

Relatório do experimento “Cálculo de Distância Utilizando Monocâmara”

1st Júlia Nascimento

dept. name of organization (of Aff.)

Senai Cimatec

Salvador, Brasil

julia.ribeiro@fbter.org.br

Abstract—Este documento apresenta o processo de realização de experimentos referentes ao cálculo de distância utilizando uma monocâmara, contando com a metodologia utilizada, a estrutura dos cenários de teste e os resultados obtidos com e sem distorção.

Index Terms—ArUco, Cálculo de distância, monocâmara

I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Marcadores ArUcos são um tipo de marcador fiducial, eles são utilizados na visão computacional como facilitadores de identificação. Dessa forma, os marcadores ArUco são padrões binários 2D que podem ser detectados de forma eficiente por algoritmos de visão computacional [3], os marcadores ArUco tem o objetivo de fornecer pontos de referência visual confiáveis, permitindo a localização e a orientação de um objeto ou câmera no ambiente.

Trabalhar com câmeras exige certo cuidado, com a calibração já que cada câmera tem uma calibração única podendo apresentar diversos tipos de distorções. Um tipo de distorção tratado neste relatório é a distorção radial, esse tipo de distorção apresenta uma distorção mais pronunciada nos cantos da imagem, isso ocorre devido a construção das lentes e ao alinhamento dos seus componentes internos[4].

II. METODOLOGIA

Por ser um marcador amplamente difundido na visão computacional, os marcadores ArUco foram utilizados como uma forma de delimitação para se realizar o cálculo de distância utilizando-se somente uma Mono-Câmera. Para que possa ser realizado o calculo da distancia a seguinte fórmula foi utilizada:

$$d_{obj} = \frac{f * h_{obj} * h_{cfg}}{h_{objPx} * d_{tc}}$$

$$d_{tc} = h_{mfc} - h_{cfg}$$

Onde: f = Focal length of camera

h_{obj} = Object height (m)

h_{cfg} = Camera height from ground

h_{objPx} = Object height in pixels

h_{sensor} = Sensor height

Identify applicable funding agency here. If none, delete this.

d_{tc} = Distance to camera

h_{mfc} = Marker height from camera

Juntamente com a fórmula de cálculo de distância foram utilizadas outras técnicas e objetos para a realização do mesmo. Foram utilizados o pacote pose-estimation do Aruco-markers onde o cálculo de distância foi implementado, uma câmera Logitech webcam c270, fita métrica e marcadores ArUco.

Os testes consistiram em dois cenários distintos mostrados nas figuras 1 e 2, os cenários contam com as mesmas três ArUcos identificadas pelos ID's 3, 5 e 7, foi posicionada uma fita métrica no chão para que fosse possível aferir as medidas reais, a ArUco de ID = 7 foi utilizada como ArUco limitadora, ou como ArUco de referência, já que foi passado que a mesma está a 3 metros da câmera, dessa forma o código usa a aruco de referência como uma forma de calibração para o cálculo de distância. A ArUco em que os testes foram focados foi a aruco de ID = 3, sendo os objetivos do teste calcular a distância da mesma para a câmera com a ArUco estando de frente para a câmera (estando a 0°), após os resultados obtidos foi calculado o erro.

$$Erro = Dist.Real - Dist.Medida$$

Deste modo, os testes foram realizados em ambiente controlado em laboratório para melhor precisão dos resultados. Dessa forma apresentando um erro que varia entre 0 e 0,006.



Fig. 1. Cenário de Testes 1.

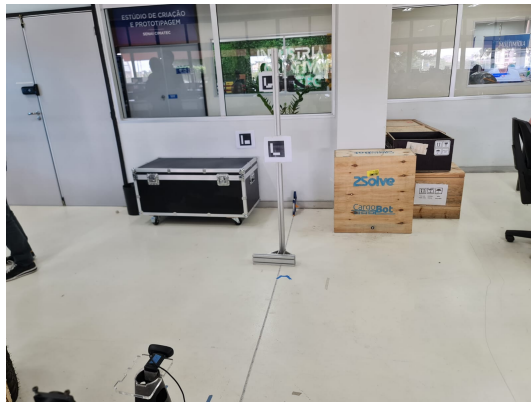


Fig. 2. Cenário de Testes 2.

III. RESULTADOS

Os resultados obtidos foram divididos em duas classes sendo elas, resultados com distorção e resultados sem distorção.

A. Resultados com distorção

Os resultados iniciais contavam com um problema de distorção causado pela calibração incorreta da câmera. Dessa forma, devido a distorção causada foi possível verificar uma relação entre a angulação das ArUcos e o erro do calculo de distancia, como é possível ver na tabela I, é possível notar na tabela I que o aumento da angulação gera uma diminuição no erro do cálculo de distância, esse comportamento se mostrou presente nos ângulos positivos, que variam de 10 em 10 graus indo de 0° a 60°.

TABLE I
RELAÇÃO ENTRE ANGULAÇÃO E ERRO PARA A DISTANCIA DE 1,70M DA ARUCO 3 PARA ANGULAÇÕES POSITIVAS COM DISTORÇÃO

Aruco 3			
Dist. Real	Dist. Medida	Angulação	Erro
1,7	1,53	0°	0,17
1,7	1,55	10°	0,15
1,7	1,63	20°	0,07
1,7	1,63376	30°	0,06624
1,7	1,65	40°	0,05
1,7	1,68	50°	0,02
1,7	1,7	60°	0

A figura 3 mostra o gráfico referente a tabela I é possível visualizar melhor a relação inversamente proporcional entre a angulação e o erro, presente no caso dos ângulos positivos.

Na tabela II é possível verificar a relação dos ângulos negativos com o erro no cálculo de distância, os ângulos negativos geram um efeito contrário ao dos ângulos positivos, gerando assim um aumento do erro ao se aumentar os ângulos, os testes foram feitos seguindo a mesma lógica dos ângulos positivos, variando de 10 em 10 graus indo de 0° a -60°.

Assim, é possível notar que a partir do ângulo -60° o algoritmo não foi mais capaz de identificar a ArUco e calcular a distância.

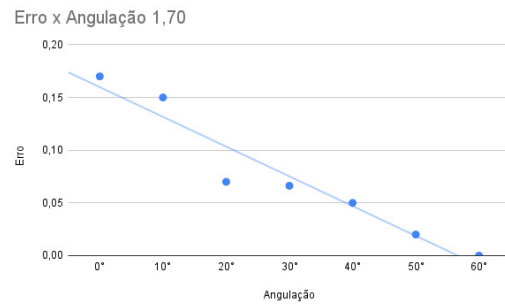


Fig. 3. Gráfico de relação entre angulação e erro para a distância de 1,70m da ArUco 3 para angulações positivas com distorção.

TABLE II
RELAÇÃO ENTRE ANGULAÇÃO E ERRO PARA A DISTANCIA DE 1,70M DA ARUCO 3 PARA ANGULAÇÕES NEGATIVAS COM DISTORÇÃO

Aruco 3			
Dist. Real	Dist. Medida	Angulação	Erro
1,7	1,53	0°	0,17
1,7	1,50	-10°	0,20
1,7	1,46	-20°	0,24
1,7	1,46	-30°	0,24
1,7	1,42	-40°	0,28
1,7	1,40	-50°	0,30
1,7	-	-60°	-

Na figura 4 é possível observar a relação entre a angulação e o erro para os ângulos negativos, dessa forma é notável que há uma relação de proporcionalidade direta entre a angulação e o erro, tendo como tendência uma reta crescente

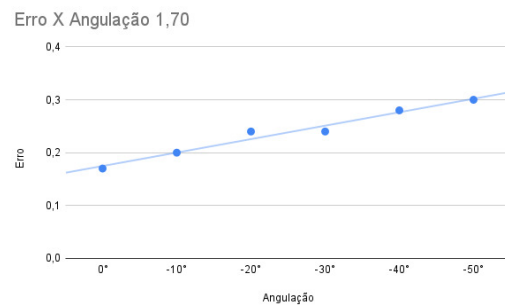


Fig. 4. Gráfico de relação entre angulação e erro para a distância de 1,70m da ArUco 3 para angulações negativas com distorção.

Com os resultados obtidos nos testes com ângulos positivos e negativos, foi possível estimar que tipo de distorção a câmera apresenta, sendo a distorção estimada a distorção radial (distorção barril), para confirmar o tipo de distorção foi feito uma comparação entre os resultados dos ângulos positivos e negativos, que pode ser observada na tabela III e na figura 5. A tabela III mostra as angulações positivas e negativas e os referentes erros do cálculo de distância para cada angulação. Dessa forma, na figura 5 se tem um gráfico que compara o comportamento do erro para os ângulos positivos e para os ângulos negativos.

TABLE III
RELAÇÃO ENTRE ERROS PARA A DISTÂNCIA DE 1,70M DA ARUCO 3 PARA ANGULAÇÕES POSITIVAS E NEGATIVAS COM DISTORÇÃO.

Arucos 3					
Dist. Real	Dist. Medida	Angul.1	Erro 1	Angul.2	Erro 2
1,7	1,53	0°	0,17	0°	0,17
1,7	1,55	10°	0,15	-10°	0,20
1,7	1,63	20°	0,07	-20°	0,24
1,7	1,63376	30°	0,06624	-30°	0,24
1,7	1,65	40°	0,05	-40°	0,28
1,7	1,68	50°	0,02	-50°	0,30
1,7	1,70	60°	0	-60°	-

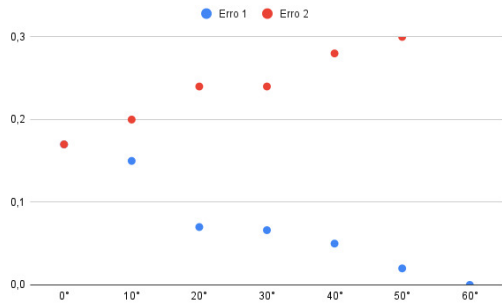


Fig. 5. Gráfico de relação entre erros para a distância de 1,70m da ArUco 3 para angulações positivas e negativas com distorção.

Após a comparação do comportamento dos erros foi possível inferir que o tipo de distorção presente na câmera é uma distorção radial. Desse modo, após a constatação do tipo de distorção foi feita a calibração correta da câmera e os testes foram repetidos proporcionando assim os resultados sem distorção.

B. Resultado sem distorção

Na tabela IV é possível observar os resultados obtidos nos testes agora sem a interferência da distorção radial. O procedimento de teste se manteve igual ao anterior, foi analisado o comportamento do erro ao se aumentar a angulação de 10 e 10 graus indo de 0° até 60°.

TABLE IV
RELAÇÃO ENTRE ANGULAÇÃO E ERRO PARA A DISTÂNCIA DE 1,70M DA ARUCO 3 PARA ANGULAÇÕES POSITIVAS SEM DISTORÇÃO.

Arucos 3			
Dist. Real	Dist. Medida	Angulação	Erro
1,7	1,70	0°	0
1,7	1,70	10°	0
1,7	1,74	20°	-0,04
1,7	1,76	30°	-0,06
1,7	1,82	40°	-0,12
1,7	1,82	50°	-0,12
1,7	1,85	60°	-0,15

É visível que o erro começou a aumentar de acordo com o aumento da angulação, isso se dá pois já na angulação de 0° a distância medida é igual a distância real sendo então o erro zero, dessa forma quando se altera o ângulo a distância medida começa a ultrapassar a distância real causando o erro

negativo. Na figura 6 é possível observar esse comportamento no gráfico de angulação versus erro, que mostra com clareza o aumento negativo do erro.

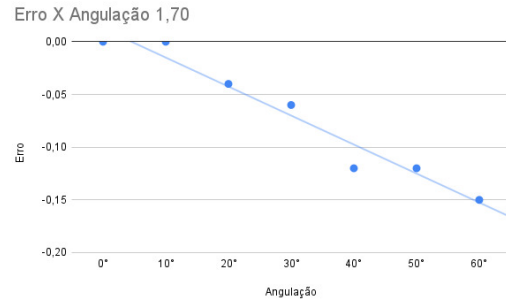


Fig. 6. Gráfico de relação entre erros para a distância de 1,70m da ArUco 3 para angulações positivas e negativas com distorção.

Os resultados dos testes sem distorção foram satisfatórios, alcançando o objetivo de que a câmera fosse capaz de calcular a distância da ArUco quando a mesma estivesse parada de frente para a câmera (parada em 0°). Dessa forma, os testes foram realizados no cenário 1 mostrado na figura 1, como forma de comprovar os resultados os testes foram realizados novamente no cenário 2 mostrado na figura 2. Na tabela V são mostrados os resultados dos testes realizados no cenário 2, no caso desses testes a alteração da angulação não era relevante então outro método foi utilizado. No cenário 2 o método de teste consistiu em manter a angulação das ArUcos fixa em 0° e variar a distância real, para que fosse possível avaliar como o algoritmo de cálculo de distância iria se comportar com a variação da distância e a partir de que distância o erro começaria a se tornar considerável.

TABLE V
RELAÇÃO ENTRE DISTÂNCIA E ERRO PARA A ARUCO 3 SEM DISTORÇÃO.

Arucos 3			
Dist. Real	Dist. Medida	Angulação	Erro
1,40	1,40	0°	0
1,50	1,50	0°	0
1,60	1,599	0°	0,001
1,70	1,70	0°	0
1,80	1,80	0°	0
1,90	1,895	0°	0,005
2,00	1,994	0°	0,006

Na figura 7 é possível observar o gráfico da relação entre a distância e o erro, é possível notar que a partir da distância de 1,90m o erro começa a se apresentar considerável.

Com os resultados obtidos no cenário 2 foi possível comprovar a funcionalidade do algoritmo de cálculo de distância, que apresenta erro ínfimo ou nulo ao se calcular a distância da câmera para a ArUco em angulações entre 0 e 10 graus, começando a apresentar um valor de erro significativo a partir de 1,90m de distância.

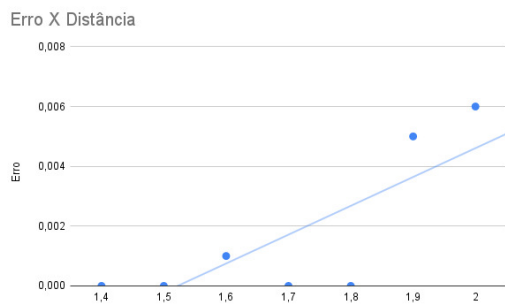


Fig. 7. Gráfico da relação entre distância e erro sem distorção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, é possível analisar a influência da angulação e do aumento da distância na precisão do cálculo de distância. É notável que com a câmera descalibrada a alteração na angulação se faz necessária pois a distorção faz com que a câmera não perceba a ArUco em 0° quando a mesma está nessa angulação, o ajuste da angulação ajuda a câmera a perceber a ArUco como estando reta em direção (estando em 0°) a câmera e assim conseguindo capturar os valores corretos para empregar na fórmula de cálculo de distância, sendo assim uma espécie de calibração manual. Desse modo, quando se é aplicada a calibração na câmera a necessidade dessa calibração manual é descartada e o algoritmo consegue apresentar resultados satisfatórios com baixo ou nenhum erro. Foi notável também a relação do aumento da distância com o aumento do erro, é possível notar pela figura 7 que a partir de 1,90m a precisão do cálculo tende a diminuir e assim o erro tende a aumentar, os testes foram feitos com a ArUco estando a no máximo 2m de distância da câmera, mesmo com o erro da marcação de 2m sendo o maior erro apresentado o mesmo ainda se manteve na casa dos milímetros sendo assim um erro aceitável. Diante do supra citado, o algoritmo obteve um bom desempenho e resultados coerentes demonstrando assim sua funcionalidade.

REFERENCES

- [1] IEEE, "Template and instructions on how to create your paper," [Online]. Available: <http://www.ieee.org/publications-standards/publications/authors/author-templates.html>. [Acesso em 03 Fevereiro 2017].
- [2] Universidade de São Paulo, "Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte I (ABNT)," [Online]. Available: <http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/111/95/491-1>. [Acesso em 03 Fevereiro 2017].
- [3] Arcanjo, Jonys. Detecção de Marcadores ArUco em Streams de Vídeo em Tempo Real com OpenCV. Medium, 27 de abril de 2021. Disponível em: <https://medium.com/jonys-arcujo/detecC3A7C3A30-de-marcadores-aruco-em-streams-de-vC3ADdeo-em-tempo-real-com-opencv-9a3d99c667d7>. Acesso em: 29 Agosto 2023.
- [4] CAMERANEON. Distorção radial em fotografias. Disponível em: <http://cameraneon.com/tecnicas/distorcao-radial-em-fotografias/>. Acesso em: 31 Agosto 2023.