



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO

André Louis Souza Ribeiro
Joana Venturin Loureiro
Luiza Batista Laquini

Relatório Trabalho MQTT

Disciplina IoT

Vitória - ES

2023

André Louis Souza Ribeiro
Joana Venturin Loureiro
Luiza Batista Laquini

Relatório Trabalho MQTT

Relatório da disciplina Internet das Coisas (IoT) para o Segundo Seminário (MQTT), feito pelos alunos André Louis Souza Ribeiro, Joana Venturin Loureiro e Luiza Batista Laquini.

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Centro Tecnológico

Prof. Vinicius Fernandes Soares Mota

Vitória - ES

2023

Sumário

Primeiro Exercício - Teste do Payload.....	4
Segundo Exercício - Teste de Publisher.....	7
Terceiro Exercício - Teste de Publisher e Subscriber.....	11
Código extra: criar clientes e estressar o broker com o uso de threads.....	16
Referências.....	18

Primeiro Exercício - Teste do Payload

Enunciado

“No primeiro exercício, considere apenas um cliente MQTT SUBSCRITO e você deverá aumentar o payload da mensagem enviada. Isto é, uma mensagem com um caractere e ir aumentando gradativamente. Qual o máximo de caracteres foi possível enviar?”

Resolução

Vamos utilizar a seguinte estrutura de mensagem para teste no broker do MQTT:

```
mosquitto_pub -h localhost -t ajl/sala/ar -m '{"temp":23, "humidity":50, "pressure":1013, "mensagem":"Seu texto aqui"}'
```

Assim, vai ser possível ir aumentando o tamanho do texto e verificar o máximo possível de envio.

Resultados:

A terminal window with a dark background and light green text. The window title is 'aandrelois@aandrelois: ~'. It shows four consecutive commands using 'mosquitto_pub' to send JSON payloads to 'localhost' on topic 'ajl/sala/ar'. The payloads increase in size from 1 character to 4 characters in the 'mensagem' field. All four commands execute successfully without error messages.

```
(base) aandrelois@aandrelois:~$ mosquitto_pub -h localhost -t ajl/sala/ar -m '{"temp":23, "humidity":50, "pressure":1013, "mensagem":"primeiro teste"}'
(base) aandrelois@aandrelois:~$ mosquitto_pub -h localhost -t ajl/sala/ar -m '{"temp":23, "humidity":50, "pressure":1013, "mensagem":"primeiro teste, segundo teste"}'
(base) aandrelois@aandrelois:~$ mosquitto_pub -h localhost -t ajl/sala/ar -m '{"temp":23, "humidity":50, "pressure":1013, "mensagem":"primeiro teste, segundo teste, terceiro teste"}'
(base) aandrelois@aandrelois:~$ mosquitto_pub -h localhost -t ajl/sala/ar -m '{"temp":23, "humidity":50, "pressure":1013, "mensagem":"primeiro teste, segundo teste, terceiro teste, quarto teste"}'
(base) aandrelois@aandrelois:~$
```

(Primeiros envios - 4 testes)

```
aandrelois@aandrelois: ~  
1685110098: Received PUBLISH from auto-38CC7312-4E47-393A-18CC-91F19D88D9F7 (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (72 bytes))  
1685110098: Received DISCONNECT from auto-38CC7312-4E47-393A-18CC-91F19D88D9F7  
1685110098: Client auto-38CC7312-4E47-393A-18CC-91F19D88D9F7 disconnected.  
1685110102: New connection from 127.0.0.1:37972 on port 1883.  
1685110102: New client connected from 127.0.0.1:37972 as auto-F1FE382A-D2CC-F3C0-D673-B993A546411D (p2, c1, k60).  
1685110102: No will message specified.  
1685110102: Sending CONNACK to auto-F1FE382A-D2CC-F3C0-D673-B993A546411D (0, 0)  
1685110102: Received PUBLISH from auto-F1FE382A-D2CC-F3C0-D673-B993A546411D (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (87 bytes))  
1685110102: Received DISCONNECT from auto-F1FE382A-D2CC-F3C0-D673-B993A546411D  
1685110102: Client auto-F1FE382A-D2CC-F3C0-D673-B993A546411D disconnected.  
1685110105: New connection from 127.0.0.1:37982 on port 1883.  
1685110105: New client connected from 127.0.0.1:37982 as auto-D2FB8D09-48FA-5965-F129-1E23BBE2F5CB (p2, c1, k60).  
1685110105: No will message specified.  
1685110105: Sending CONNACK to auto-D2FB8D09-48FA-5965-F129-1E23BBE2F5CB (0, 0)  
1685110105: Received PUBLISH from auto-D2FB8D09-48FA-5965-F129-1E23BBE2F5CB (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685110105: Received DISCONNECT from auto-D2FB8D09-48FA-5965-F129-1E23BBE2F5CB  
1685110105: Client auto-D2FB8D09-48FA-5965-F129-1E23BBE2F5CB disconnected.  
1685110107: New connection from 127.0.0.1:37984 on port 1883.  
1685110107: New client connected from 127.0.0.1:37984 as auto-80F991D1-3241-7954-DE0C-C071B7D2A593 (p2, c1, k60).  
1685110107: No will message specified.  
1685110107: Sending CONNACK to auto-80F991D1-3241-7954-DE0C-C071B7D2A593 (0, 0)  
1685110107: Received PUBLISH from auto-80F991D1-3241-7954-DE0C-C071B7D2A593 (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (117 bytes))  
1685110107: Received DISCONNECT from auto-80F991D1-3241-7954-DE0C-C071B7D2A593  
1685110107: Client auto-80F991D1-3241-7954-DE0C-C071B7D2A593 disconnected.
```

(bytes enviados nos primeiros 4 testes)

Dessa forma, fomos aumentando gradualmente o tamanho da mensagem, até chegar em algo próximo do limite, que foi de 130.577 bytes:

```
aandreloUIS@aandreloUIS: ~  
1685111136: Received PUBLISH from auto-1CB84FCA-E93C-C494-8FB7-333F6CEB1E2E (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (129580 bytes))  
1685111136: Received DISCONNECT from auto-1CB84FCA-E93C-C494-8FB7-333F6CEB1E2E  
1685111136: Client auto-1CB84FCA-E93C-C494-8FB7-333F6CEB1E2E disconnected.  
1685111154: New connection from 127.0.0.1:53632 on port 1883.  
1685111154: New client connected from 127.0.0.1:53632 as auto-E137CBD5-CC14-DF48-B870-205EBE0BD4ED (p2, c1, k60).  
1685111154: No will message specified.  
1685111154: Sending CONNACK to auto-E137CBD5-CC14-DF48-B870-205EBE0BD4ED (0, 0)  
1685111154: Received PUBLISH from auto-E137CBD5-CC14-DF48-B870-205EBE0BD4ED (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (130560 bytes))  
1685111154: Received DISCONNECT from auto-E137CBD5-CC14-DF48-B870-205EBE0BD4ED  
1685111154: Client auto-E137CBD5-CC14-DF48-B870-205EBE0BD4ED disconnected.  
1685111180: New connection from 127.0.0.1:52254 on port 1883.  
1685111180: New client connected from 127.0.0.1:52254 as auto-B56F6542-0191-A42A-F10B-7BBCF6BD60C3 (p2, c1, k60).  
1685111180: No will message specified.  
1685111180: Sending CONNACK to auto-B56F6542-0191-A42A-F10B-7BBCF6BD60C3 (0, 0)  
1685111180: Received PUBLISH from auto-B56F6542-0191-A42A-F10B-7BBCF6BD60C3 (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (130560 bytes))  
1685111180: Received DISCONNECT from auto-B56F6542-0191-A42A-F10B-7BBCF6BD60C3  
1685111180: Client auto-B56F6542-0191-A42A-F10B-7BBCF6BD60C3 disconnected.  
1685111191: New connection from 127.0.0.1:59430 on port 1883.  
1685111191: New client connected from 127.0.0.1:59430 as auto-1FC5D2BB-D9DA-1119-1FE3-AFC79201EE46 (p2, c1, k60).  
1685111191: No will message specified.  
1685111191: Sending CONNACK to auto-1FC5D2BB-D9DA-1119-1FE3-AFC79201EE46 (0, 0)  
1685111191: Received PUBLISH from auto-1FC5D2BB-D9DA-1119-1FE3-AFC79201EE46 (d0, q0, r0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (130577 bytes))  
1685111191: Received DISCONNECT from auto-1FC5D2BB-D9DA-1119-1FE3-AFC79201EE46  
1685111191: Client auto-1FC5D2BB-D9DA-1119-1FE3-AFC79201EE46 disconnected.  
□
```

Segundo Exercício - Teste de Publisher

Enunciado

“Analise o consumo de cpu e memória do broker de acordo com o aumento do número de publicações. Para isto, faça um programa que permita definir a frequência de publicações MQTT_PUB. Em seguida, aumente o número de instâncias deste programa.”

Resolução

Foram feitos dois testes: um com o script usando funções do Linux e outro com um programa em Python:

Teste com o Script do Linux:

Script:

```
#!/bin/bash
# Substitua 'nome_do_processo' pelo nome do processo que você
deseja monitorar
nome_do_processo="mosquitto"

while true
do
    # Obtém o PID do processo
    pid=$(pgrep -f $nome_do_processo)

    if [ -n "$pid" ]; then
        # Usa 'ps' para obter a utilização de CPU e memória para o
        PID
        ps u -p $pid | tail -n +2
    else
        echo "Processo $nome_do_processo não encontrado."
    fi

    # Aguarda 5 segundos antes de verificar novamente
    sleep 5
done
```

Saída:

```

aandrel+ 4144 5.5 0.0 15984 9148 pts/0 R+ 12:54 0:34 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.5 0.0 15984 9148 pts/0 R+ 12:54 0:34 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.5 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:34 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.6 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:34 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.6 0.0 15984 9148 pts/0 R+ 12:54 0:35 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.6 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:35 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.6 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:35 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.6 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:35 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.6 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:35 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.5 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:35 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.5 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:35 mosquito -v
aandrel+ 4144 5.5 0.0 15984 9148 pts/0 S+ 12:54 0:35 mosquito -v

```

Entendendo as colunas:

1. ****USER****: O proprietário do processo. No seu exemplo, "aandrel+" é o usuário que possui o processo.
2. ****PID****: ID do processo. No seu exemplo, "124392" é o PID do processo mosquito.
3. ****%CPU****: Porcentagem do tempo de CPU que o processo recebeu desde a última atualização. No seu exemplo, "1.6" indica que o processo mosquito está usando 1.6% da CPU.
4. ****%MEM****: Porcentagem da memória física usada pelo processo. No seu exemplo, "0.0" indica que o processo mosquito está usando 0.0% da memória física.
5. ****VSZ****: O tamanho da imagem virtual do processo em KiB (kilobytes). No seu exemplo, "15980" é o tamanho da imagem virtual do processo mosquito.
6. ****RSS****: A quantidade de memória física não compartilhada que um processo usou. No seu exemplo, "9228" é a quantidade de memória física não compartilhada usada pelo processo mosquito.
7. ****TTY****: O terminal associado ao processo. No seu exemplo, "pts/1" é o terminal associado ao processo mosquito.
8. ****STAT****: O estado do processo. No seu exemplo, "S+" indica que o processo mosquito está em estado de suspensão (S) e está em primeiro plano (+).
9. ****START****: A hora em que o processo foi iniciado. No seu exemplo, "10:43" é a hora em que o processo mosquito foi iniciado.
10. ****TIME****: O tempo total de CPU que o processo recebeu desde que foi iniciado. No seu exemplo, "1:29" é o tempo total de CPU que o processo mosquito recebeu.
11. ****COMMAND****: O comando que iniciou o processo. No seu exemplo, "mosquito -v" é o comando que iniciou o processo mosquito.

Lembre-se de que as porcentagens de CPU e memória são relativas ao total de recursos disponíveis, então 1.6% da CPU ou 0.0% da memória podem representar quantidades diferentes de recursos em sistemas diferentes.

Conclusão do teste: é possível observar que o CPU varia enquanto a memória não varia muito.

Teste com o Script Python:

Script:

```
#!/bin/bash
numPublishers=100;
simTime=60; # customize it
host="localhost";
topic="ajl/sala/ar";
attr="temp,msg,fazendo um teste com uma mensagem maior, teste teste
teste, teste, teste, teste, localhost";
msgTime=100;
for i in $(seq 1 $numPublishers);
do
    nohup python3 publisher.py "$host" "$topic" "$attr" "$msgTime" >
pub_${i}.log &
done
sleep "$simTime"
killall python3
```

Código PYTHON para imprimir CPU e memória:

```
import psutil
import time

#PID real do broker MQTT
mosquitto_pid = 4144

try:
    while True:
        p = psutil.Process(mosquitto_pid)

        # Obter a utilização percentual da CPU
        uso_cpu = p.cpu_percent(interval=1)
        print(f"Uso da CPU: {uso_cpu}%")

        # Obter a utilização de memória
        info_memoria = p.memory_info()
        uso_memoria = info_memoria.rss # Resident Set Size: parte
da memória do processo que é mantida na RAM
        print(f"Uso da memória: {uso_memoria / (1024 * 1024)} MB")

        time.sleep(2) # pausa por 2 segundos

except psutil.NoSuchProcess:
    print("Processo não encontrado.")
```

Saída:

```
client_mqtt_frequ 1685116811: New client connected from 127.0.0.1:55262 as auto-A08589C1-1658-5626-300D-884A694EB4DA (p2, c1, k60).
LogaProcessament 1685116811: No will message specified.
pub_1.log         1685116811: Sending CONNACK to auto-A08589C1-1658-5626-300D-884A694EB4DA (0, 0)
pub_2.log         1685116811: Received PUBLISH from auto-A08589C1-1658-5626-300D-884A694EB4DA (d0, q0, r
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
pub_3.log         1685116811: Received DISCONNECT from auto-A08589C1-1658-5626-300D-884A694EB4DA
pub_4.log         1685116811: Client auto-A08589C1-1658-5626-300D-884A694EB4DA disconnected.
pub_5.log         1685116811: New connection from 127.0.0.1:55270 on port 1883.
pub_6.log         1685116811: New client connected from 127.0.0.1:55270 as auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 (p2, c1, k60).
pub_7.log         1685116811: No will message specified.
pub_8.log         1685116811: Sending CONNACK to auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 (0, 0)
pub_9.log         1685116811: Received PUBLISH from auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 (d0, q0, r
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
pub_10.log        1685116811: Received DISCONNECT from auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09
pub_11.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_12.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_13.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_14.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_15.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_16.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_17.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_18.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
pub_19.log        1685116811: Client auto-AC9243C7-A528-BA2F-7ED9-59015A95EA09 disconnected.
> OUTLINE
> TIMELINE
Uso da memória: 6.52734375 MB
Uso da CPU: 1.0%
Uso da memória: 6.52734375 MB
Uso da CPU: 0.0%
Uso da memória: 6.52734375 MB
Uso da CPU: 0.0%
Uso da memória: 6.52734375 MB
Uso da CPU: 34.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 9.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 14.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
```

```
ECD427B6FBCD (p2, c1, k60).
1685116853: No will message specified.
1685116853: Sending CONNACK to auto-9A10C054-5F0A-0FCB-981D-ECD427B6FBCD (0, 0)
1685116853: Received PUBLISH from auto-9A10C054-5F0A-0FCB-981D-ECD427B6FBCD (d0, q0, r
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))
1685116853: Received DISCONNECT from auto-9A10C054-5F0A-0FCB-981D-ECD427B6FBCD
1685116853: Client auto-9A10C054-5F0A-0FCB-981D-ECD427B6FBCD disconnected.
1685116853: New connection from 127.0.0.1:51232 on port 1883.
1685116853: New client connected from 127.0.0.1:51232 as auto-E82C2CB9-B13E-0C49-0B
2D1E6C26FFA6 (p2, c1, k60).
1685116853: No will message specified.
1685116853: Sending CONNACK to auto-E82C2CB9-B13E-0C49-0B4D-2D1E6C26FFA6 (0, 0)
1685116853: Received PUBLISH from auto-E82C2CB9-B13E-0C49-0B4D-2D1E6C26FFA6 (d0, q0, r
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))
1685116853: Received DISCONNECT from auto-E82C2CB9-B13E-0C49-0B4D-2D1E6C26FFA6
1685116853: Client auto-E82C2CB9-B13E-0C49-0B4D-2D1E6C26FFA6 disconnected.
1685116853: New connection from 127.0.0.1:51246 on port 1883.
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 15.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 19.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 19.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 24.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 19.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
Uso da CPU: 17.0%
Uso da memória: 8.74609375 MB
```

Conclusão do teste: a mesma do teste anterior - é possível observar que o CPU varia enquanto a memória não varia.

Terceiro Exercício - Teste de Publisher e Subscriber

Enunciado

“Repita o teste anterior mas desta vez, aumente gradativamente o número de *subscribers*.”

Vamos então explorar como aumentar gradativamente o número de subscribers e analisar o comportamento do broker, observando o consumo de CPU e memória através dos scripts de monitoramento.

Resolução

Teste para **150 subscribers**:

```
85117324: Received DISCONNECT from auto-73ADE161-3AFC-397C-7C55-E70C4EF55327
85117324: Client auto-73ADE161-3AFC-397C-7C55-E70C4EF55327 disconnected.
85117324: Received PUBLISH from auto-9E97EC7B-FB15-8743-68FD-CA240AB47C2B (d0,
m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
85117324: Received DISCONNECT from auto-9E97EC7B-FB15-8743-68FD-CA240AB47C2B
85117324: Client auto-9E97EC7B-FB15-8743-68FD-CA240AB47C2B disconnected.
85117324: New connection from 127.0.0.1:42876 on port 1883.
85117324: New client connected from 127.0.0.1:42876 as auto-CB47EE2A-DB8B-D8B0-
88C2C78315 (p2, c1, k60).
85117324: No will message specified.
85117324: Sending CONNACK to auto-CB47EE2A-DB8B-D8B0-E37A-F088C2C78315 (0, 0)
85117324: Received PUBLISH from auto-CB47EE2A-DB8B-D8B0-E37A-F088C2C78315 (d0,
m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))
85117324: Received DISCONNECT from auto-CB47EE2A-DB8B-D8B0-E37A-F088C2C78315
85117324: Client auto-CB47EE2A-DB8B-D8B0-E37A-F088C2C78315 disconnected.
85117324: New connection from 127.0.0.1:42878 on port 1883.
85117324: New client connected from 127.0.0.1:42878 as auto-111D8499-9D65-578E-
057135EB29 (p2, c1, k60).
85117324: No will message specified.
85117324: Sending CONNACK to auto-111D8499-9D65-578E-F0A9-08057135EB29 (0, 0)

Uso da CPU: 21.0%
Uso da memória: 8.93359375 MB
Uso da CPU: 17.0%
Uso da memória: 8.93359375 MB
Uso da CPU: 19.0%
Uso da memória: 8.93359375 MB
Uso da CPU: 18.0%
Uso da memória: 8.93359375 MB
Uso da CPU: 21.0%
Uso da memória: 8.93359375 MB
Uso da CPU: 18.0%
Uso da memória: 8.93359375 MB
```

Teste para **200 subscribers**:

```
aandrelois@aandrelois: ~  
1685117408: Received DISCONNECT from auto-D02B7E36-E82C-164E-2734-387D43B8B3B4  
1685117408: Client auto-D02B7E36-E82C-164E-2734-387D43B8B3B4 disconnected.  
1685117408: New connection from 127.0.0.1:37916 on port 1883.  
1685117408: New client connected from 127.0.0.1:37916 as auto-4E1471EE-A7CD-EF29-5DFA-AE918F54109B (p2, c1, k60).  
1685117408: No will message specified.  
1685117408: Sending CONNACK to auto-4E1471EE-A7CD-EF29-5DFA-AE918F54109B (0, 0)  
1685117408: Received PUBLISH from auto-4E1471EE-A7CD-EF29-5DFA-AE918F54109B (0, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117408: Received DISCONNECT from auto-4E1471EE-A7CD-EF29-5DFA-AE918F54109B  
1685117408: Client auto-4E1471EE-A7CD-EF29-5DFA-AE918F54109B disconnected.  
1685117408: New connection from 127.0.0.1:37920 on port 1883.  
1685117408: New client connected from 127.0.0.1:37920 as auto-6586668B-09B5-1A0B-D7CC-FAAC3E1815DA (p2, c1, k60).  
1685117408: No will message specified.  
1685117408: Sending CONNACK to auto-6586668B-09B5-1A0B-D7CC-FAAC3E1815DA (0, 0)  
1685117408: Received PUBLISH from auto-6586668B-09B5-1A0B-D7CC-FAAC3E1815DA (0, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))  
1685117408: Received DISCONNECT from auto-6586668B-09B5-1A0B-D7CC-FAAC3E1815DA  
1685117408: Client auto-6586668B-09B5-1A0B-D7CC-FAAC3E1815DA disconnected.  
[  
  Uso da CPU: 20.0%  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  Uso da CPU: 20.0%  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  Uso da CPU: 19.0%  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  Uso da CPU: 19.0%  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  Uso da CPU: 21.0%  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  ]
```

Teste para **300 subscribers**:

```
aandrelois@aandrelois: ~  
1685117476: No will message specified.  
1685117476: Sending CONNACK to auto-E9F7D9D9-2CD2-3854-5540-D8DA4A7A117F (0, 0)  
1685117476: Received PUBLISH from auto-D3CD4C12-25DB-5236-82D5-59A75E036EDE (0, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))  
1685117476: Received DISCONNECT from auto-D3CD4C12-25DB-5236-82D5-59A75E036EDE  
1685117476: Client auto-D3CD4C12-25DB-5236-82D5-59A75E036EDE disconnected.  
1685117476: Received PUBLISH from auto-E9F7D9D9-2CD2-3854-5540-D8DA4A7A117F (0, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117476: Received DISCONNECT from auto-E9F7D9D9-2CD2-3854-5540-D8DA4A7A117F  
1685117476: Client auto-E9F7D9D9-2CD2-3854-5540-D8DA4A7A117F disconnected.  
1685117476: New connection from 127.0.0.1:38312 on port 1883.  
1685117476: New client connected from 127.0.0.1:38312 as auto-FA7E3756-AB55-1A68-E278FC2678AB (p2, c1, k60).  
1685117476: No will message specified.  
1685117476: Sending CONNACK to auto-FA7E3756-AB55-1A68-1306-E278FC2678AB (0, 0)  
1685117476: Received PUBLISH from auto-FA7E3756-AB55-1A68-1306-E278FC2678AB (0, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117476: Received DISCONNECT from auto-FA7E3756-AB55-1A68-1306-E278FC2678AB  
1685117476: Client auto-FA7E3756-AB55-1A68-1306-E278FC2678AB disconnected.  
1685117476: New connection from 127.0.0.1:38320 on port 1883.  
[  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  Uso da CPU: 24.0%  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  Uso da CPU: 28.0%  
  Uso da memória: 8.93359375 MB  
  Uso da CPU: 27.0%  
  Uso da memória: 9.09765625 MB  
  Uso da CPU: 23.0%  
  Uso da memória: 9.09765625 MB  
  Uso da CPU: 27.0%  
  Uso da memória: 9.09765625 MB  
  ]
```


Teste para **350 subscribers**:

```
aandre@andre: ~$  
1685117559: Client auto-F7C52BAF-FA83-68F3-EC23-86BC41C3A50E disconnected.  
1685117559: New connection from 127.0.0.1:40180 on port 1883.  
1685117559: New client connected from 127.0.0.1:40180 as auto-91E0DBF9-06D4-EB39-6056-AF3B09698345 (p2, c1, k60).  
1685117559: No will message specified.  
1685117559: Sending CONNACK to auto-91E0DBF9-06D4-EB39-6056-AF3B09698345 (0, 0).  
1685117559: Received PUBLISH from auto-91E0DBF9-06D4-EB39-6056-AF3B09698345 (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117559: Received DISCONNECT from auto-91E0DBF9-06D4-EB39-6056-AF3B09698345 (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117559: Client auto-91E0DBF9-06D4-EB39-6056-AF3B09698345 disconnected.  
1685117559: New connection from 127.0.0.1:40184 on port 1883.  
1685117559: New client connected from 127.0.0.1:40184 as auto-E3B68E8F-0A46-F185-B378-D0B4126BE4AE (p2, c1, k60).  
1685117559: No will message specified.  
1685117559: Sending CONNACK to auto-E3B68E8F-0A46-F185-B378-D0B4126BE4AE (0, 0).  
1685117559: Received PUBLISH from auto-E3B68E8F-0A46-F185-B378-D0B4126BE4AE (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117559: Received DISCONNECT from auto-E3B68E8F-0A46-F185-B378-D0B4126BE4AE (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117559: Client auto-E3B68E8F-0A46-F185-B378-D0B4126BE4AE disconnected.  
1685117559: New connection from 127.0.0.1:40188 on port 1883.  
[ ]  
Uso da memória: 9.09/65625 MB  
Uso da CPU: 23.0%  
Uso da memória: 9.09765625 MB  
Uso da CPU: 34.0%  
Uso da memória: 9.09765625 MB  
Uso da CPU: 35.0%  
Uso da memória: 9.09765625 MB  
Uso da CPU: 33.0%  
Uso da memória: 9.09765625 MB  
Uso da CPU: 32.0%  
Uso da memória: 9.09765625 MB
```

Teste para **400 subscribers**:

```
aandre@andre: ~$  
1685117708: Client auto-DE854FCC-FA73-F9A0-E35F-2C2AEDE06C4E disconnected.  
1685117708: New connection from 127.0.0.1:51510 on port 1883.  
1685117708: New connection from 127.0.0.1:51518 on port 1883.  
1685117708: New client connected from 127.0.0.1:51510 as auto-38B9CBB9-61C3-C789-D64A-AC37F24EB59C (p2, c1, k60).  
1685117708: No will message specified.  
1685117708: Sending CONNACK to auto-38B9CBB9-61C3-C789-D64A-AC37F24EB59C (0, 0).  
1685117708: New client connected from 127.0.0.1:51518 as auto-5747F158-0FE4-9D8C-39F6-5BDCF97BDB87 (p2, c1, k60).  
1685117708: No will message specified.  
1685117708: Sending CONNACK to auto-5747F158-0FE4-9D8C-39F6-5BDCF97BDB87 (0, 0).  
1685117708: Received PUBLISH from auto-38B9CBB9-61C3-C789-D64A-AC37F24EB59C (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))  
1685117708: Received DISCONNECT from auto-38B9CBB9-61C3-C789-D64A-AC37F24EB59C (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))  
1685117708: Client auto-38B9CBB9-61C3-C789-D64A-AC37F24EB59C disconnected.  
1685117708: Received PUBLISH from auto-5747F158-0FE4-9D8C-39F6-5BDCF97BDB87 (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117708: Received DISCONNECT from auto-5747F158-0FE4-9D8C-39F6-5BDCF97BDB87 (d6, 0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))  
1685117708: Client auto-5747F158-0FE4-9D8C-39F6-5BDCF97BDB87 disconnected.  
1685117708: New connection from 127.0.0.1:51520 on port 1883.  
[ ]  
Uso da memória: 9.09/65625 MB  
Uso da CPU: 40.0%  
Uso da memória: 9.09765625 MB  
Uso da CPU: 27.0%  
Uso da memória: 9.09765625 MB  
Uso da CPU: 33.9%  
Uso da memória: 9.09765625 MB  
Uso da CPU: 33.0%  
Uso da memória: 9.1015625 MB  
Uso da CPU: 40.0%  
Uso da memória: 9.1015625 MB
```

Teste para **450 subscribers**:

```
aandre@andre: ~$
1685117729: Received DISCONNECT from auto-C6972B0D-ECA8-0D2A-9C0B-52315E58CA98
1685117729: Client auto-C6972B0D-ECA8-0D2A-9C0B-52315E58CA98 disconnected.
1685117729: New connection from 127.0.0.1:42640 on port 1883.
1685117729: New client connected from 127.0.0.1:42640 as auto-34228A95-50AA-472F-53FC-EF101770DACC (p2, c1, k60).
1685117729: No will message specified.
1685117729: Sending CONNACK to auto-34228A95-50AA-472F-53FC-EF101770DACC (0, 0)
1685117729: New connection from 127.0.0.1:42644 on port 1883.
1685117729: Received PUBLISH from auto-34228A95-50AA-472F-53FC-EF101770DACC (de
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
1685117729: New client connected from 127.0.0.1:42644 as auto-06CE2B44-5F5C-3F33-5C9A-4663050FF0BD (p2, c1, k60).
1685117729: No will message specified.
1685117729: Sending CONNACK to auto-06CE2B44-5F5C-3F33-5C9A-4663050FF0BD (0, 0)
1685117729: Received DISCONNECT from auto-34228A95-50AA-472F-53FC-EF101770DACC
1685117729: Client auto-34228A95-50AA-472F-53FC-EF101770DACC disconnected.
1685117729: Received PUBLISH from auto-06CE2B44-5F5C-3F33-5C9A-4663050FF0BD (de
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (104 bytes))
1685117729: Received DISCONNECT from auto-06CE2B44-5F5C-3F33-5C9A-4663050FF0BD
1685117729: Client auto-06CE2B44-5F5C-3F33-5C9A-4663050FF0BD disconnected.
[ ]
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 40.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 42.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 39.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 43.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 44.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
```

Teste para **500 subscribers**:

```
aandre@andre: ~$
1685117839: Received DISCONNECT from auto-4F3372AE-B2D0-4004-E750-01B4685FAF39
1685117839: Client auto-4F3372AE-B2D0-4004-E750-01B4685FAF39 disconnected.
1685117839: New connection from 127.0.0.1:53046 on port 1883.
1685117839: New client connected from 127.0.0.1:53046 as auto-5F6A20FF-1164-3BE0-4D0A-8C724F650550 (p2, c1, k60).
1685117839: No will message specified.
1685117839: Sending CONNACK to auto-5F6A20FF-1164-3BE0-4D0A-8C724F650550 (0, 0)
1685117839: Received PUBLISH from auto-5F6A20FF-1164-3BE0-4D0A-8C724F650550 (de
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
1685117839: Received DISCONNECT from auto-5F6A20FF-1164-3BE0-4D0A-8C724F650550
1685117839: Client auto-5F6A20FF-1164-3BE0-4D0A-8C724F650550 disconnected.
1685117839: New connection from 127.0.0.1:53054 on port 1883.
1685117839: New client connected from 127.0.0.1:53054 as auto-C7357652-3760-251F-009F-E26044CA9912 (p2, c1, k60).
1685117839: No will message specified.
1685117839: Sending CONNACK to auto-C7357652-3760-251F-009F-E26044CA9912 (0, 0)
1685117839: Received PUBLISH from auto-C7357652-3760-251F-009F-E26044CA9912 (de
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
1685117839: Received DISCONNECT from auto-C7357652-3760-251F-009F-E26044CA9912
1685117839: Client auto-C7357652-3760-251F-009F-E26044CA9912 disconnected.
[ ]
Uso da CPU: 50.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 38.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 49.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 47.9%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 54.9%
Uso da memória: 9.12890625 MB
Terminado
```

Teste para **700 subscribers** (2 prints):

```
aandre@andre: ~$
1685117897: New client connected from 127.0.0.1:44084 as auto-D00C64B5-3A03-C62
5B426362E5ED (p2, c1, k60).
1685117897: No will message specified.
1685117897: Sending CONNACK to auto-D00C64B5-3A03-C62A-3A30-5B426362E5ED (0, 0)
1685117897: New client connected from 127.0.0.1:44092 as auto-8C7A8AFA-5B00-B2F
46D7792A87C5 (p2, c1, k60).
1685117897: No will message specified.
1685117897: Sending CONNACK to auto-8C7A8AFA-5B00-B2F1-EA2C-46D7792A87C5 (0, 0)
1685117897: New client connected from 127.0.0.1:44100 as auto-3B0232D7-E9A5-C37
BAE5BE14ED84 (p2, c1, k60).
1685117897: No will message specified.
1685117897: Sending CONNACK to auto-3B0232D7-E9A5-C371-0AD0-BAE5BE14ED84 (0, 0)
1685117897: New client connected from 127.0.0.1:44114 as auto-ED2C0799-1C0B-F32
B4D82F6F1B8A (p2, c1, k60).
1685117897: No will message specified.
1685117897: Sending CONNACK to auto-ED2C0799-1C0B-F321-EE9C-B4D82F6F1B8A (0, 0)
1685117897: New client connected from 127.0.0.1:44116 as auto-FF0823AB-B44F-5DD
973A161DB3BF (p2, c1, k60).
1685117897: No will message specified.
1685117897: Sending CONNACK to auto-FF0823AB-B44F-5DDE-AA5-973A161DB3BF (0, 0)
[ ]
Uso da memoria: 9.09/65625 MB
Uso da CPU: 33.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 44.0%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 49.9%
Uso da memória: 9.09765625 MB
Uso da CPU: 47.9%
Uso da memória: 9.11328125 MB
Uso da CPU: 47.9%
Uso da memória: 9.1171875 MB
[ ]
```

```
aandre@andre: ~$
1685117910: Sending CONNACK to auto-02703F4A-EECC-8F8A-F409-7BFB4092F72E (0, 0)
1685117910: Received PUBLISH from auto-02703F4A-EECC-8F8A-F409-7BFB4092F72E (d
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
1685117910: Received DISCONNECT from auto-02703F4A-EECC-8F8A-F409-7BFB4092F72E
1685117910: Client auto-02703F4A-EECC-8F8A-F409-7BFB4092F72E disconnected.
1685117910: New connection from 127.0.0.1:36222 on port 1883.
1685117910: New client connected from 127.0.0.1:36222 as auto-EE640A23-C0CE-C51
689E2B1B305A (p2, c1, k60).
1685117910: No will message specified.
1685117910: Sending CONNACK to auto-EE640A23-C0CE-C517-A210-689E2B1B305A (0, 0)
1685117910: New connection from 127.0.0.1:36224 on port 1883.
1685117910: New client connected from 127.0.0.1:36224 as auto-B035616C-CA7C-96D
4148C0B81820 (p2, c1, k60).
1685117910: No will message specified.
1685117910: Sending CONNACK to auto-B035616C-CA7C-96D4-18F5-4148C0B81820 (0, 0)
1685117910: Received PUBLISH from auto-AE238B4C-9DEE-56D5-B957-C01E155512B8 (d
0, m0, 'ajl/sala/ar', ... (103 bytes))
1685117910: Received DISCONNECT from auto-AE238B4C-9DEE-56D5-B957-C01E155512B8
1685117910: Client auto-AE238B4C-9DEE-56D5-B957-C01E155512B8 disconnected.
1685117910: New connection from 127.0.0.1:36238 on port 1883.
[ ]
Uso da memoria: 9.11328125 MB
Uso da CPU: 47.9%
Uso da memória: 9.1171875 MB
Uso da CPU: 46.9%
Uso da memória: 9.11328125 MB
Uso da CPU: 44.0%
Uso da memória: 9.11328125 MB
Uso da CPU: 47.9%
Uso da memória: 9.1171875 MB
Uso da CPU: 41.0%
Uso da memória: 9.11328125 MB
[ ]
```

Conclusões:

- Após dobrado o número inicial de *subscribers* (de 150 para 300), inicia-se um aumento no consumo da CPU e da memória.
- Após triplicado o número inicial de *subscribers* (de 150 para 450), apesar de uma alteração não tão significativa da memória, o aumento do uso da CPU é relevante.
- Nota-se que a variação da memória é exponencial dado o crescimento de *subscribers*.

Código extra: criar clientes e estressar o broker com o uso de threads

```
import time
import threading
import paho.mqtt.client as mqtt
import json

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    print(f"Connected with result code {rc}")

def mqtt_publisher(frequency, client_id):
    client = mqtt.Client(client_id)
    client.on_connect = on_connect

    # Connect to the broker
    client.connect("localhost", 1883, 60)

    # frequência de publicação em segundos
    freq = frequency

    try:
        while True:
            # criar e enviar mensagem
            message = json.dumps({'temp': 23, 'humidity': 50, 'pressure':
1013})

            client.publish('ajl/sala/ar', message)
            print(f'Client {client_id} published message')
```



```

        # esperar antes de publicar novamente
        time.sleep(freq)

    except KeyboardInterrupt:
        print("\nPrograma interrompido pelo usuário.")
        client.disconnect()

# Exemplo de uso
threads = []
for i in range(5):
    thread = threading.Thread(target=mqtt_publisher, args=(5,
f"client{i+1}"))
    thread.start()
    threads.append(thread)

# Aguarde todas as threads terminarem
for thread in threads:
    thread.join()

```

O script Python cria e executa múltiplos publicadores MQTT em paralelo. Ele define uma função para criar um cliente MQTT, conectar-se a um broker, publicar uma mensagem em um tópico específico a uma frequência definida e desconectar-se quando interrompido. Em seguida, ele inicia várias *threads*, cada uma executando essa função com um ID de cliente exclusivo, e aguarda até que todas as threads tenham terminado.

A execução deste script permite avaliar o comportamento e a performance de um broker MQTT sob alta carga, já que ele foi desenhado para "estressar" o broker ao criar múltiplos publicadores que enviam mensagens ao broker simultaneamente e a uma frequência definida.

Algumas conclusões que podem ser obtidas com esse teste incluem:

- **Desempenho do Broker:** O broker foi capaz de gerenciar a carga de todas as mensagens sendo publicadas simultaneamente? Houve algum atraso ou perda de mensagens? Isso pode ajudar a entender os limites do seu broker MQTT.
- **Utilização de Recursos:** Como a utilização de recursos do sistema (CPU e memória) muda à medida que a carga no broker aumenta? Isso pode indicar se o seu sistema tem recursos suficientes para lidar com o número desejado de publicadores.
- **Resiliência do Broker:** Ao realizar testes como este e analisar os resultados, é possível identificar possíveis gargalos de desempenho e problemas de estabilidade.

Referências

- 1 - MQTT. MQTT - The Standard for IoT Messaging. Disponível em: <<https://mqtt.org/>>.
- 2 - Eclipse Mosquitto. Disponível em: <<https://mosquitto.org/>>.
- 3 - Eclipse Paho - MQTT and MQTT-SN software. Disponível em: <<https://www.eclipse.org/paho/>>.
- 4 - MQTT Essentials - All Core Concepts explained. Disponível em: <<https://www.hivemq.com/mqtt-essentials/>>.