

êndice

1. Conceitos.....	2
1.1. O que é Docker?.....	2
1.2. Por que não uma VM?	3
1.3. O que são <i>containers</i> ?	3
1.4. O que são imagens Docker ?.....	4
1.5. Arquitetura.....	4
1.6. Crescimento do Docker	5
2. Instalação.....	7
2.1. Docker Engine e Docker Machine.....	7
3. Uso básico do Docker.....	8
3.1. Introdução ao Docker Client	8
3.2. <i>Hello World</i> : Meu Docker funciona !	8
3.3. Meu querido amigo run.....	8
3.4. Modo interativo.....	9
3.5. Cego, surdo e mudo, não que não !	11
3.6. Modo <i>daemon</i>	14
3.7. Manipulação de <i>containers</i> em modo <i>daemon</i>	15
3.8. Nova sintaxe do Docker Client	16
4. Deixando de ser apenas um usuário.....	17
4.1. Introdução	17
4.2. Diferenças entre <i>container</i> e imagem	17
4.3. Entendendo melhor as imagens	17
4.4. Comandos básicos no gerenciamento de imagens	18
4.5. Docker Hub ! Docker Registry	19
4.6. Construção de uma imagem	19
4.7. Instruções para a preparação da imagem	20
4.8. Instruções para povoamento da imagem	21
4.9. Instruções com configuração para execução do <i>container</i>	21
5. Coordenando múltiplos containers	25
5.1. Introdução	25
5.2. Gerenciamento de <i>micro service</i>	25
5.3. Docker compose	26
6. Projeto para envio de e-mails com <i>workers</i>	27
6.1. Banco de dados	28
6.2. Volumes	29
6.3. Front-end	30
6.4. Filas	32
6.5. Proxy reverso	33

6.6. Redes	35
6.7. <i>Workers</i>	38
6.8. Mœltiplas inst%ncias	42
6.9. Boas pr†ticas\$~\$Vari†veis de ambiente	44
6.10. Override	46
Appendix A: Tabela de Exerc’cios	47
Gloss†rio	48

```
: source-highlighter: rouge
: toc: preamble
: pdf-style: apostila-theme.yml
```

Sumário

Apostila do curso de Docker.

1. Conceitos

1.1. O que é Docker?

Docker

é uma ferramenta que se apoia em recursos existentes no *kernel*, inicialmente Linux, para isolar a execução de processos. As ferramentas que o Docker traz são basicamente uma camada de administração de *containers*, baseado originalmente no [LXC](#).

Alguns isolamentos possíveis

- Limites de uso de memória
- Limites de uso de CPU
- Limites de uso de I/O
- Limites de uso de rede
- Isolamento da rede (que redes e portas são acessíveis)
- Isolamento do *file system*
- Permissões e Políticas
- Capacidades do *kernel*

!

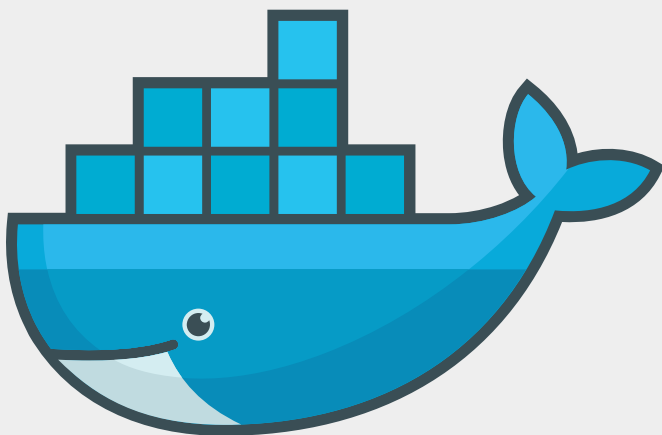
Podemos concluir dizendo que estes recursos já existiam no *kernel* a um certo tempo, o que o Docker nos trouxe foi uma maneira simples e efetiva de utilizá-los.

<https://www.docker.com/what-docker>

Definição oficial

Containers Docker empacotam componentes de *software* em um sistema de arquivos completo, que contém tudo necessário para a execução: código, *runtime*, ferramentas de sistema - qualquer coisa que possa ser instalada em um servidor.

Isto garante que o *software* sempre irá executar da mesma forma, independente do seu ambiente.



1.2. Por que não é uma VM?

O Docker tende a utilizar menos recursos que uma VM tradicional, um dos motivos é não precisar de uma pilha completa como vemos em [Comparando VMs ! Containers](#). O Docker utiliza o mesmo *kernel* do *host*, e ainda pode compartilhar bibliotecas.

Mesmo utilizando o mesmo *kernel* é possível utilizar outra distribuição com versões diferentes das bibliotecas e aplicativos.

Figura 1. Comparando VMs ! Containers

VM

Virtual Machine (máquina virtual), recurso extremamente usado atualmente para isolamento de serviços, replicação e melhor aproveitamento do poder de processamento de uma máquina física.

Devo trocar então minha VM por um *container*? Nem sempre, os *containers* Docker possuem algumas limitações em relação às VMs:

- ¥ Todas as imagens são linux, apesar do *host* poder ser qualquer SO que use ou emule um *kernel* linux, as imagens em si são baseadas em linux.
- ¥ Não é possível usar um *kernel* diferente do *host*, o Docker Engine estará executando sob uma determinada versão (ou emulação) do *kernel* linux, e não é possível executar uma versão diferente, pois as imagens não possuem *kernel*.

1.3. O que são *containers*?

Container é o nome dado para a segregação de processos no mesmo *kernel*, de forma que o processo seja isolado o máximo possível de todo o resto do ambiente.

Em termos práticos são *File Systems*, criados a partir de uma "imagem" e que podem possuir também algumas características próprias.



<https://www.docker.com/what-container>

1.4. O que são imagens Docker ?

Uma imagem Docker é a materialização de um modelo de um sistema de arquivos, modelo este produzido através de um processo chamado **build**.

Esta imagem é representada por um ou mais arquivos e pode ser armazenada em um repositório.

Docker File Systems

O Docker utiliza *file systems* especiais para otimizar o uso, transferência e armazenamento das imagens, *containers* e volumes.

O principal é o **AUFS**, que armazena os dados em camadas sobrepostas, e somente a camada mais recente é gravável.

✎ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aufs>

✎ <https://docs.docker.com/engine/userguide/storagedriver/aufs-driver/>

1.5. Arquitetura

De maneira simplificada podemos dizer que o uso mais básico do Docker consiste em:

✎ Ter o serviço **Docker Engine** rodando

✎ Ter acesso a **API Rest** do **Docker Engine**, normalmente através do **Docker Client**

✎ Baixar uma imagem do **Docker Registry**, normalmente do *registry* público oficial:

<https://hub.docker.com>

¥ Instanciar um *container* a partir da imagem baixada

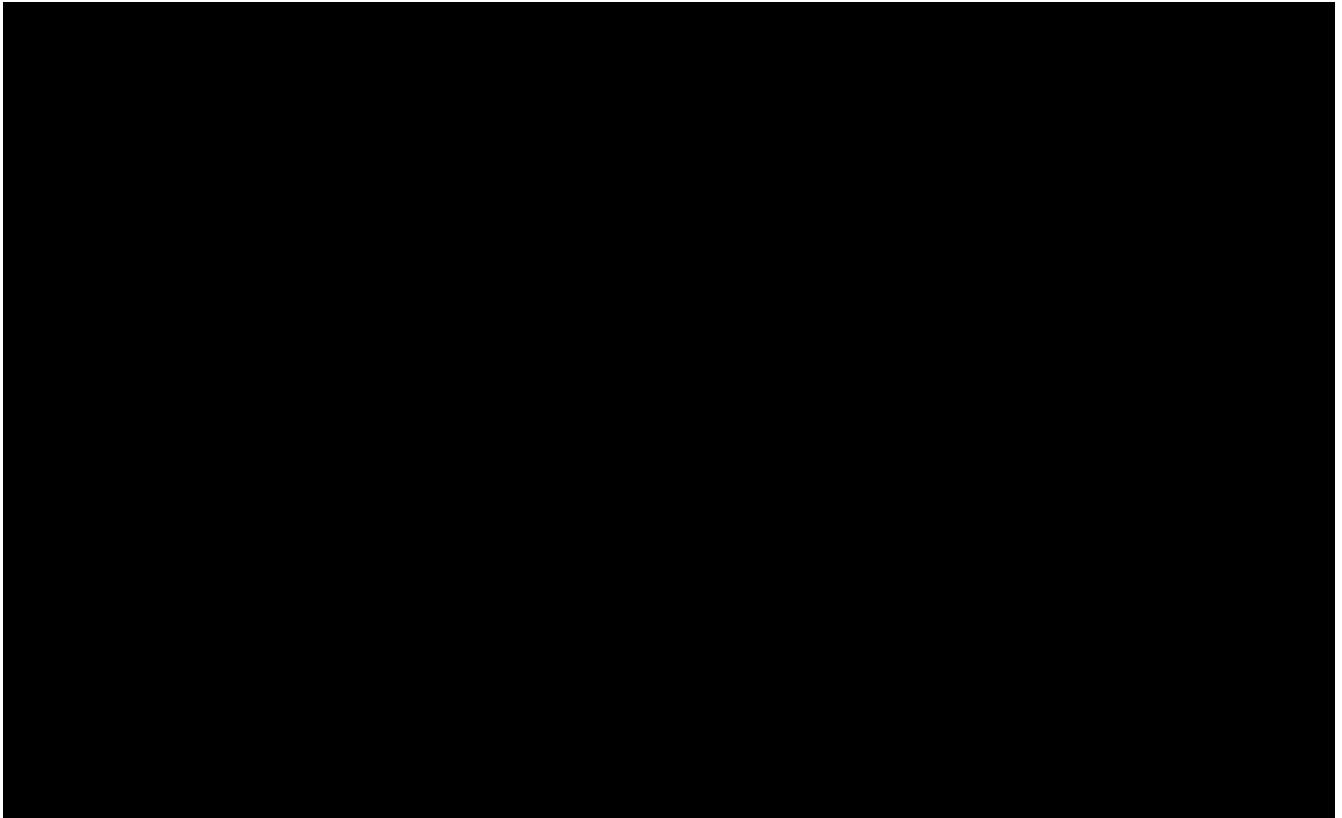


Figura 2. Arquitetura do Docker

1.6. Crescimento do Docker

A primeira versão do Docker   de 13 de março de 2013, tendo um pouco mais de 4 anos (*na época que este curso foi escrito*).

Nestes 4 anos ele tem se tornado cada vez mais popular e uma soluço real para desenvolvedores (*manter o seu ambiente mais simples e próximo   produ o*), administradores de sistema e ultimamente para uso *enterprise*, sendo avaliado pelos principais *players* do mercado uma alternativa mais econ mica em rela o as solu es atuais. Em sua maioria virtualiza o.

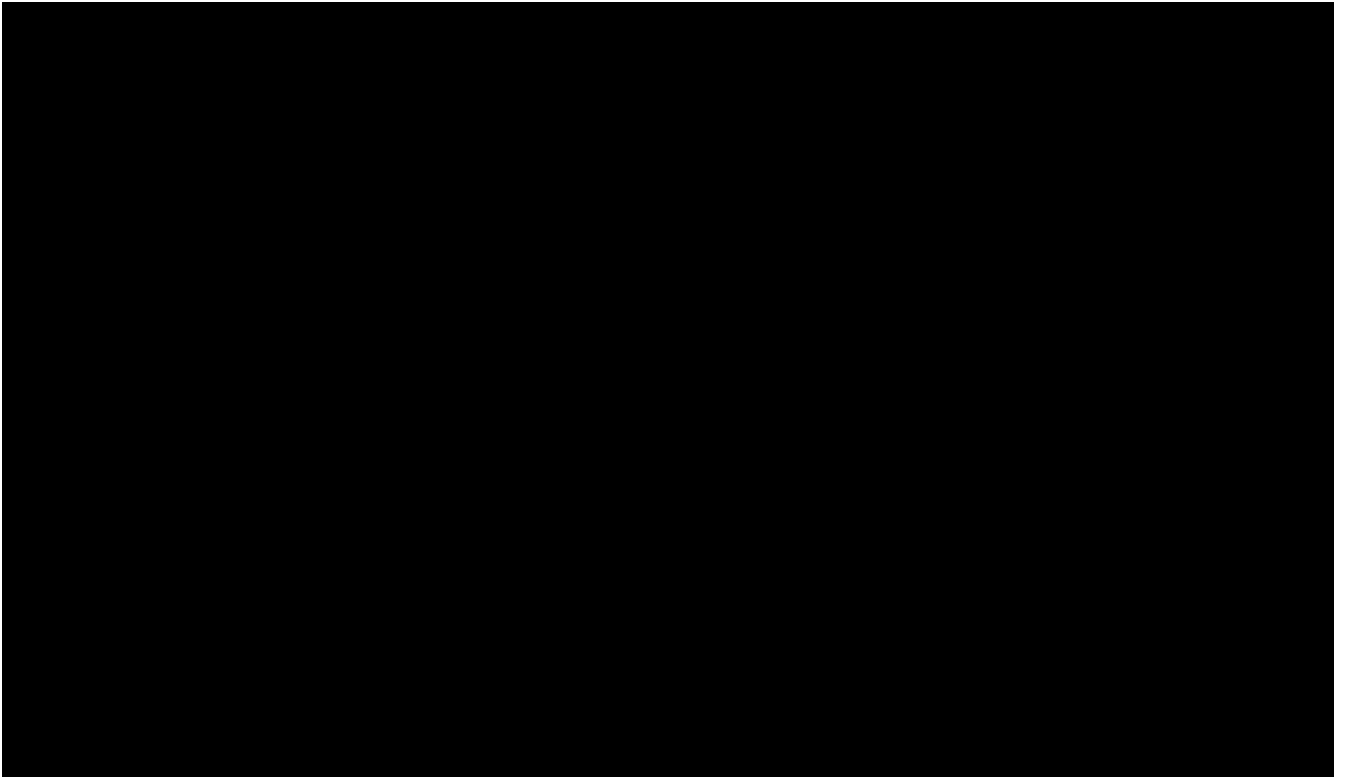


Figura 3. Ecosystema Docker

2. Instalação

2.1. Docker Engine e Docker Machine

• Instalação (Linux, Microsoft Windows e MacOS)

• Uso do Docker Machine

• Uso do Docker na nuvem, Amazon, possivelmente outros

3. Uso básico do Docker

3.1. Introdu o ao Docker Client

Conforme vimos em [Arquitetura](#), o [Docker Engine](#) exp  uma [API Rest](#) que pode ser consumida pelas mais diversas ferramentas. A ferramenta inicial fornecida com a própria *engine*   o [Docker Client](#), utilitário de linha de comando.

3.2. *Hello World*: Meu Docker funciona !

Vamos confirmar o funcionamento do nosso Docker.

Exercício 1 - *Hello World*

run.sh

```
docker container run hello-world
```

!

Na documenta o oficial, o passo para verifica o da instala o   este *Hello World*, porém até a publica o deste curso a documenta o ainda utilizava a sintaxe antiga: `docker run hello-world`

https://docs.docker.com/engine/getstarted/step_one/#step-3-verify-your-installation

||

Testar correto funcionamento do Docker, incluindo a recupera o de imagens e execu o de *containers*.

3.3. Meu querido amigo `run`

O comando `run`   a nossa porta de entrada no Docker, agrupando diversas funcionalidades básicas, como:

  *Download* automático das imagens não encontradas: `docker image pull`

  Cria o do `container`: `docker container create`

  Execu o do `container`: `docker container start`

  Uso do modo interativo: `docker container exec`

!

A partir da versão 1.13, o Docker reestruturou toda a interface da linha de comando, para agrupar melhor os comandos por contexto.

Apesar dos comandos antigos continuarem válidos, o conselho geral é adotar a nova sintaxe.

<https://blog.docker.com/2017/01/whats-new-in-docker-1-13/#highlight>

#

Até a versão 17.03 (corrente na publicação do curso), ainda é possível utilizarmos a sintaxe antiga, porém precisamos pensar nela como atalhos:

```
docker pull
  docker image pull

docker create
  docker container create

docker start
  docker container start

docker exec
  docker container exec
```

3.4. Modo interativo

Podemos usar *containers* em modo interativo, isto é extremamente útil para processos experimentais, estudo dinâmico de ferramentas e de desenvolvimento.

Exemplos de Uso

- ¥ Avaliação do comportamento ou sintaxe de uma versão específica de linguagem.
- ¥ Execução temporária de uma distribuição **Linux** diferente
- ¥ Execução manual de um script numa versão diferente de um interpretador que não a instalada no **host**.

Principais opções do Docker para este fim

- ¥ `docker container run -it`
- ¥ `docker container start -ai`
- ¥ `docker container exec -t`

Exerc'cio 2 - Ferramentas diferentes

run.sh

```
bash --version
# GNU bash, vers<o 4.4.12(1)-release (x86_64-unknown-linux-gnu)

docker container run debian bash --version
# GNU bash, versio n 4.3.30(1)-release (x86_64-pc-linux-gnu)
```

||

Confirmar que o conjunto de ferramentas dispon'veis em um *container* s<o diferentes das dispon'veis no *host*.

Exerc'cio 3 - run cria sempre novos *containers*

Modo interativo

```
docker container run -it debian bash
touch /curso-docker.txt
exit

docker container run -it debian bash
ls /curso-docker.txt
ls: cannot access /curso-docker.txt: No such file or directory
exit
```

||

Demonstrar que o **run** sempre ir† instanciar um novo *container*.

#

Como vimos em [Docker File Systems](#), o *container* e a imagem s<o armazenados em camadas, o processo de instanciar um *container* basicamente cria uma nova camada sobre a imagem existente, para que nessa camada as altera•es sejam aplicadas.

Assim sendo o consumo de espa•o em disco para instanciar novos *containers* Ź relativamente muito baixo.

Exerc'cio 4 - *Containers* devem ter nomes ãnicos

Modo interativo

```
docker container run --help
Ê --memory-swappiness int    Tune container memory swappiness (0 to 100) (default t
-1)
Ê --name string               Assign a name to the container
Ê --network string            Connect a container to a network (default t "default")

docker container run --name mydeb -it debian bash
exit

docker container run --name mydeb -it debian bash
docker: Error response from daemon: Conflict. The container name "/mydeb" is
already in use by container
ad86038db5a3e8099d7c5a828c30520d26b0b98e35cbba46699ef25b7606b350. You have to
remove (or rename) that container to be able to reuse that name..
See 'docker run --help'.
```



Primeiro passo para reutilizar *containers*.

Exerc'cio 5 - Reutilizar *containers*

Modo interativo

```
docker container ls
docker container ls -a

docker container start -ai mydeb
touch /curso-docker.txt
exit

docker container start -ai mydeb
ls /curso-docker.txt
/curso-docker.txt
exit
```



Demonstrar o uso do **start** em modo interativo, reutilizando um *container* previamente criado, alĩm de confirmar que o mesmo consegue reter modifica•es em seu *file system*.

3.5. Cego, surdo e mudo, s– que n‹ o !

Um *container* normalmente roda com o mĩximo de isolamento poss'vel do **host**, este isolamento Ź

poss'vel atrav s do Docker Engine e diversas características prov'das pelo *kernel*.

Mas normalmente não queremos um isolamento total, e sim um isolamento controlado, em que os recursos que o *container* terá acesso são explicitamente indicados.

Principais recursos de controle do isolamento

-   Mapeamento de portas
-   Mapeamento de volumes
-   Cópia de arquivos para o *container* ou a partir do *container*
-   Comunicação entre os *containers*

3.5.1. Mapeamento de portas

  poss'vel mapear tanto portas **TCP** como **UDP** diretamente para o *host*, permitindo acesso atrav s de toda a rede, não necessitando ser a mesma porta do *container*. O método mais comum para este fim   o parâmetro **-p** no comando **docker container run**, o **-p** recebe um parâmetro que normalmente   composto por dois números separados por **:** (dois pontos). O primeiro   no *host* e o segundo   no *container*.

Exercício 6 - Mapear portas dos *containers*

run.sh

```
docker container run -p 8080:80 nginx
# acompanhar logs de acesso
# exemplo: 172.17.0.1 - - [09/Apr/2017:19:28:48 +0000] "GET / HTTP/1.1" 304 0 "-"
"Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko)
Chrome/57.0.2987.133 Safari/537.36" "-"
# CTRL-C para sair
```

Mapeamento de portas

  

-   Acessar a url <http://localhost:8080> por um *browser*
-   Receber a mensagem: Welcome to nginx no *browser*
-   Verificar o *log* de acesso no terminal executando
-   Tentar acessar a url <http://localhost> ou <http://localhost:80>
-   Receber um erro do *browser*
-   Parar a execução do *container*

3.5.2. Mapeamento de volumes

  poss'vel mapear tanto diretórios no *host* como entidades especiais conhecidas como volumes para diretórios no *container*. Por enquanto vamos nos concentrar no mapeamento mais simples, uma diretório no *host* para um diretório no *container*. O método mais comum para este fim   o parâmetro **-v** no comando **docker container run**, o **-v** recebe um parâmetro que normalmente  

composto por dois caminhos absolutos separados por `:` (dois pontos). Assim como diversos outros parâmetros, o primeiro `~` no *host* e o segundo `~` no *container*.

Exercício 7 - Mapear diretórios para o *container*

`run.sh`

```
docker container run -p 8080:80 -v $(pwd)/not-found:/usr/share/nginx/html nginx
# <acessar via browser na porta 8080 e acompanhar logs de acesso>
# Exemplo: 2017/04/09 19:37:38 [error] 7#7: *1 directory index of
"/usr/share/nginx/html/" is forbidden, client: 172.17.0.1, server: localhost,
request: "GET / HTTP/1.1", host: "localhost:8080"
# CTRL-C para sair
```

`index.html`

```
<h1>Hello World</h1>
```

`run-alt.sh`

```
docker container run -p 8080:80 -v $(pwd)/html:/usr/share/nginx/html nginx
# <acessar via browser na porta 8080 e acompanhar logs de acesso>
# Exemplo: 172.17.0.1 - - [09/Apr/2017:19:40:03 +0000] "GET / HTTP/1.1" 200 21 "-"
"Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko)
Chrome/57.0.2987.133 Safari/537.36" "-"
# CTRL-C para sair
```

Mapeamento de volumes

- ¶ Executar o `run.sh`
- ¶ Acessar a url <http://localhost:8080> por um *browser*
- ¶ Receber o erro: 403 Forbidden
- ¶ Verificar o *log* de acesso no terminal executando
- ¶ Parar a execução do *container*
- ¶ Executar o `run-alt.sh` (que mapea o diretório com o `index.html`)
- ¶ Tentar acessar a url <http://localhost:8080>
- ¶ Receber o texto: Hello World
- ¶ Bonus: Editar o `html/index.html` a partir de um editor de textos e atualizar o *browser*
- ¶ Parar a execução do *container*

3.6. Modo *daemon*

Agora sim, aonde o Docker começa a brilhar!

Antes de conhecer opções mais avançadas de compartilhamento de recursos, isolamento, etc, precisamos entender como rodar os *containers* em *background*. O parâmetro `-d` do `docker container run` indica ao Docker para iniciar o container em *background* (modo daemon).

Para entender melhor estes *containers* precisaremos conhecer um novo comando: `docker container ps`, que lista *containers* em execução.

Exercício 8 - Rodar um servidor web em *background*

run.sh

```
docker container run -d --name ex-daemon-basic -p 8080:80 -v $(pwd)/html:/usr/share/nginx/html nginx
# 20536baa3d861a1c8ed3a231f6f8466a442579390cdfa93b40eae2e441671a21
docker container ps
# CONTAINER ID        IMAGE               COMMAND             CREATED             STATUS              PORTS
NAMES
# 20536baa3d86        nginx              "nginx -g 'daemon ...'"   About a minute ago   Up About a minute
443/tcp, 0.0.0.0:8080->80/tcp   exercicio-07
```

Execução em *background*

■

- ¥ Levanta o container em *background*
- ¥ Tentar acessar a url <http://localhost:8080> via *browser*
- ¥ Receber o texto: Hello World
- ¥ Verificar os *containers* em execução

Exerc'cio 9 - Gerenciar o *container* em *background*

run.sh

```
docker container restart ex-daemon-basic
docker container ps
# STATUS: Up 5 seconds

docker container stop ex-daemon-basic
docker container ps
# <nenhum container em execu•<o>

docker container start ex-daemon-basic
docker container ps
# CONTAINER ID          IMAGE          COMMAND          CREATED
STATUS          PORTS          NAMES
# 20536baa3d86          nginx          "nginx -g 'daemon ..." 15 minutes ago
Up 1 second          443/tcp, 0.0.0.0:8080->80/tcp  ex-daemon-basic
```

Reiniciar, parar e iniciar

- ¥ Reinicia o *container* e verifica que acabou de iniciar pelo tempo do *status*
- ¥ Para o *container* e atravŁs do `docker container ps` vemos que nŁo estŁ mais em execu•<o
- ¥ Podemos tambŁm tentar acessar pelo *browser* a url <http://localhost:8080>, confirmando que nŁo responde mais
- ¥ Inicia novamente o *container*, um observa•<o importante Ł que nŁo Ł mais necessŁrio configurar os mapeamentos
- ¥ Verificar os *containers* em execu•<o, tambŁm Ł poss'vel confirmar a execu•<o pelo *browser*.

3.7. Manipula•<o de *containers* em modo *daemon*

Existem diversos comandos que nos ajuda a acompanhar a execu•<o dos *containers*, entre eles:

- ¥ `docker container ls`
- ¥ `docker container ls -a`
- ¥ `docker container inspect`
- ¥ `docker container exec`
- ¥ `docker container logs`

!

Vários comandos Docker possuem *aliases*, por exemplo o `container ls` tem os seguintes apelidos:

- ¥ `docker container ls`
- ¥ `docker container ps`
- ¥ `docker ps` (antiga sintaxe)

3.8. Nova sintaxe do Docker Client

Agora que já vimos diversos comandos, incluindo tanto a sintaxe nova quanto a velha, podemos entender os principais motivos para esta mudança e a preferência pela nova sintaxe:

¥ Melhor utilização de comandos similares em contextos diferentes:

- " `docker container ls`
- " `docker image ls`
- " `docker volume ls`

¥ Maior clareza nos comandos:

- " `docker container rm` ao invés de `docker rm`
- " `docker image rm` ao invés de `docker rmi`
- " `docker image ls` ao invés de `docker images`

¥ Mais simplicidade para criação de novos subcomandos

¥ Segregação da documentação e *helps* por contexto

4. Deixando de ser apenas um usuário

4.1. Introdução

Agora vamos aos conceitos necessários para deixar de apenas utilizar imagens prontas e começar a produzir nossas próprias imagens.

Exemplos de uso

- ¥ DevOps - Imagens para processos de integração contínua
- ¥ Portabilidade - Imagens de aplicação para ser utilizada em todos os ambientes (staging, production, etc)
- ¥ Desenvolvimento - Imagens que aproximam todos os devs do ambiente de produção e diminuem a curva de entrada de novos membros
- ¥ Imagens customizadas a partir de imagens públicas

4.2. Diferenças entre *container* e imagem

Utilizando uma analogia com OOP, podemos comparar um *container* a um objeto (instância), enquanto a imagem seria uma classe (modelo).

Todos os subcomandos relativos ao *container* podem ser listados através do parâmetro `--help`, bem como imagens:

- ¥ `docker container --help`
- ¥ `docker image --help`

4.3. Entendendo melhor as imagens

Toda imagem (bem como os *containers*) possuem um identificador único em formato *hash* usando `sha256`. Porém seu uso não é muito prático, então para simplificar isto o docker utiliza uma *tag* para identificar imagens.

A *tag* normalmente é formada por um nome, seguido de `:` dois pontos e depois uma versão. É extremamente comum utilizar uma versão chamada `latest` para representar a versão mais atual.

Exemplos de *tags* de imagens:

- ¥ `nginx:latest`
- ¥ `redis:3.2`
- ¥ `redis:3`
- ¥ `postgres:9.5`

Na prática uma *tag* é apenas um ponteiro para o *hash* da imagem, e várias *tags* podem apontar para o mesmo *hash*. Com isto é comum o uso de alguns apelidos nas *tags*, tomando como exemplo as imagens oficiais do redis. Existem 10 imagens e 30 *tags*.

Tags do redis

¥ 3.0.7, 3.0
¥ 3.0.7-32bit, 3.0-32bit
¥ 3.0.7-alpine, 3.0-alpine
¥ 3.0.504-windowsservercore, 3.0-windowsservercore
¥ 3.0.504-nanoserver, 3.0-nanoserver
¥ 3.2.8, 3.2, 3, latest
¥ 3.2.8-32bit, 3.2-32bit, 3-32bit, 32bit
¥ 3.2.8-alpine, 3.2-alpine, 3-alpine, alpine
¥ 3.2.100-windowsservercore, 3.2-windowsservercore
¥ 3-windowsservercore, windowsservercore
¥ 3.2.100-nanoserver, 3.2-nanoserver, 3-nanoserver, nanoserver

fonte: https://hub.docker.com/_/redis/

4.4. Comandos básicos no gerenciamento de imagens

Já usamos de maneira implícita o recurso de *download* de imagens docker, agora vamos entender melhor o gerenciamento de imagens.

`docker image pull <tag>`

Baixa a imagem solicitada, este comando pode ser executado implicitamente, quando o docker precisa de uma imagem para outra operação e não consegue localizá-la no *cache* local.

`docker image ls`

Lista todas as imagens já baixadas, é possível ainda usar a sintaxe antiga: `docker images`

`docker image rm <tag>`

Remove uma imagem do cache local, é possível ainda usar a sintaxe antiga: `docker rmi <tag>`

`docker image inspect <tag>`

Extraí diversas informações utilizando um formato *JSON* da imagem indicada.

`docker image tag <source> <tag>`

Cria uma nova *tag* baseada em uma *tag* anterior ou *hash*.

`docker image build -t <tag>`

Permite a criação de uma nova imagem, como veremos melhor em [build](#).

`docker image push <tag>`

Permite o envio de uma imagem ou *tag* local para um *registry*.

4.5. Docker Hub ! Docker Registry

Docker Registry

É uma aplicação *server side* para guardar e distribuir imagens Docker.

Docker Hub

É um serviço de registro de imagens Docker em nuvem, que permite a associação com repositórios para *build* automatizado de imagens. Imagens marcadas como oficiais no Docker Hub, são criadas pela própria Docker Inc. E o código fonte pode ser encontrado em: <https://github.com/docker-library>

!

A linha de comando possui o comando `docker search <tag>` para procurar imagens no Docker Hub.

4.6. Construção de uma imagem

Processo para gerar uma nova imagem a partir de um arquivo de instruções. O comando `docker build` é responsável por ler um *Dockerfile* e produzir uma nova imagem Docker.

Dockerfile

Nome *default* para o arquivo com instruções para o *build* de imagens Docker. Documentação do *Dockerfile* em <https://docs.docker.com/engine/reference/builder>

Exercício 10 - Meu primeiro *build*

```
FROM nginx:1.13
RUN echo '<h1>Hello World !</h1>' > /usr/share/nginx/html/index.html
```

run.sh

```
docker image build -t ex-simple-build .
docker image ls
docker container run -p 80:80 ex-simple-build # Serviço disponível em
http://localhost
# CTRL-C para sair
```

||

Exemplo básico de um *build* e sua execução.

!

O comando `build` exige a informação do diretório onde o *build* será executado bem como onde o arquivo de instruções se encontra.

4.7. Instruções para a preparação da imagem

FROM

Especifica a imagem base a ser utilizada pela nova imagem.

LABEL

Especifica vários metadados para a imagem como o mantenedor. A especificação do mantenedor era feita usando a instrução específica, `MAINTAINER` que foi substituída pelo `LABEL`.

ENV

Especifica variáveis de ambiente a serem utilizadas durante o *build*.

ARG

Define argumentos que poderão ser informados ao *build* através do parâmetro `--build-arg`.

Exercício 11 - Uso das instruções de preparação

Dockerfile

```
FROM debian
LABEL maintainer 'Juracy Filho <juracy at gmail.com>'

ARG S3_BUCKET=files
ENV S3_BUCKET=${S3_BUCKET}
```

run.sh

```
docker image build -t ex-build-arg .
docker container run ex-build-arg bash -c 'echo $S3_BUCKET' # Saída esperada:
files
```

run-alt.sh

```
docker image build --build-arg S3_BUCKET=myapp -t ex-build-arg .
docker container run ex-build-arg bash -c 'echo $S3_BUCKET' # Saída esperada:
myapp
```



Exemplo de uso das instruções: `FROM`, `LABEL`, `ARG` e `ENV`.



Os *labels* podem ser extraídos futuramente da imagem, o comando abaixo extrai o mantenedor da imagem que acabamos de criar.

```
docker image inspect --format="{{index .Config.Labels \"maintainer\"}}"
ex-build-arg
```

4.8. Instruções para povoamento da imagem

COPY

Copia arquivos e diretórios para dentro da imagem.

ADD

Similar ao anterior, mas com suporte estendido a URLs. Somente deve ser usado nos casos que a instrução COPY não atenda.

RUN

Executa as instruções/comandos durante o *build* dentro da imagem.

Exercício 12 - Uso das instruções de povoamento

Dockerfile

```
FROM nginx:1.13
LABEL maintainer 'Juracy Filho <juracy at gmail.com>'

RUN echo '<h1>Sem conteúdo</h1>' > /usr/share/nginx/html/conteudo.html
COPY *.html /usr/share/nginx/html/
```

index.html

```
<a href="conteudo.html">Conteúdo do site</a>
```

run.sh

```
docker image build -t ex-build-copy .
docker container run -p 80:80 ex-build-copy # Serviço disponível em
http://localhost
```



Exemplo de uso das instruções: RUN e COPY.



Para entendermos melhor é necessário executá-lo uma primeira vez e navegar na porta 80. E depois copiar o arquivo `exemplo-conteudo.html` para `conteudo.html`, executá-lo novamente e verificar o resultado no *browser*.

4.9. Instruções com configuração para execução do container

EXPOSE

Informa ao Docker que a imagem expõe determinadas portas remapeadas no *container*. A exposição da porta não é obrigatória a partir do uso do recurso de redes internas do Docker. Recurso que veremos em [Coordenando múltiplos containers](#). Porém a exposição não ajuda a

documentar como permite o mapeamento rápido através do parâmetro `-P` do `docker container run`.

WORKDIR

Indica o diretório em que o processo principal será executado.

ENTRYPOINT

Especifica o processo inicial do *container*.

CMD

Indica parâmetros para o `ENTRYPOINT`.

USER

Especifica qual o usuário que será usado para execução do processo no *container* (`ENTRYPOINT` e `CMD`) e instruções `RUN` durante o *build*.

VOLUME

Instrui a execução do *container* a criar um volume para um diretório indicado e copia todo o conteúdo do diretório na imagem para o volume criado. Isto simplificará no futuro, processos de compartilhamento destes dados para *backup* por exemplo.

Exercício 13 - Uso das instruções para execução do *container*

Dockerfile

```
FROM python:3.6
LABEL maintainer 'Juracy Filho <juracy at gmail.com>'

RUN useradd www && \
    & mkdir /app && \
    & mkdir /log && \
    & chown www /log

USER www
VOLUME /log
WORKDIR /app
EXPOSE 8000

ENTRYPOINT ["/usr/local/bin/python"]
CMD ["run.py"]
```

index.html

```
<p>Hello from python</p>
```

Exercício 13 - Uso das instruções para execução do *container* (continuação)

run.sh

```
docker build -t ex-build-dev .
docker run -it -v $(pwd):/app -p 80:8000 ex-build-dev # Serviço disponível em
http://localhost
```

run.py

```
import logging
import http.server
import socketserver
import getpass

class MyHTTPHandler(http.server.SimpleHTTPRequestHandler):
    def log_message(self, format, *args):
        logging.info("%s - - [%s] %s\n" % (
            self.client_address[0],
            self.log_date_time_string(),
            format%args))

logging.basicConfig(
    filename='/log/http-server.log',
    format='%(asctime)s - %(levelname)s - %(message)s',
    level=logging.INFO)
logging.getLogger().addHandler(logging.StreamHandler())
logging.info('iniciando...')
PORT = 8000

httpd = socketserver.TCPServer(("", PORT), MyHTTPHandler)
logging.info('escutando a porta: %s', PORT)
logging.info('usuário: %s', getpass.getuser())
httpd.serve_forever()
```

■

Exemplo de uso das instruções: **EXPOSE**, **WORKDIR**, **ENTRYPOINT**, **CMD**, **USER** e **VOLUME**.

Neste exemplo temos um pequeno servidor *web* atendendo na porta 8000 e exposta via instrução `EXPOSE`.

Também temos o uso do `ENTRYPOINT` e `CMD` definindo exatamente que processo será executado ao subir o *container*, podemos notar que o *container* consegue encontrar o `run.py`, por conta da instrução `WORKDIR` que define o diretório onde o processo principal será executado.

Ao executar o *container*, uma das informações colocadas no *log* (*stdout* e arquivo em disco) é o usuário corrente, e podemos notar que o processo não está rodando como `root` e sim `www`, conforme foi definido pela instrução `USER`.

Por último temos o comando `VOLUME` que instrui o *docker* a expor o diretório `/log` como um volume, que pode ser facilmente mapeado por outro *container*. Podemos verificar isto seguindo os seguintes passos:

- ¥ Construir a imagem e executar o *container*: `run.sh`
- ¥ Acessar a URL <http://localhost:8000> via *browser*
- ¥ Verificar o *log* gerado na saída do *container* criado
- ¥ Criar e rodar um segundo *container* mapeando os volumes do primeiro e checar o arquivo de log: `docker run -it --volumes-from=<container criado> debian cat /log/http-server.log`
- ¥ Importante substituir a referência do `volumes_from` pelo *hash* do primeiro *container* criado
- ¥ O resultado do `cat` será o mesmo log já gerado pelo primeiro *container*

5. Coordenando múltiplos containers

5.1. Introdução

Como já foi discutido um bom *container* Docker roda apenas um serviço, tendo um único processo principal, aplicações em geral são compostos por diversos processos específicos, como por exemplo:

- ¥ Banco de dados
- ¥ Gerenciamento de filas
- ¥ Servidor Web
- ¥ Aplicação em si
- ¥ *Workers* diversos

Estes serviços devem rodar cada qual em seu *container*. Porém carrega-los um a um, não só é enfadonho como propenso a erros, sejam eles:

- ¥ Sequência de inicialização
- ¥ Esquecimento de um dos serviços
- ¥ Parada e/ou reinicialização de um ou mais serviços

Para sanar este problema temos a disposição o *docker-compose*.

5.2. Gerenciamento de *micro service*

Antes de mergulharmos nos exemplos e comandos do *docker-compose*, vamos entender melhor o que são *microservices*.

A definition of this new architectural term

The term "Microservice Architecture" has sprung up over the last few years to describe a particular way of designing software applications as suites of independently deployable services.

While there is no precise definition of this architectural style, there are certain common characteristics around organization around business capability, automated deployment, intelligence in the endpoints, and decentralized control of languages and data.

~ Martin Fowler, Microservices: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>

Segundo Martin Fowler, *microservices* ou arquitetura de *microservices* é uma forma de *design* de aplicações de serviços independentes distribuíveis. Entre suas principais características:

- ¥ *Deploy* automatizado
- ¥ Inteligência no uso das *API*'s

¥ Controle descentralizado de dados

¥ Independência de linguagens

5.3. Docker compose

O Docker Compose é uma ferramenta para definir e gerenciar aplicações docker com múltiplos *containers*. Neste contexto os *containers* são chamados de serviços.

6. Projeto para envio de e-mails com *workers*

Exemplo completo de uma aplicação com múltiplos serviços em docker.

Componentes

- ¥ Servidor *web*
- ¥ Banco de dados
- ¥ Gerenciamento de filas
- ¥ *Workers* para envio de e-mail (escalável)
- ¥ Aplicação principal

Figura 4. Diagrama final

6.1. Banco de dados

Exercício 14 - Iniciando a composição com o banco de dados

`docker-compose.yml`

```
version: '2'

services:
  db:
    image: postgres:9.6
```

`run.sh`

```
docker-compose up -d
docker-compose ps

echo "Aguardando a carga do postgres"
sleep 5

docker-compose exec db psql -U postgres -c '\l'
docker-compose down
```

Uso básico do docker-compose

■

- ¥ Estrutura básica do `docker-compose.yml` (format `YAML`)
- ¥ Versionamento (definindo as capacidades do `docker-compose`)
- ¥ Uso básico de serviços
- ¥ Comandos básicos: `up`, `ps`, `exec` e `down`

Neste exemplo levantamos um serviço de banco de dados e inspecionamos os `databases` disponíveis.

!

- ¥ `docker-compose up -d`: Levanta todos os serviços em modo *daemon*
- ¥ `docker-compose ps`: Similar ao `docker ps`, mas se limitando aos serviços indicados no `docker-compose.yml`
- ¥ `docker-compose exec`: Similar ao `docker exec`, mas utilizando como referência o nome do serviço
- ¥ `docker-compose down`: Para todos os serviços e remove os *containers*

6.2. Volumes

Exerc'cio 15 - Usando volumes e scripts de banco de dados

docker-compose.yml

```
version: '2'

volumes:
  dados:

services:
  db:
    image: postgres:9.6
    volumes:
      # Volume dos dados
      - dados: /var/lib/postgresql/data
      # Scripts
      - ./scripts:/scripts
      - ./scripts/init.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/init.sql
```

run.sh *~* Uso do script de verificaç o: scripts/check.sql

```
docker-compose exec db psql -U postgres -f /scripts/check.sql
```

scripts/init.sql

```
create database email_sender;

\c email_sender

create table emails (
  id serial not null,
  data timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  assunto varchar(100) not null,
  mensagem varchar(250) not null
);
```

scripts/check.sql

```
\l
\c email_sender
\d emails
```

6.3. Front-end

Exerc'cio 16 - Come•ando nossa camada de *front-end*

`docker-compose.yml` "Apenas o servi•o de *front-end*

```
frontend:
  image: nginx:1.13
  volumes:
    - # Site
      - ./web:/usr/share/nginx/html/
  ports:
    - 80:80
```

`run.sh`

```
docker-compose up -d
docker-compose logs -f -t
```

Exerc'cio 16 - Come•ando nossa camada de *front-end* (continua•< o)

web/i ndex. html

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="pt-BR">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="x-ua-compatible" content="ie=edge">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">

    <title>Email Sender</title>

    <style>
      label { display: block; }
      textarea, input { width: 400px; }
    </style>
  </head>
  <body class="container">
    <h1>E-mail Sender</h1>
    <form>
      <div>
        <label for="assunto">Assunto</label>
        <input name="assunto" type="text">
      </div>

      <div>
        <label for="mensagem">Mensagem</label>
        <textarea name="mensagem" cols="50" rows="6"></textarea>
      </div>

      <div>
        <button type="submit">Enviar !</button>
      </div>
    </form>
  </body>
</html>
```

6.4. Filas

Exercício 17 - Aplicativo para enfileirar as mensagens

`docker-compose.yml` "Apenas o novo serviço"

```
app:
  image: python:3.6
  volumes:
    - # Aplicação
      - ./app:/app
  working_dir: /app
  command: bash ./app.sh
  ports:
    - 8080:8080
```

`app/app.sh`

```
#!/bin/sh

pip install bottle==0.12.13
python -u sender.py
```

`app/sender.py`

```
from bottle import route, run, request

@route('/', method='POST')
def send():
    assunto = request.forms.get('assunto')
    mensagem = request.forms.get('mensagem')
    return 'Mensagem enfileirada ! Assunto: {} Mensagem: {}'.format(
        assunto, mensagem)

if __name__ == '__main__':
    run(host='0.0.0.0', port=8080, debug=True)
```

`web/index.html` "Ajustes na tag form"

```
<h1>E-mail Sender</h1>
<form action="http://localhost:8080" method="POST"> !
  <div>
    <label for="assunto">Assunto</label>
```

! Novos atributos `action` e `method` para a tag `form`

6.5. Proxy reverso

Exerc'cio 18 - Configurando um proxy reverso

`docker-compose.yml` *injeção da configuração do nginx*

```
app:
  image: python:3.6
  volumes:
    - ./app:/app
  working_dir: /app
  command: bash ./app.sh !

frontend:
  image: nginx:1.13
  volumes:
    - ./web:/usr/share/nginx/html/
    - ./nginx/default.conf:/etc/nginx/conf.d/default.conf
  ports:
    - 80:80
```

! Removido a publicação da porta 8080, já que agora é feito pelo *proxy reverso*

`nginx/default.conf`

```
server {
  listen      80;
  server_name localhost;

  location / {
    root      /usr/share/nginx/html;
    index     index.html index.htm;
  }

  error_page  500 502 503 504 /50x.html;
  location = /50x.html {
    root      /usr/share/nginx/html;
  }

  location /api { !
    proxy_pass http://app:8080/;
    proxy_http_version 1.1;
  }
}
```

! Mapeamento da `url /api` para a porta 8080 do `serviço db`

Exerc'cio 18 - Configurando um proxy reverso (*continua•< o*)

web/index.html "Ñ" Mudan•a da URL do servi•o

```
Ê <h1>E-mail Sender</h1>
Ê <form action="http://localhost/api" method="POST"> !
Ê   <div>
Ê     <label for="assunto">Assunto</label>
```

! Atributo `action` ajustado para `http://localhost/api`

6.6. Redes

Exercício 19 - Redes, dependência e banco de dados

`docker-compose.yml` *Definição das redes*

```
networks: !
  banco:
  web:

services:
  db:
    image: postgres:9.6
    volumes:
      # Volume dos dados
      - dados:/var/lib/postgresql/data
      # Scripts
      - ./scripts:/scripts
      - ./scripts/init.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/init.sql
    networks: "
      - banco

  app:
    image: python:3.6
    volumes:
      # Aplicação
      - ./app:/app
    working_dir: /app
    command: bash ./app.sh
    networks: #
      - banco
      - web
    depends_on: $
      - db
```

! Definição das redes

" Indicação da rede o serviço db

Indicação da rede o serviço app

\$ Dependência para o serviço app

Exercício 19 - Redes, dependência e banco de dados (*continuação*)

`docker-compose.yml` Rede e dependência para o serviço frontend

```
frontend:
  image: nginx:1.13
  volumes:
    - # Site
      - ./web:/usr/share/nginx/html/
    - # Configuração do proxy reverso
      - ./nginx/default.conf:/etc/nginx/conf.d/default.conf
  ports:
    - 80:80
  networks:
    - web
  depends_on:
    - app
```

`app/app.sh`

```
#!/bin/sh

pip install bottle==0.12.13 psycpg2==2.7.1
python -u sender.py
```

Exercício 19 - Redes, dependência e banco de dados (continuação)

app/sender.py

```
import psycopg2
from bottle import route, run, request

DSN = 'dbname=email_sender user=postgres host=db'
SQL = 'INSERT INTO emails (assunto, mensagem) VALUES (%s, %s)'

def register_message(assunto, mensagem):
    conn = psycopg2.connect(DSN)
    cur = conn.cursor()
    cur.execute(SQL, (assunto, mensagem))
    conn.commit()
    cur.close()
    conn.close()

    print('Mensagem registrada !')

@route('/', method='POST')
def send():
    assunto = request.forms.get('assunto')
    mensagem = request.forms.get('mensagem')
    register_message(assunto, mensagem)
    return 'Mensagem enfileirada ! Assunto: {} Mensagem: {}'.format(
        assunto, mensagem)

if __name__ == '__main__':
    run(host='0.0.0.0', port=8080, debug=True)
```

6.7. Workers

Exerc'cio 20 - Fila e workers

`docker-compose.yml` Nova rede

```
networks:
  banco:
  web:
  fila: !
# ----- <recorte>
  app:
    image: python:3.6
    volumes:
      # Aplicação
      - ./app:/app
    working_dir: /app
    command: bash ./app.sh
    networks:
      - banco
      - web
      - fila
    depends_on:
      - db
      - queue

  worker: #
    image: python:3.6
    volumes:
      # Worker
      - ./worker:/worker
    working_dir: /worker
    command: ./app.sh
    networks:
      - fila
    depends_on:
      - queue
      - app
```

! Nova rede: fila

" Inclusão da nova rede no serviço app

Novo serviço worker

Exerc'cio 20 - Fila e workers (*continua*)

`docker-compose.yml` Nova rede

```
queue: !
  image: redis:3.2
  networks:
    - fila
```

! Novo serviço queue

`app/app.sh` Nova dependência

```
#!/bin/sh
```

```
pip install bottle==0.12.13 psycpg2==2.7.1 redis==2.10.5
python -u sender.py
```

Exerc'cio 20 - Fila e workers (continua•< o)

app/sender.py"Revis< o geral e enfileiramento

```
import psycopg2
import redis
import json
from bottle import Bottle, request

class Sender(Bottle):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.route('/', method='POST', callback=self.send)
        self.fila = redis.StrictRedis(host='queue', port=6379, db=0)

        DSN = 'dbname=email_sender user=postgres host=db'
        self.conn = psycopg2.connect(DSN)

    def register_message(self, assunto, mensagem):
        SQL = 'INSERT INTO emails (assunto, mensagem) VALUES (%s, %s)'

        cur = self.conn.cursor()
        cur.execute(SQL, (assunto, mensagem))
        self.conn.commit()
        cur.close()

        msg = {'assunto': assunto, 'mensagem': mensagem}
        self.fila.rpush('sender', json.dumps(msg))
        print('Mensagem registrada !')

    def send(self):
        assunto = request.forms.get('assunto')
        mensagem = request.forms.get('mensagem')
        self.register_message(assunto, mensagem)
        return 'Mensagem enfileirada ! Assunto: {} Mensagem: {}'.format(
            assunto, mensagem)

if __name__ == '__main__':
    sender = Sender()
    sender.run(host='0.0.0.0', port=8080, debug=True)
```

Exerc'cio 20 - Fila e workers (*continua•< o*)

worker/app.sh

```
#!/bin/sh

pip install redis==2.10.5
python -u worker.py
```

worker/worker.py

```
import redis
import json
from time import sleep
from random import randint

if __name__ == '__main__':
    r = redis.Redis(host='queue', port=6379, db=0)

    while True:
        mensagem = json.loads(r.blpop('sender')[1])
        print('Mandando a mensagem:', mensagem['assunto'])
        sleep(randint(15, 45))
        print('Mensagem', mensagem['assunto'], 'enviada')
```

6.8. Múltiplas instâncias

Exercício 21 - Escalar o serviço

`docker-compose.yml` "Uso de imagem customizada para o worker"

```
worker:
  build: worker
  volumes:
    - ./worker:/worker
  working_dir: /worker
  command: worker.py
  networks:
    - fila
  depends_on:
    - queue
    - app
```

! Uso da instrução `build` no lugar do `image` para indicar a necessidade de executar um `build`, neste caso do arquivo `worker/Dockerfile`

`run.sh` "Escalar o worker e especializando o log"

```
docker-compose up -d
docker-compose scale worker=3 & !
docker-compose logs -f -t worker "
```

! Novo sub-comando: `scale` para levantar n instâncias de um serviço

" Queremos agora apenas acompanhar o *log* do serviço `worker`

`worker/Dockerfile` "Build do worker"

```
FROM python:3.6
LABEL maintainer 'Juracy Filho <juracy at gmail.com>'

ENV PYTHONUNBUFFERED 1
RUN pip install redis==2.10.5

ENTRYPOINT ["/usr/local/bin/python"]
```

Exercício 21 - Escalar é preciso (continuação)

worker/worker.py

```
if __name__ == '__main__':  
    r = redis.Redis(host='queue', port=6379, db=0)  
    print('Aguardando mensagens ...')  
  
    while True:  
        mensagem = json.loads(r.blpop('sender')[1])  
        print('Mandando a mensagem:', mensagem['assunto'])  
        sleep(randint(15, 45))  
        print('Mensagem', mensagem['assunto'], 'enviada')
```

! Mensagem de inicialização, para facilitar o acompanhamento do log

6.9. Boas práticas"~"Variáveis de ambiente

Exerc'cio 22 - 12 Factors

docker-compose.yml "~"Uso de variável de ambiente

```
app:
  image: python:3.6
  environment:
    - DB_NAME=email_sender !
  volumes:
    - # Aplicação
    - ./app:/app
  working_dir: /app
  command: bash ./app.sh
  networks:
    - banco
    - web
    - fila
  depends_on:
    - db
    - queue
```

! Injeção no container de uma variável de ambiente chamada DB_NAME

run.sh "~"Log do worker e da app

```
docker-compose up -d
docker-compose scale worker=3 &
docker-compose logs -f -t worker app !
```

! Acompanhar o log também do serviço app

Exerc'cio 22 - 12 Factors (continua•< o)

app/sender.py"Ń"Uso da variřvel REDIS_HOST e DB_*

```
import os !
import psycopg2
import redis
import json
from bottle import Bottle, request

class Sender(Bottle):
    Ê def __init__(self):
    Ê     super().__init__()

    Ê     db_host = os.getenv('DB_HOST', 'db') "
    Ê     db_user = os.getenv('DB_USER', 'postgres')
    Ê     db_name = os.getenv('DB_NAME', 'sender')
    Ê     dsn = f'dbname={db_name} user={db_user} host={db_host}' #
    Ê     self.conn = psycopg2.connect(dsn)

    Ê     redis_host = os.getenv('REDIS_HOST', 'queue') $
    Ê     self.fil a = redis.StrictRedis(host=redis_host, port=6379, db=0)

    Ê     self.route('/', method='POST', callback=self.send)
```

! M–dulo os Ź responsřvel por ler variřveis de ambiente

" Leitura de diversas variřveis de ambiente (incluindo o DB_NAME)

Uso das variřveis de ambiente para conex•o com o banco de dados

\$ Uso da variřvel de ambiente REDIS_HOST para o redis

Exerc'cio 22 - 12 Factors (continua•< o)

worker/worker.py "Œ"Uso da variŒvel REDIS_HOST

```
import redis
import json
import os !
from time import sleep
from random import randint

if __name__ == '__main__':
    Œ redis_host = os.getenv('REDIS_HOST', 'queue') "
    Œ r = redis.Redis(host=redis_host, port=6379, db=0)
    Œ print('Aguardando mensagens ...')

    Œ while True:
        Œ mensagem = json.loads(r.blpop('sender')[1])
        Œ print('Mandando a mensagem:', mensagem['assunto'])
        Œ sleep(randint(15, 45))
        Œ print('Mensagem', mensagem['assunto'], 'enviada')
```

! M-dulo os Œ responsŒvel por ler variŒveis de ambiente

" Uso da variŒvel de ambiente REDIS_HOST para o redis

6.10. Override

Exerc'cio 23 - Sobreescrevendo localmente

docker-compose.override.yml "Œ"Uso de variŒvel de ambiente

```
version: '2'

services:
    Œ app:
        Œ environment:
            Œ - DB_NAME=email_sender
```

Appendix A: Tabela de Exercícios

- ¥ Exercício 1 - *Hello World*
- ¥ Exercício 2 - Ferramentas diferentes
- ¥ Exercício 3 - *run* cria sempre novos *containers*
- ¥ Exercício 4 - *Containers* devem ter nomes únicos
- ¥ Exercício 5 - Reutilizar *containers*
- ¥ Exercício 6 - Mapear portas dos *containers*
- ¥ Exercício 7 - Mapear diretórios para o *container*
- ¥ Exercício 8 - Rodar um servidor web em *background*
- ¥ Exercício 9 - Gerenciar o *container* em *background*
- ¥ Exercício 10 - Meu primeiro *build*
- ¥ Exercício 11 - Uso das instruções de preparação
- ¥ Exercício 12 - Uso das instruções de povoamento
- ¥ Exercício 13 - Uso das instruções para execução do *container*
- ¥ Exercício 14 - Iniciando a composição com o banco de dados
- ¥ Exercício 15 - Usando volumes e scripts de banco de dados
- ¥ Exercício 16 - Construindo nossa camada de *front-end*
- ¥ Exercício 17 - Aplicativo para enfileirar as mensagens
- ¥ Exercício 18 - Configurando um proxy reverso
- ¥ Exercício 19 - Redes, dependência e banco de dados
- ¥ Exercício 20 - Fila e workers
- ¥ Exercício 21 - Escalar Não preciso
- ¥ Exercício 22 - 12 Factors
- ¥ Exercício 23 - Sobreescrevendo localmente

Glossário

LXC

Conjunto de ferramentas, **API's** e bibliotecas para o uso de *containers* no Linux. Melhorando as capacidades de uma ferramenta chamada **chroot**, conhecida por "enjaular" processos em um sub-diretório.