

# Experimentos usando o Pioneer e o ArDrone

## Atividade prática de Robótica Móvel - ELT 472

Werikson Alves

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Brasil

e-mails: werikson.alves@ufv.br

21 de dezembro de 2022

## 1 Simulação do Pioneer

Para validar na prática o controlador desenvolvido, foi solicitado que o Pioneer executasse a trajetória do símbolo  $\infty$ . Em cada experimento foram realizadas quatro vezes a trajetória, em um tempo de simulação de 120 segundos, no qual cada volta foi realizada em um tempo de 30 segundos. Para analisar o desempenho foram analisados os índices IAE, ITAE e IASC, além do erro de posição e do sinal de controle para cada simulação.

### 1.1 Simulação 1

A Figura 1 mostra os resultados da primeira simulação. Nela, gráficos comparando a posição desejada e a atual são mostrados em X e Y. A partir destes gráficos é possível perceber que o robô conseguiu seguir a trajetória após alcançá-la perto de 15 segundos na simulação (o ponto médio da primeira volta), com apenas um pequeno ruído no final da última trajetória. Não houve saturação do sinal a não ser no final do experimento, como pode ser visto no gráfico do sinal de controle de velocidade linear. Para o sinal de controle de velocidade angular, pode-se perceber que a simulação começou com uma saturação no sinal, mas no momento em que atingiu a trajetória, retornou para os valores padrões, permanecendo próximo de zero.

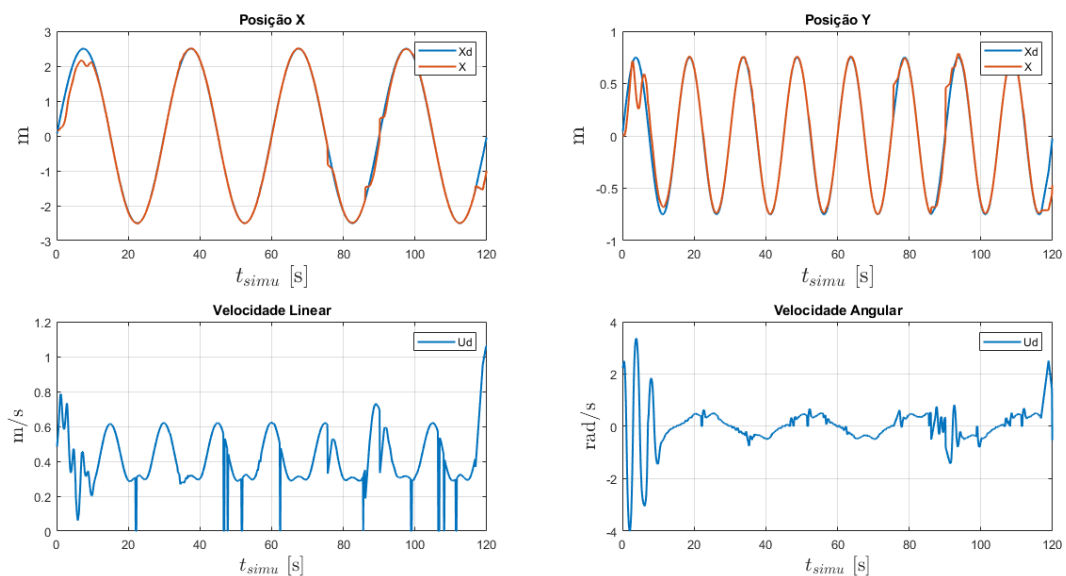


Figura 1: Resultados da simulação 1 usando o Pioneer.

## 1.2 Simulação 2

A Figura 2 mostra os resultados desta simulação. Nela, são mostrados gráficos comparando as posições desejada e atual, em X e Y, no qual pode-se perceber que o robô atingiu a trajetória perto dos 15 segundos de simulação, e conseguiu seguir a trajetória a partir daquele ponto. Não houve saturação do sinal em nenhum ponto do gráfico de controle de velocidade linear. O sinal de controle de velocidade angular saturou no início, quando o robô saiu da inércia, mas ao alcançar a trajetória retornou aos valores padrão.

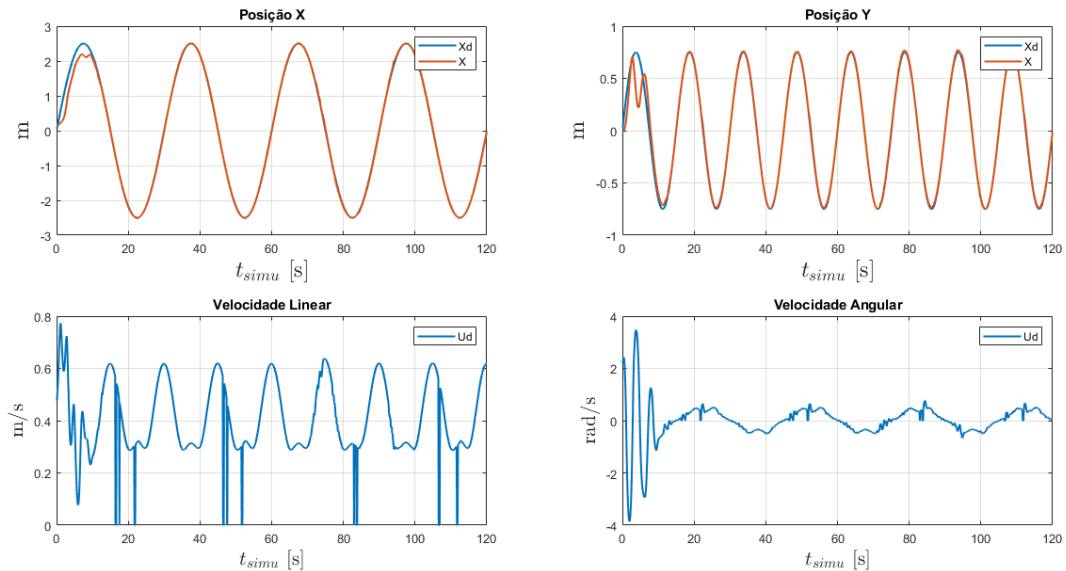


Figura 2: Resultados da simulação 2 usando o Pioneer.

## 1.3 Simulação 3

A Figura 3 mostra os resultados da última simulação, que foram muito semelhantes à simulação anterior. Nela, são mostrados gráficos comparando as posições desejada e atual, em X e Y, e pode-se ver que o robô também alcançou a trajetória próxima aos 15 segundos de simulação. Não houve saturação do sinal em nenhum ponto do gráfico de controle de velocidade linear. O sinal de controle de velocidade angular foi saturado ao deixar a inércia no início da simulação, mas no final foi perto de zero ao alcançar a trajetória.

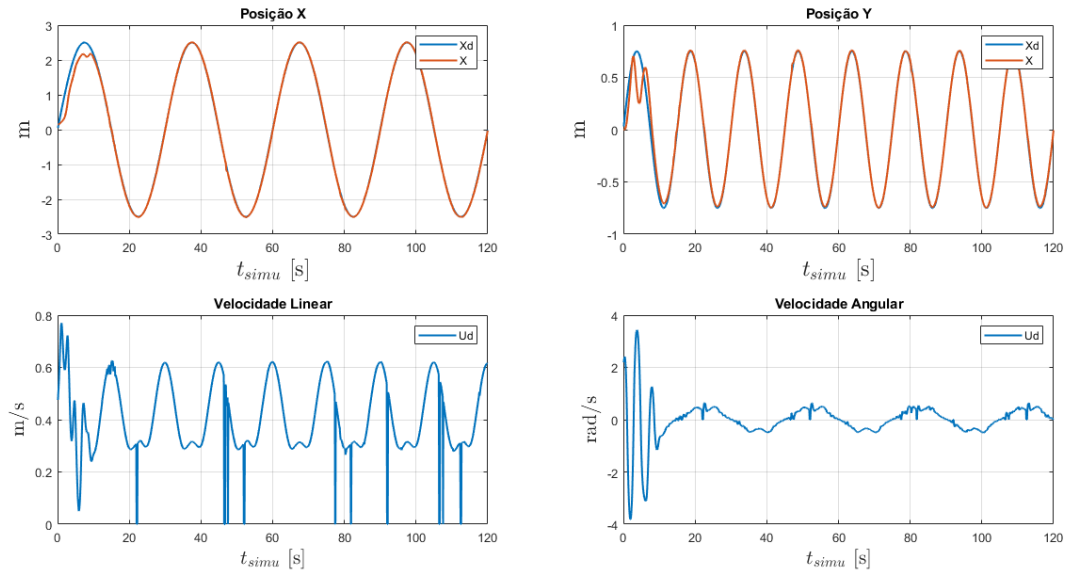


Figura 3: Resultados da simulação 3 usando o Pioneer.

## 1.4 Análise de desempenho

A Tabela 1 apresenta os índices calculados em cada simulação. Através dela, é possível observar que durante o regime transitório (antes de 60 segundos), a simulação com melhor desempenho foi a última e a pior foi a primeira, reforçando os resultados apresentados anteriormente, em termos de erro de posição. Entretanto, em relação ao sinal de controle, a melhor simulação também foi a última. Já para o regime permanente, a pior simulação foi a primeira onde, por meio da Figura 1, observa-se que após os 60 segundos, houve alguns ruídos que causaram um pequeno aumento no erro de posição, enquanto as outras simulações obtiveram valores, para o índice, relativamente próximos.

Tabela 1: Índices de desempenho obtidos.

	IAE	ITAE	IASC
$Ex_1$	3,0671	2548,6	14,8766
$Ex_2$	2,9970	1379,1	14,7648
$Ex_3$	2,9228	1220,1	14,6164

## 2 Simulação do ArDrone

Para validar na prática o controlador desenvolvido, foram realizados quatro simulações, sendo duas onde foram realizados o controle de altitude e duas usando o controle PVTOL XZ.

### 2.1 Controle de Altitude

Neste experimento foi solicitado que o drone alcançasse várias alturas diferentes: iniciando em 1,5 m, 0,75 m aos 20 segundos e 1 m aos 40 segundos, finalizando o experimento com 60 segundos. Além da variação em altura, foi solicitado que drone realizasse uma guinada, variando  $\phi$ : iniciando em 2, -2 em 20 segundos e 0 aos 40 segundos.

#### Simulação 1

Os resultados da primeira simulação são mostrados na Figura 4. Ela contém gráficos em Z e  $\phi$  que comparam a posição e o ângulo desejado e real. Estes gráficos mostram que o drone não pôde alcançar a altura desejada em Z,

tendo um erro maior que o esperado (erro mínimo = 0,1) e muita oscilação na altura. Entretanto, com um pequeno erro, o controlador proposto conseguiu atingir o valor desejado em  $\phi$ . Foi possível observar que os sinais de controle não foram saturados durante todo o experimento e permaneceram em valores baixos.

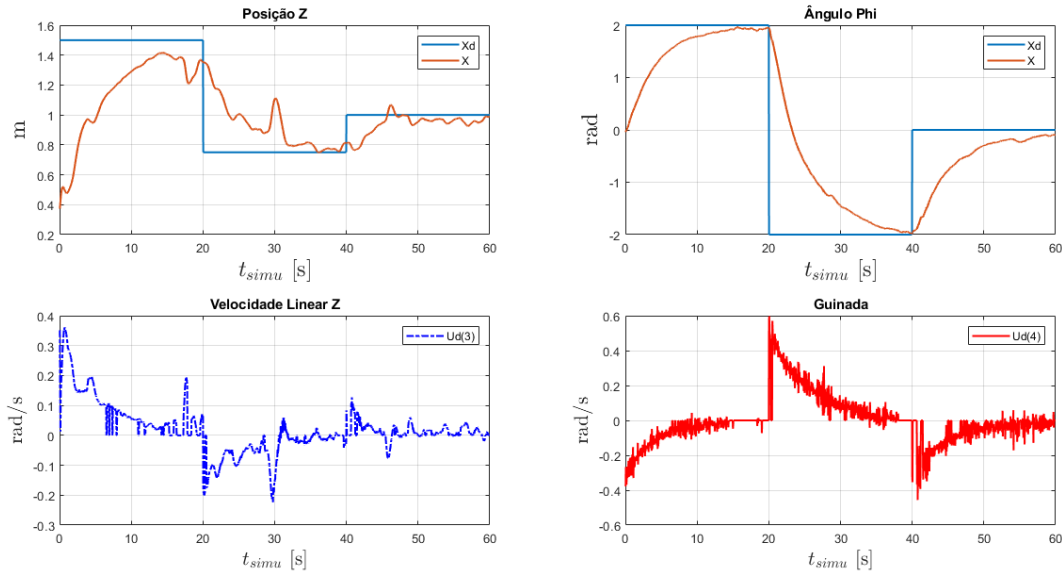


Figura 4: Resultados da simulação 1 usando o ArDrone.

## Simulação 2

Os resultados da segunda simulação são mostrados na Figura 5. Ela contém gráficos comparando a posição e o ângulo desejado e real em Z e  $\phi$ . Estes gráficos mostram que a resposta em Z foi mais lenta do que na simulação anterior, mas acabou com valores mais próximos do desejado, no final da simulação. O controlador forneceu quase a mesma resposta que a simulação anterior em relação ao ângulo  $\phi$ . Não houve muita diferença entre os sinais de controle de altura da simulação 1 e 2. O sinal de controle de guinada, por outro lado, tinha mais oscilações do que na simulação anterior.

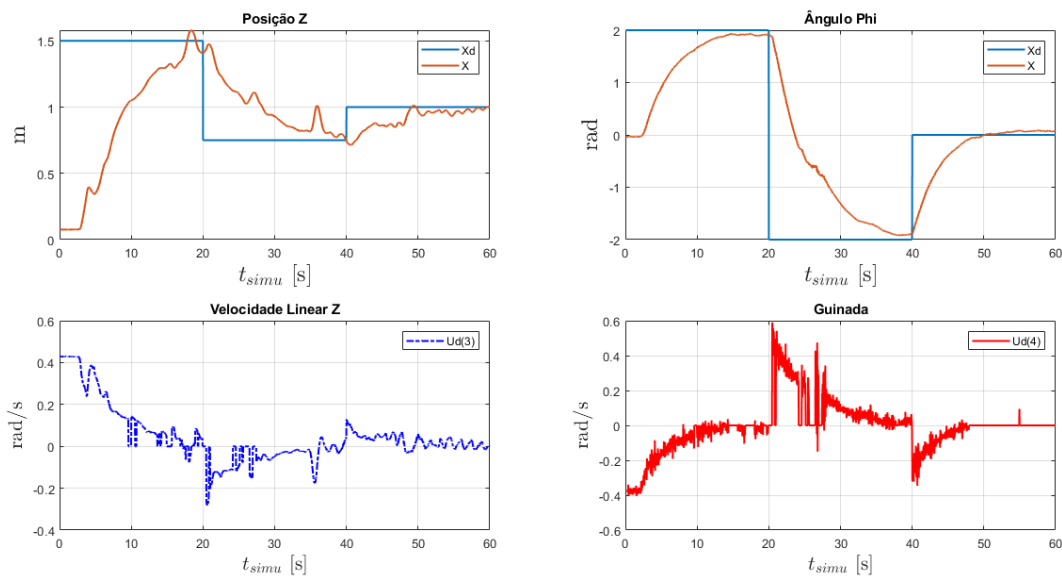


Figura 5: Resultados da simulação 2 usando o ArDrone.

## 2.2 Controle PVTOL XZ

Neste experimento foi solicitado que o drone alcançasse a posição  $(1; 1; 1, 5)$  com orientação de  $45^\circ$ , usando o controlador PVTOL XZ. Para isso, primeiro o drone deveria se orientar primeiro, e depois se mover para frente na direção em que estiver apontado.

### Simulação 3

A Figura 6 mostra os resultados da terceira simulação. Nela, gráficos comparando as posições X e Z e o ângulo  $\phi$ , desejados e a atuais, são mostrados. A partir destes gráficos é possível perceber que, em X, o drone rapidamente alcançou a posição desejada, mas não houve estabilidade em torno do ponto desejado. Em Z, o drone teve uma boa estabilidade no ponto desejado, oscilando um pouco apenas no final. E em  $\phi$ , o drone alcançou a orientação desejada muito rápido, ficando estável com um erro pequeno. Com relação ao sinal de controle de guinada, é possível perceber que após o erro no ângulo ficar menor que  $3^\circ$ , o sinal de guinada é zerado e o de arfagem é acionado. O Sinal de controle de arfagem, teve uma oscilação muito intensa, explicando a variação da posição X do drone. Já o sinal de controle em Z, percebe-se que devido à estabilidade, seu valor ficou, relativamente, próximo de zero.

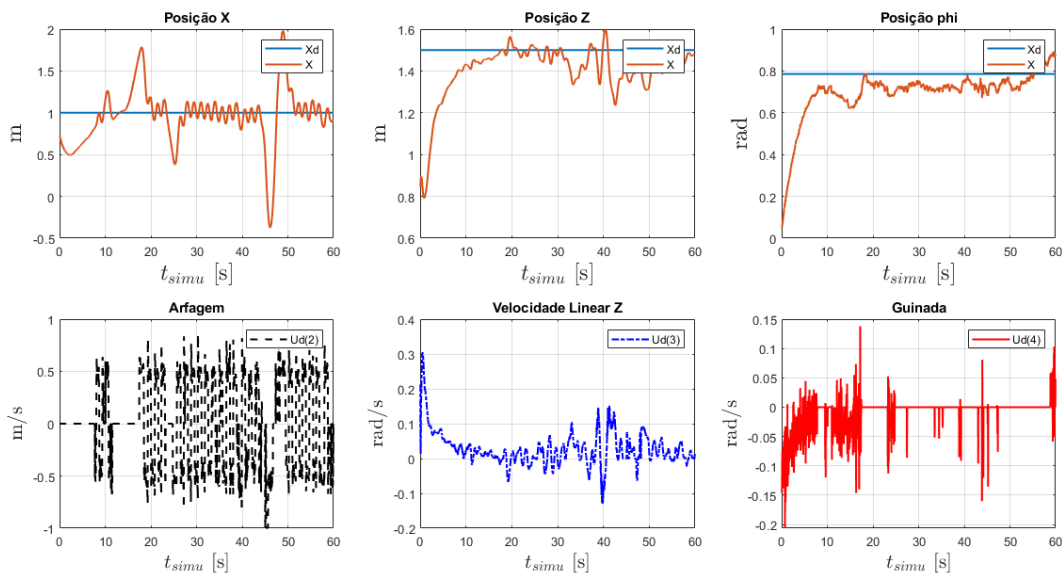


Figura 6: Resultados da simulação 3 usando o ArDrone.

### Simulação 4

A Figura 7 mostra os resultados da quarta. Nela, gráficos comparando as posições X e Z e o ângulo  $\phi$ , desejados e a atuais, são mostrados. A partir destes gráficos é possível perceber que, em X, o drone foi um pouco mais estável que a simulação anterior. Em Z, o drone teve uma boa estabilidade no ponto desejado, oscilando um pouco no meio do experimento. E em  $\phi$ , o drone alcançou a orientação desejada muito rápido, ficando estável com um erro pequeno. Com relação ao sinal de controle de guinada, é possível perceber houve uma estabilidade após a comutação do controlador, havendo poucos ruídos no resto do experimento. O Sinal de controle de arfagem, teve uma oscilação muito intensa novamente, porém com amplitude menor. Já o sinal de controle em Z, percebe-se que devido à estabilidade, seu valor ficou, relativamente, próximo de zero.

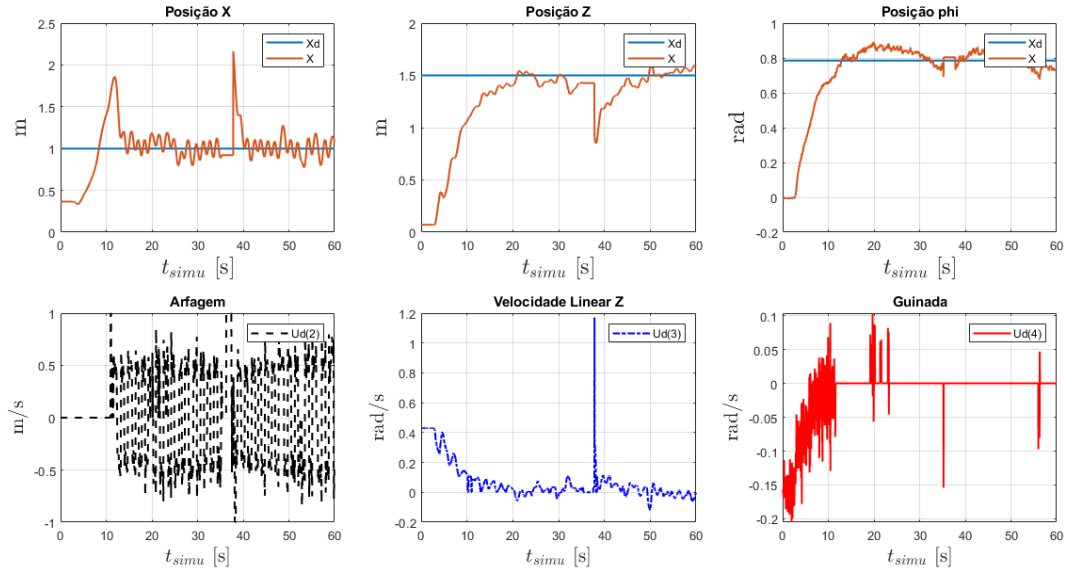


Figura 7: Resultados da simulação 4 usando o ArDrone.

### 3 Considerações finais

Com relação ao Pioneer, foi possível observar que ele ficou bem estável após alcançar a trajetória. Na partida, houve a saturação na velocidade angular, mas após isto, ela permaneceu dentro dos limites.

Com relação ao ArDrone, pode-se concluir que o controlador de Altitude, teve um desempenho razoável, necessitando realizar um ajuste nos ganhos da função de controle. Para o controlador PVTOL XZ, conclui-se que os ganhos foram suficiente para alcançar os pontos desejados, entretanto, não foram suficientes para estabilizar o drone neste ponto. Além disto, outro fator que influenciou na estabilidade foi a falta de controle na coordenada Y, fazendo necessário a implementação de algum controle em Y.