Sistemas Distribuídos
Trabalho Prático Final
Sistema de Chat Distribuído

Letícia de Oliveira Soares
Mateus Gonçalves Soares

1. Introdução

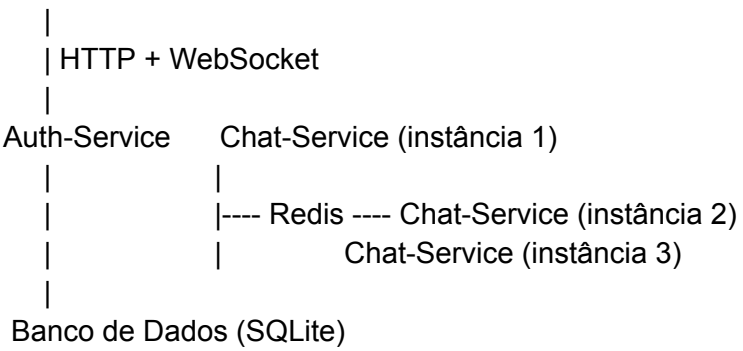
Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de chat distribuído em tempo real, fundamentado em conceitos centrais de Sistemas Distribuídos, como microsserviços, comunicação assíncrona, persistência de dados e escalabilidade horizontal. Sistemas de mensagens instantâneas exigem baixa latência, suporte a múltiplos usuários simultâneos e alta disponibilidade, o que os torna um cenário adequado para aplicação prática desses conceitos.
A arquitetura do sistema é composta por dois microsserviços independentes, auth-service e chat-service, com autenticação baseada em JWT, permitindo operação stateless e fácil replicação. A comunicação em tempo real é realizada via WebSockets (Socket.IO) e a escalabilidade horizontal é garantida pelo uso do Redis como message broker, possibilitando a sincronização entre múltiplas instâncias do serviço de mensagens. O sistema utiliza persistência de dados e é validado por testes unitários, de integração e de concorrência/carga, comprovando o atendimento aos requisitos propostos.

Repositório: https://github.com/leticiaasoares/sd-chat/tree/main

2. Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema é composta por três camadas principais: Auth-Service (Serviço de Autenticação e Usuários), Chat-Service (Serviço de Mensagens em Tempo Real) e Front-end Web (Cliente).
Além disso, o sistema utiliza dois componentes de infraestrutura: banco de dados SQLite para persistência de usuários e mensagens e Redis como middleware de comunicação entre instâncias do chat-service.

Versão simplificada da arquitetura:



3. Microsserviços e Separação de Responsabilidades

Auth-Service
O auth-service é responsável por: cadastro de novos usuários, autenticação via login e senha, geração de tokens JWT e listagem de usuários cadastrados.
As características principais são serviço stateless (não mantém sessão em memória), autenticação baseada em JWT (JSON Web Token) e permitir múltiplas instâncias simultâneas sem necessidade de sincronização de estado.

Chat-Service
O chat-service é responsável por: comunicação em tempo real via WebSockets (Socket.IO), envio e recebimento de mensagens privadas, persistência de mensagens no banco de dados e sincronização de mensagens entre múltiplas instâncias usando Redis.
Cada instância do chat-service valida o usuário via JWT, insere o usuário em uma sala identificada pelo seu username e utiliza Redis para propagar mensagens entre instâncias.

4. Comunicação Assíncrona e Tempo Real

A comunicação em tempo real é implementada utilizando WebSockets, por meio da biblioteca Socket.IO.
O cliente estabelece uma conexão persistente com o chat-service, então as mensagens são enviadas e recebidas por eventos assíncronos. Não há necessidade de polling para mensagens e o servidor envia dados ao cliente assim que eventos ocorrem.
Para a integração com Redis, o Redis Adapter do Socket.IO é utilizado. As mensagens enviadas em uma instância do chat-service são automaticamente propagadas para as demais e os usuários recebem mensagens mesmo estando conectados a instâncias diferentes.

5. Persistência de Dados

O sistema utiliza um banco de dados SQLite, contendo duas tabelas principais:

- users: armazena informações de usuários e credenciais (com senha criptografada);
- messages: armazena mensagens trocadas entre usuários, com remetente, destinatário, conteúdo e timestamp.

A persistência de dados é independente da conexão do usuário, o histórico de mensagens é acessível após logout ou reconexão e o banco compartilhado é entre instâncias.

6. Execução

Iniciar o Redis:
O Redis deve estar em execução antes de iniciar o chat-service.
Verifique se o Redis está ativo:

```
redis-cli ping
```

Rodar o Auth-Service

Em um terminal:

```
cd auth-service
npm install
npm start
```

O serviço de autenticação ficará disponível em: http://localhost:4000

Rodar o Chat-Service (Escalabilidade Horizontal)
O chat-service pode ser executado em múltiplas instâncias.
Cada instância deve ser iniciada em um terminal diferente, usando portas distintas.
Exemplo com três instâncias:

```
cd chat-service
npm install
```

```
PORT=4001 REDIS_URL=redis://localhost:6379 node server.js
PORT=4002 REDIS_URL=redis://localhost:6379 node server.js
PORT=4003 REDIS_URL=redis://localhost:6379 node server.js
```

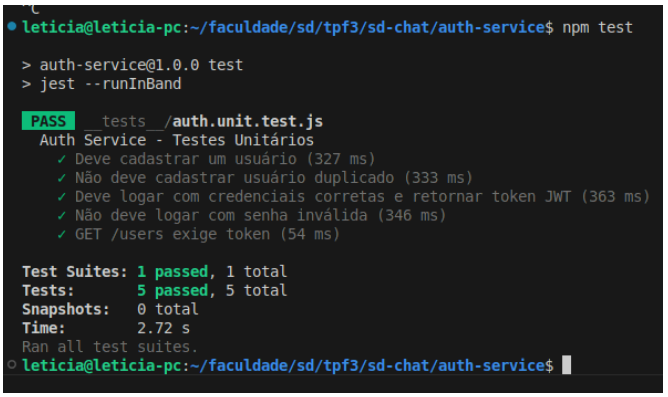
Acessar o Front-end
O front-end é servido pelo próprio chat-service.
Acesse pelo navegador:

```
http://localhost:4001
http://localhost:4002
```

Cada endereço corresponde a uma instância diferente do chat-service.

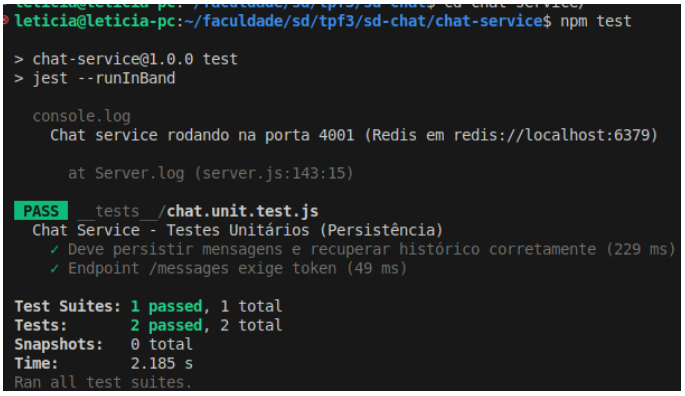
7. Testes

Testes Unitários
No serviço de autenticação (auth-service), os testes unitários cobrem os principais cenários relacionados ao gerenciamento de usuários. Foram testados o cadastro de novos usuários, a validação de credenciais durante o processo de login, a geração correta de tokens JWT e o comportamento do sistema diante de tentativas de autenticação inválidas, como senhas incorretas ou usuários duplicados. Também foi verificada a proteção de rotas que exigem autenticação, garantindo que apenas usuários autenticados tenham acesso a determinadas funcionalidades. Os testes estão em auth-service/__tests__/auth.unit.test.js.



Resultado dos testes do serviço de autenticação

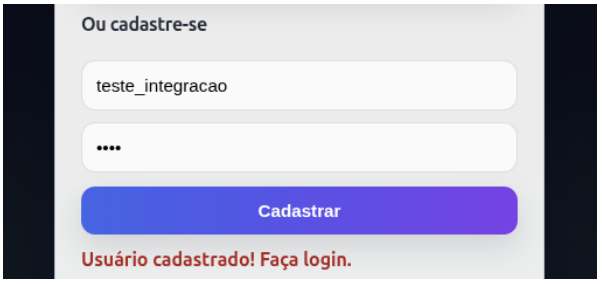
No serviço de mensagens (chat-service), os testes unitários concentram-se na validação da persistência e recuperação das mensagens. Foram testados o armazenamento correto das mensagens no banco de dados e a recuperação do histórico de conversas entre dois usuários autenticados. Esses testes asseguram que o serviço de mensagens mantenha a integridade dos dados. Os testes estão em chat-service/__tests__/chat.unit.test.js.

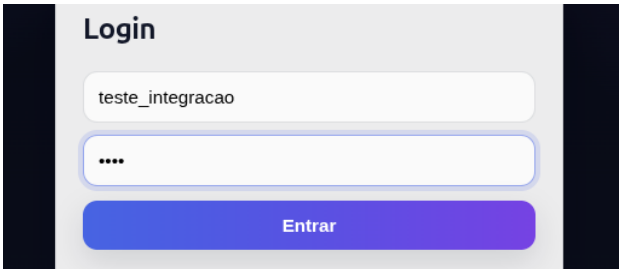


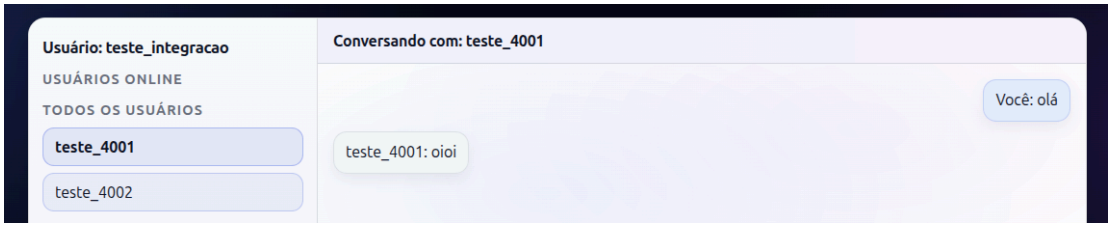
Resultado dos testes do serviço de mensagens

Testes de Integração

O front-end foi testado e a comunicação entre o serviço de autenticação e o serviço de mensagens ocorreu corretamente. Um usuário foi cadastrado, autenticado e em seguida enviou uma mensagem:







Testes de Concorrência/Carga

Durante a execução, os usuários u1 a u10 foram inicialmente cadastrados e autenticados no auth-service, obtendo tokens JWT válidos. Em seguida, cada usuário estabeleceu uma conexão WebSocket com uma instância específica do chat-service. A distribuição ocorreu entre três instâncias diferentes (http://localhost:4001, http://localhost:4002 e http://localhost:4003), garantindo que o teste representasse um ambiente horizontalmente escalado. Esse passo valida que usuários conectados a instâncias distintas ainda conseguem se comunicar corretamente.

Após as conexões serem estabelecidas, foi realizado o envio de mensagens simultâneas em formato de ciclo (cada usuário enviando uma mensagem para o próximo usuário, totalizando 10 mensagens). Os resultados indicaram que cada usuário recebeu exatamente uma mensagem, e o total de mensagens entregues foi 10, igual ao esperado (Total entregue: 10 (esperado: 10)). Esse resultado comprova que o sistema manteve a consistência da entrega e operou corretamente sob concorrência, demonstrando que o uso do Redis como mecanismo de sincronização entre instâncias do chat-service permite comunicação em tempo real em um ambiente distribuído, validando a escalabilidade horizontal na prática.