



Desenvolvimento de um algoritmo de correção de coordenadas em voos autônomos de drones

Gabriel de Souza Ramires | gabriel.sr16@aluno.ifsc.edu.br¹
Gabriel da Silva Oliveira | gabriel.so2001@aluno.ifsc.edu.br²
Felipe Alves da Silveira | felipe.ads@aluno.ifsc.edu.br³
Gabriel Beu Nogueira de Macedo | gabriel.macedo@ifsc.edu.br⁴

Trabalho de Pesquisa
DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

A crescente utilização de drones tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas de navegação mais precisos. Em competições estudantis de drones, as missões autônomas exigem um posicionamento eficaz, normalmente obtido por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Entretanto, erros inerentes ao sensor podem introduzir desvios constantes nas coordenadas, comprometendo a precisão e o desempenho nas tarefas. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um algoritmo para correção de coordenadas em voos autônomos. A metodologia baseia-se na comparação entre a posição estimada pelo GPS e uma posição de referência visual, permitindo melhorar o posicionamento do drone.

Palavras-chave: drones; navegação autônoma; GPS; correção de coordenadas.

Introdução

O Instituto Federal de Santa Catarina – campus Florianópolis, em parceria com o centro universitário SATC, consolidou a Competição Catarinense de Drones em 2025, com o objetivo de estimular estudantes do ensino médio e da graduação a projetar, montar e operar drones multirotores em tarefas realizadas de forma pilotada ou autônoma (IFSC; SATC, 2026). Na edição de 2026, destaca-se a maior pontuação atribuída às equipes que executam as missões de forma autônoma.

¹ Estudante do curso de Engenharia Eletrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC Câmpus Florianópolis.

² Estudante do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC Câmpus Florianópolis.

³ Estudante do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC Câmpus Florianópolis.

⁴ Professor do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC Câmpus Florianópolis.

Diante desse cenário, os alunos vinculados ao laboratório de drones do IFSC campus Florianópolis, optaram pela automatização das tarefas propostas. Durante os testes de voo realizados, foi identificado um erro sistemático no Sistema de Posicionamento Global (GPS), caracterizado por uma discrepância consistente entre as coordenadas programadas e a posição alcançada pelo drone.

Segundo Monico (2008), receptores de GPS utilizados em drones de pequeno porte estão sujeitos a desvios sistemáticos, que podem afetar o posicionamento final em vários metros. Tais imprecisões comprometem diretamente a execução de missões que exigem alta acurácia.

Nesse contexto, este trabalho propõe a identificação e correção desses erros por meio do desenvolvimento de um algoritmo em Python. A abordagem consiste na comparação entre a posição estimada pelo GPS e uma posição de referência visual, permitindo a determinação de um vetor de correção para ser aplicado às coordenadas de navegação. Dessa forma, busca-se aumentar a precisão do posicionamento e a confiabilidade na execução de missões autônomas.

Fundamentação teórica

Este trabalho utiliza coordenadas geográficas, expressas em latitude e longitude, para representação da posição na superfície terrestre, sendo amplamente empregada em sistemas de GPS.

Para o tratamento dos deslocamentos em curtas distâncias (menor que 100 m), adota-se uma aproximação, na qual a superfície terrestre é planificada em torno de um ponto de referência. Essa abordagem permite representar as distâncias em um sistema cartesiano local. Nesse modelo, variações de posição podem ser convertidas de unidades lineares (metros) para variações angulares em latitude e longitude, considerando a Terra como uma esfera de raio médio constante ($R = 6.371.000$ m), conforme as recomendações do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (GRS80), estabelecido pela IUGG (1980). O deslocamento na direção norte-sul afeta diretamente a latitude, enquanto o deslocamento leste-oeste requer um fator de correção associado ao cosseno da latitude, devido à convergência dos meridianos conforme Monico (2008). As equações

1 e 2 calculam as novas coordenadas geográficas a partir de uma coordenada inicial e o deslocamento linear desejado.

$$Lat_1 = Lat_0 + \frac{dist_{Norte}}{R} \quad (1)$$

$$Lon_1 = Lon_0 + \frac{dist_{Leste}}{R \cdot \cos(Lat_0)} \quad (2)$$

Em que Lat_0 e Lon_0 são as coordenadas de latitude e longitude iniciais em radianos; Lat_1 e Lon_1 são as coordenadas deslocadas, também em radianos; $dist_{Norte}$ e $dist_{Leste}$ são as distâncias em metros, sendo o eixo norte (positivo) e sul (negativo) e leste (positivo) e oeste (negativo); e R é o raio da Terra em metros.

Para validação e análise da consistência das coordenadas geográficas, utiliza-se o conceito de cálculo de distância entre dois pontos na superfície terrestre, com base na equação de Haversine. Essa formulação, fundamentada na trigonometria esférica, permite determinar a distância entre duas coordenadas a partir das diferenças de latitude e longitude, incorporando fatores que representam a curvatura da Terra (Monico, 2008). Conforme apresentado por Sinnott (1984), a equação demonstra precisão computacional superior para distâncias de qualquer magnitude na superfície esférica. A utilização dessa equação é relevante para verificar a coerência entre posições estimadas e reais, servindo como referência para avaliação da precisão dos métodos de correção aplicados. A Equação de Haversine é apresentada na Equação 3, em que d é a distância linear em metros entre as duas coordenadas fornecidas. Os demais termos são os mesmos apresentados nas equações 1 e 2.

$$d = 2R \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{Lat_1 - Lat_0}{2} \right) + \cos(Lat_0) \cos(Lat_1) \sin^2 \left(\frac{Lon_1 - Lon_0}{2} \right)} \right) \quad (3)$$

Com base nas equações apresentadas, foi implementado um algoritmo em Python para o cálculo das coordenadas ajustadas conforme deslocamentos norte-sul e leste-oeste inseridos. A figura 1 apresenta o código para este algoritmo. As unidades lineares foram transformadas em centímetros para facilitar a inserção, visto que na aplicação desejada os desvios são pequenos.

Dessa forma, os conceitos apresentados fundamentam a conversão entre deslocamentos lineares e coordenadas geográficas (Monico, 2008). A utilização da Equação de Haversine contribui para a validação dos resultados (Sinnott, 1984). Esses princípios sustentam o desenvolvimento do algoritmo proposto.

Figura 1 - Código em Python para correção de coordenadas.

```
lat = -27.594024
lon = -48.5417297

print(f"\n 📍 Coordenada atual: {lat:.8f}, {lon:.8f}")

# Deslocamentos
norte = float(input("\nDeslocamento Norte (+)/Sul (-) [cm]: "))
leste = float(input("Deslocamento Leste (+)/Oeste (-) [cm]: "))

# Calcular nova coordenada
R = 6371000
lat_rad = math.radians(lat)
delta_lat = (norte/100) / R
delta_lon = (leste/100) / (R * math.cos(lat_rad))

nova_lat = math.degrees(lat_rad + delta_lat)
nova_lon = math.degrees(math.radians(lon) + delta_lon)

distancia = math.sqrt(norte**2 + leste**2)

print(f"\n ✅ RESULTADO:")
print(f"  Deslocamento: {norte:+.1f}cm N/S, {leste:+.1f}cm L/O")
print(f"  Distância total: {distancia:.1f} cm")
print(f"\n 📍 NOVA COORDENADA:")
print(f"  {nova_lat:.8f}, {nova_lon:.8f}")
```

Fonte: elaborado pelos autores.

Procedimentos metodológicos

O procedimento metodológico consiste em utilizar o *software* Mission Planner para o planejamento e execução dos voos autônomos. Primeiramente será inserido a coordenada geográfica de um local desejado para o pouso do drone, como por exemplo o centro da quadra de esportes do IFSC. Esta coordenada será obtida posicionando o drone no local desejado e lendo o valor do GPS pelo Mission Planner. Para validar essa coordenada, o drone deverá decolar de outra localidade próxima e pousar de forma autônoma no local desejado.

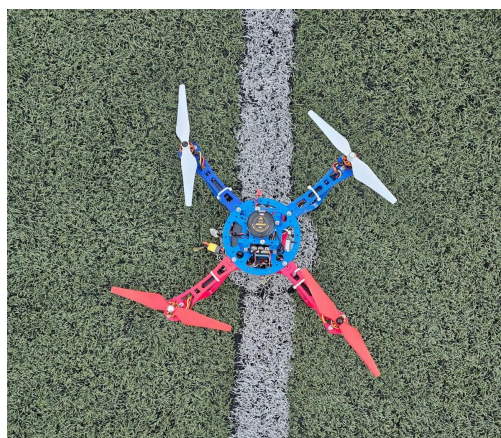
Então será inserido um valor de deslocamento no algoritmo desenvolvido em Python para ajustar as coordenadas no planejamento da nova missão. Será feito um novo voo e conferido se houve o deslocamento desejado. A distância entre a posição de

referência e o local de pouso do drone deverá ser medida em linha reta e marcado o ângulo dessa direção em relação ao norte (0°). Os alunos serão os responsáveis pelo desenvolvimento, execução dos testes e análise de resultados.

Resultados e discussões

Foram realizados ensaios conforme descrito na metodologia. Inicialmente, o drone foi posicionado sobre a bola da faixa de marcação presente no solo, adotada como referência visual para os testes, conforme figura 2. O centro da aeronave foi alinhado com o centro dessa marcação, estabelecendo a posição de referência utilizada para a obtenção das coordenadas geográficas, por meio do sistema GPS embarcado, acessado pelo Mission Planner.

Figura 2 - Drone posicionado na referência visual.



Fonte: elaborado pelos autores.

Em seguida, foi executado um voo autônomo com destino a essa coordenada. Observou-se que o drone atingiu o ponto de referência com elevada precisão. O teste foi realizado mais de uma vez e, em todas as execuções, a distância em relação ao ponto de referência foi mínima, inferior a 5 cm. Esse resultado indica que, em determinadas condições, o erro do GPS pode ser suficientemente baixo, não demandando correções adicionais. No entanto, tal comportamento está sujeito a erros devido ao sistema GPS, causados por fatores ambientais, de localidade e de posicionamento dos satélites no momento do voo.

Com o objetivo de verificar a eficácia do algoritmo em situações de correção de posicionamento, foi solicitado ao algoritmo o deslocamento do drone em 200 cm no sentido norte em relação ao ponto de partida (referência inicial presente na figura 2), conforme a Figura 3. As coordenadas iniciais e finais foram calculadas pelo algoritmo em Python e corresponde ao deslocamento desejado de 2 metros para o norte. Esta nova coordenada foi inserida ao planejamento de voo autônomo do drone, o qual foi decolado do mesmo local do voo anterior.

Figura 3 - Resposta do algoritmo

```
📍 Coordenada atual: -27.59402400, -48.54172970

Deslocamento Norte (+)/Sul (-) [cm]: +200
Deslocamento Leste (+)/Oeste (-) [cm]: 0

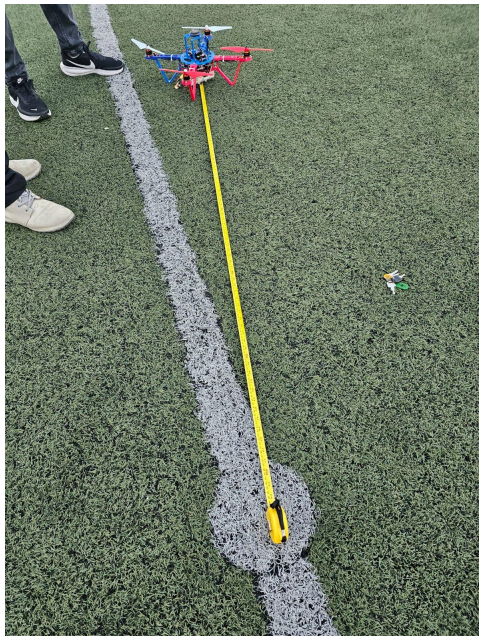
✅ RESULTADO:
Deslocamento: +200.0cm N/S, +0.0cm L/O
Distância total: 200.0 cm

📍 NOVA COORDENADA:
-27.59400601, -48.54172970
```

Fonte: elaborado pelos autores.

Como resultado, o drone atingiu uma posição final com aproximadamente 190 cm de deslocamento em relação ao ponto inicial, conforme apresentado na Figura 4. O resultado obtido demonstrou que a lógica implementada foi capaz de orientar adequadamente o movimento da aeronave na direção desejada. Além disso, o ângulo de correção calculado foi próximo de 7°, considerando-se 0° como a direção norte e o aumento dos ângulos no sentido horário quando observado de cima. Esse valor indica uma pequena diferença entre a trajetória ideal e a trajetória efetivamente realizada pela aeronave, mantendo, entretanto, o deslocamento alinhado à direção pretendida. Ressalta-se que este teste não teve como finalidade comparar a precisão do posicionamento utilizando apenas as coordenadas fornecidas pelo GPS embarcado com aquela obtida após a aplicação do algoritmo de correção de coordenadas, servindo apenas como uma etapa de validação funcional da solução proposta.

Figura 4 - Teste prático de funcionamento do algoritmo.



Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, os resultados obtidos demonstram o correto funcionamento do algoritmo de ajuste de coordenadas geográficas, validando a lógica implementada para o cálculo e aplicação das correções necessárias ao deslocamento da aeronave. Embora este ensaio não tenha tido como objetivo comparar o desempenho do método proposto com o posicionamento obtido exclusivamente pelo GPS embarcado, os resultados indicam que a solução desenvolvida possui potencial para aplicação em missões autônomas que demandem maior controle sobre a navegação.

Considerações finais

Os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que o algoritmo desenvolvido demonstrou ser eficaz na correção de coordenadas geográficas, contribuindo para a melhoria do posicionamento em pousos autônomos.

A atividade contribuiu significativamente para a formação dos envolvidos, proporcionando experiência em planejamento de missões, programação e análise de dados. Como principais dificuldades, destacam-se as variações inerentes ao sistema GPS. Como trabalho futuro, pretende-se aprimorar o algoritmo para considerar



deslocamentos em diferentes direções, utilizando o cálculo baseado em ângulos para obter maior precisão nos ajustes, e realizar mais testes para comprovar o funcionamento, considerando uma análise estatística para a validação do algoritmo.

Referência ao fomento recebido

Este trabalho foi viabilizado com apoio do Câmpus Florianópolis do IFSC, com a viabilização de espaço físico para as atividades do Laboratório de Drones e destaque para o DAE (Departamento Acadêmico de Eletrotécnica) que fornece a infraestrutura complementar do laboratório. Registra-se também o apoio da FEESC (Fundação Stemmer para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação), por meio do edital “Conexões para Inovar”, que contemplou a equipe de drones do Câmpus Florianópolis nos anos de 2024 a 2026.

Referências

IFSC; SATC. *Regulamento CC Drones 2026*. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1SzBgDcoRxGomW3Lb5215ilqaYFsPHUao/view>. Acesso em: 28 de abr. 2026

IUGG – INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS. **Geodetic Reference System 1980 (GRS80)**. [S. l.]: IUGG, 1980.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

SINNOTT, R. W. Virtues of the Haversine. **Sky and Telescope**, v. 68, n. 2, p. 159, 1984.