: o regime onde a latência (tempo fixo por envio) domina, característico de mensagens pequenas, e o regime onde a largura de banda (capacidade máxima de transmissão de dados) passa a ser o principal fator, predominante em mensagens maiores.

4 Resultados

Tamanho da Mensagem	Tempo total para 1000 trocas (s)
8 bytes	0.003100
1 KB (1024 bytes)	0.006715
10 KB (10240 bytes)	0.014761
100 KB (102400 bytes)	0.079849
1 MB (1048576 bytes)	0.680651

Tabela 1: Resultados do tempo total de comunicação para diferentes tamanhos de mensagem

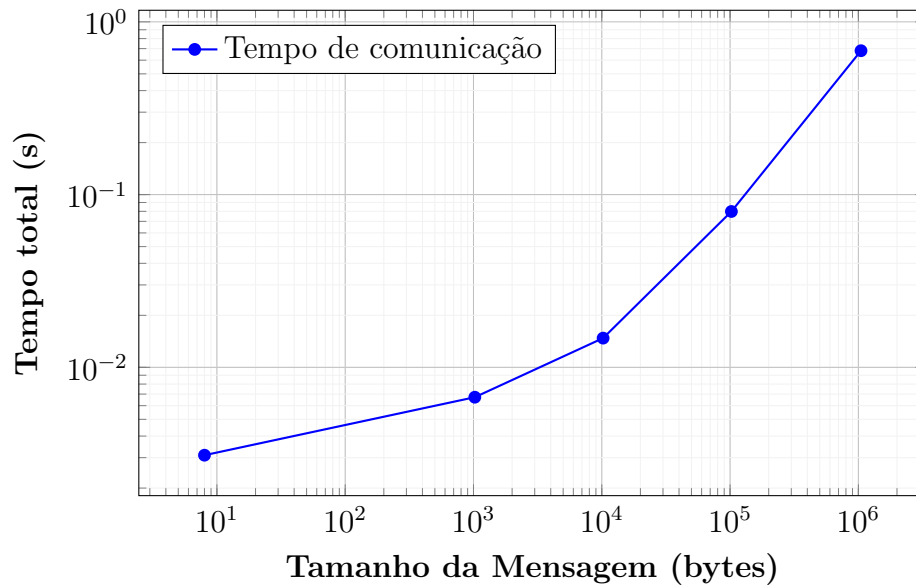


Figura 1: Tempo total de 1000 trocas em função do tamanho da mensagem

5 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos demonstram claramente a existência de dois regimes distintos na comunicação entre processos MPI: o regime dominado pela latência e o regime dominado pela largura de banda.

Para tamanhos de mensagens muito pequenos, como 8 bytes e 1 KB, observou-se que o tempo total de execução das trocas variou muito pouco, evidenciando que o fator preponderante foi a **latência** da comunicação — ou seja, o tempo fixo necessário para iniciar cada envio e recebimento de mensagem, independentemente do volume de dados transmitido.

Por outro lado, à medida que o tamanho da mensagem aumentou para valores como 100 KB e 1 MB, o tempo total cresceu de forma acentuada. Isso indica que, para mensagens maiores, o fator predominante passa a ser a **largura de banda**, que corresponde à capacidade do sistema de transmitir grandes volumes de dados em determinado intervalo de tempo.

O comportamento observado é característico de sistemas de comunicação paralela e confirma as expectativas teóricas. No gráfico apresentado, é possível identificar uma região inicial quase constante (regime de latência dominante) e uma região de crescimento quase linear (regime de largura de banda dominante).

6 Conclusão

A realização desta atividade permitiu compreender de forma prática como o tempo de comunicação entre processos em sistemas paralelos é influenciado tanto pela latência quanto pela largura de banda. A implementação do programa "ping-pong" utilizando a biblioteca MPI proporcionou a observação direta desses dois regimes, evidenciando como, para mensagens pequenas, a latência é o fator determinante, enquanto para mensagens maiores, a largura de banda se torna o elemento preponderante.

Além disso, a análise dos resultados demonstrou a importância de considerar o tamanho das mensagens na otimização do desempenho de aplicações paralelas, uma vez que diferentes tamanhos podem impactar significativamente o tempo total de comunicação. A utilização de técnicas de medição precisas, como o uso da função `MPI_Wtime` e a sincronização com `MPI_Barrier`, também se mostrou essencial para garantir a confiabilidade dos resultados.

Por fim, a atividade contribuiu para consolidar os conhecimentos sobre comunicação paralela com MPI, bem como sobre a importância da análise empírica no entendimento do comportamento de sistemas distribuídos.