IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA GEOESPACIAL DE APOIO AO MONITORAMENTO AMBIENTAL MULTITEMPORAL EM RESERVAS URBANAS: ESTUDO DE CASO DA RESERVA R7

Guilherme Aziliero Tessaro[1], Pamella Aparecida Machado da Silva[2], Marcel Jesus Dias[3], Rodrigo Bruno Zanin[4], Érico Fernando de Oliveira Martins[5]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Engenharia Elétrica, Sinop, Brasil (guilherme.tessaro@unemat.br)
[2]Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Engenharia Civil, Sinop, Brasil
[3]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Biotecnologia e Biodiversidade, UNEMAT, Sinop, Brasil
[4]Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Biotecnologia e Biodiversidade, Cuiabá, Brasil
[5]Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão e Regulação De Recursos Hídricos, Cuiabá, Brasil

Resumo: Este trabalho apresenta a implantação de infraestrutura geoespacial na Reserva R7, em Sinop-MT, utilizando rastreio GNSS estático e processamento PPP-IBGE para definição de referenciais geodésicos. Foram avaliados dois modelos de marcos geodésicos voltados ao suporte de levantamentos ambientais multitemporais. Os resultados demonstraram viabilidade operacional dos modelos implantados e precisão centimétrica das soluções obtidas, com potencial de aplicação em diferentes geotecnologias.

Palavras-chave: Referencial Geodésico; Posicionamento GNSS; PPP-IBGE.

INTRODUÇÃO

O avanço das geotecnologias aplicadas ao monitoramento ambiental tem ampliado significativamente a utilização de sensores LiDAR (*Light Detection and Ranging)*, sistemas SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*), RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), fotogrametria digital e técnicas de sensoriamento remoto em estudos ambientais e urbanos. Essas tecnologias possibilitam a obtenção de modelos tridimensionais, nuvens de pontos densas e produtos cartográficos de alta resolução espacial, permitindo análises detalhadas da cobertura vegetal, relevo, estrutura florestal e dinâmica da paisagem (Machado et al., 2025; Nishiwaki et al., 2023; Wu et al., 2024).

A crescente utilização dessas tecnologias em áreas urbanas e reservas ambientais intensificou a produção de dados geoespaciais obtidos por diferentes sensores, plataformas e períodos de aquisição, ampliando também a necessidade de estruturas de interoperabilidade espacial e integração de informações ambientais (Hinsby et al., 2024). Entretanto, a integração consistente dessas informações depende da existência de um referencial geodésico comum e estável, capaz de garantir compatibilidade posicional entre levantamentos realizados em diferentes campanhas. A ausência desse controle pode gerar deslocamentos espaciais entre ortomosaicos, nuvens de pontos e demais produtos cartográficos, comprometendo análises multitemporais e interpretações relacionadas à dinâmica ambiental.

Esse problema torna-se ainda mais crítico em fragmentos de mata, Unidades de Conservação (UCs) e Áreas de Preservação Permanente (APPs), dentro do perímetro urbano, vez que essas áreas normalmente apresentam extensão territorial reduzida.

Nessas situações, deslocamentos posicionais podem representar diferenças significativas na interpretação espacial dos dados, resultando em erros expressivos na análise da dinâmica ambiental, delimitação de feições, comparação temporal e identificação de alterações na cobertura vegetal.

Nesse contexto, a materialização de referenciais geodésicos compatíveis com o sistema SIRGAS2000 desempenha papel fundamental na padronização espacial de levantamentos geoespaciais, permitindo maior repetibilidade entre campanhas de campo e integração consistente entre produtos gerados por

GNSS, LiDAR, SLAM, fotogrametria digital e sensoriamento remoto.

No Brasil, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) constitui o referencial geodésico oficial adotado para atividades cartográficas e geoespaciais (Nascimento; Poz; De Freitas, 2021). A compatibilização das coordenadas nesse sistema é indispensável para garantir interoperabilidade entre produtos cartográficos obtidos em diferentes épocas e plataformas de aquisição (Statella; Gonçalves, 2022).

Tradicionalmente, a implantação de bases geodésicas de alta precisão depende de métodos relativos de posicionamento GNSS, exigindo múltiplos receptores operando simultaneamente. Entretanto, o desenvolvimento do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) permitiu a obtenção de coordenadas geodésicas precisas utilizando apenas um único receptor GNSS, reduzindo custos operacionais e simplificando campanhas de campo (Sá; Moreira, 2021).

No Brasil, o serviço PPP-IBGE disponibiliza gratuitamente o pós-processamento de dados GNSS com coordenadas compatíveis ao SIRGAS2000, tornando-se uma alternativa acessível para implantação de infraestrutura geoespacial aplicada a projetos ambientais e urbanos.

Diante desse cenário, este trabalho apresenta a estruturação de uma rede geodésica local, no entorno da Reserva R7, no município de Sinop-MT, utilizando rastreio GNSS estático e processamento pelo serviço PPP-IBGE, com o objetivo de estruturar um referencial geodésico permanente para suporte a futuras atividades de integração geoespacial aplicadas ao monitoramento ambiental urbano.

Destaca-se que neste estudo o foco concentra-se especificamente na implantação da estrutura geodésica necessária para futuras aplicações multitemporais e multissensores na área monitorada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no entorno da Reserva R7 (Figura 1), cuja área é de 45 hectares e faz divisa com o campus da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no município de Sinop-MT. Por sua relevância na dinâmica urbana, a área, que corresponde a um fragmento de vegetação, é corriqueiramente submetida a atividades de monitoramento ambiental e levantamentos geoespaciais multitemporais realizados com diferentes sensores e plataformas de aquisição de dados.



Figura 1. Delimitação da área (45 hectares) da Reserva R7 no município de Sinop-MT. Base cartográfica: *Google Earth*. Fonte: Autor próprio.

A infraestrutura geoespacial proposta neste estudo foi concebida para o estabelecimento de um referencial geodésico permanente destinado a futuras reocupações GNSS e ao apoio às atividades de aquisição de dados geoespaciais na Reserva. Nesse contexto, sua estruturação consistiu na: (i) definição da quantidade e dos locais de implantação dos marcos geodésicos; (ii) realização de observações GNSS estáticas sobre os referenciais geodésicos implantados; e (iii) determinação das coordenadas geodésicas por meio do processamento das observações utilizando o serviço PPP-IBGE.

(i) A definição dos locais de implantação dos referenciais geodésicos considerou critérios relacionados à qualidade das observações GNSS, incluindo ampla visibilidade do céu, reduzida interferência multicaminho, baixa obstrução física, estabilidade estrutural e possibilidade de futuras reocupações. Também foram considerados aspectos relacionados à geometria de visada entre os referenciais e plataformas aéreas operando na área de estudo, uma vez que a proximidade excessiva da vegetação arbórea pode ocasionar bloqueio parcial do sinal GNSS utilizado por RPA durante as campanhas de aquisição de dados. Com base nesses critérios e nas características da área monitorada, foi definida a implantação de dois marcos geodésicos.

Foram utilizados dois modelos distintos de materialização dos referenciais geodésicos. O primeiro modelo utilizou concretagem convencional diretamente no solo, visando elevada estabilidade estrutural para futuras reocupações GNSS. O segundo modelo foi desenvolvido utilizando estrutura pré-moldada em tubo PVC preenchido com concreto e marco metálico centralizado, buscando maior praticidade operacional em locais com restrições logísticas para concretagem convencional.

(ii) Para a fase de realização de observações GNSS estáticas foi utilizado receptor GNSS multifrequência *CHCNAV i73* operando sobre tripé com centragem

forçada, visando garantir estabilidade física da antena durante as sessões de rastreio. Durante as coletas foram observados parâmetros relacionados à geometria dos satélites, estabilidade da antena e visibilidade do horizonte.

O tempo de rastreio adotado nas sessões GNSS foi definido considerando as recomendações operacionais disponibilizadas pelo serviço PPP-IBGE para posicionamento estático de alta precisão (Tabela 1). De forma geral, maiores períodos de observação contribuem para redução de erros associados à geometria dos satélites, efeitos atmosféricos e instabilidades presentes nas observações GNSS, favorecendo a obtenção de soluções mais estáveis e precisas para determinação das coordenadas geodésicas. Entretanto, o tempo de observação e a taxa de amostragem também devem considerar limitações operacionais relacionadas ao volume máximo de dados aceitos pelo serviço de processamento, uma vez que sessões excessivamente longas associadas a altas frequências de registro podem gerar arquivos incompatíveis com os limites de submissão estabelecidos pelo PPP-IBGE.

Tabela 1. Relação entre tempo de rastreio GNSS estático e precisão esperada segundo recomendações operacionais do serviço PPP-IBGE. Fonte: Adaptado de IBGE-PPP.

Tipo de Receptor	Frequência	Precisão Planimétrica (m)	Precisão Altimétrica (m)
Uma frequência	Após 1 hora	0,700	0,600
Uma frequência	Após 2 horas	0,330	0,330
Uma frequência	Após 4 horas	0,170	0,220
Uma frequência	Após 6 horas	0,120	0,180
Duas frequências	Após 1 hora	0,040	0,040
Duas frequências	Após 2 horas	0,017	0,018
Duas frequências	Após 4 horas	0,009	0,010
Duas frequências	Após 6 horas	0,005	0,008

O receptor *GNSS CHCNAV i73* utilizado neste estudo enquadra-se na categoria de receptores multifrequência, sendo capaz de rastrear simultaneamente múltiplas frequências e diferentes constelações GNSS. Dessa forma, as sessões de rastreio realizadas apresentam compatibilidade com os parâmetros de precisão esperados para receptores de dupla frequência em levantamentos estáticos, favorecendo a obtenção de soluções geodésicas com precisão centimétrica.

(iii) Na etapa de processamento das observações GNSS, os dados brutos obtidos em campo foram convertidos para o formato RINEX (Receiver Independent Exchange Format), padrão amplamente utilizado para armazenamento e intercâmbio de dados GNSS, e posteriormente submetidos ao serviço online PPP-IBGE (Posicionamento por Ponto Preciso do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O processamento foi realizado em modo estático, utilizando órbitas finais e parâmetros relacionados ao modelo e altura da antena GNSS empregada nas campanhas de rastreio. A solução geodésica foi obtida a partir de observações multifrequência associadas a efemérides precisas, correções dos relógios dos satélites e modelos atmosféricos aplicados ao posicionamento. Ao final do processamento, o serviço disponibilizou relatórios contendo as coordenadas geodésicas estimadas para os referenciais geodésicos implantados no sistema SIRGAS2000, bem como as estimativas de precisão associadas às soluções obtidas.

A análise dos marcos geodésicos implantados considerou aspectos relacionados à estabilidade das soluções GNSS, compatibilidade posicional com o sistema SIRGAS2000, viabilidade operacional de implantação em ambiente urbano e potencial de aplicação em futuras campanhas de monitoramento ambiental multitemporal de dados geoespaciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, considerando os critérios de implantação adotados, bem como as limitações operacionais relacionadas à geometria de visada GNSS e à presença de cobertura vegetal arbórea na área de estudo, foram identificados os locais de implementação dos dois referenciais geodésicos (Figura 2). A distribuição dos marcos buscou ampliar a cobertura operacional da área R7, reduzindo potenciais obstruções de sinal durante levantamentos realizados com plataformas aéreas e sensores GNSS em campo.



Figura 2. Indicação das posições aproximadas dos dois marcos implementados. Base cartográfica: *Google Earth*. Fonte: Autor próprio.

Dois modelos distintos de marco geodésico foram implantados. O primeiro, denominado UNE-001 (Figura 3), foi estabelecido por meio da concretagem direta no local de implantação, utilizando uma cava com dimensões aproximadas de 40 cm × 40 cm × 40 cm (Figura 3). O processo demandou utilização de betoneira para preparo do concreto, além de transporte de cimento, areia, água e demais materiais necessários à estabilização do marco geodésico.

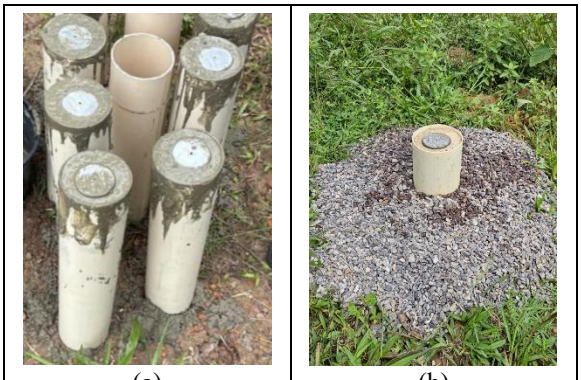


(a) (b) (c)

Figura 3. Implantação do marco UNE-001 por concretagem. a) Escavação da cava. b) Concretagem do marco. c) Estrutura final. Fonte: Autor próprio.

Embora esse modelo apresente elevada robustez estrutural e maior estabilidade física, sua implantação em ambientes urbanos apresenta limitações operacionais importantes. A necessidade de equipamentos de apoio, fornecimento de energia elétrica e manipulação de materiais de construção em espaços públicos urbanos torna o processo mais complexo, especialmente em locais com circulação contínua de pessoas e veículos.

Nesse contexto, o marco UNE-002 foi desenvolvido como alternativa operacional voltada à simplificação logística das implantações futuras. O modelo consistiu na utilização de um tubo de PVC de 100 mm com 50 cm de comprimento, preenchido com concreto e contendo um marco metálico centralizado em sua estrutura (Figura 4). A fixação do marco geodésico em campo foi realizada por meio do enterramento parcial da estrutura, proporcionando estabilidade física e permanência espacial adequadas às atividades de monitoramento ambiental propostas.



(a) (b)

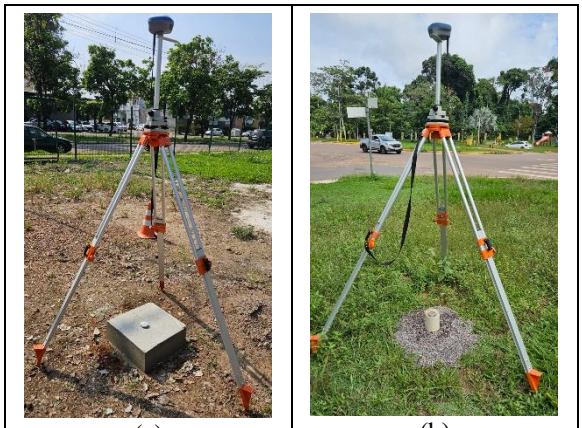
Figura 4. Marco geodésico UNE-002. a) Estruturas pré-moldadas em PVC. b) Marco implantado em campo. Fonte: Autor próprio.

A utilização do modelo UNE-002 demonstrou vantagens relacionadas à mobilidade, rapidez de implantação e redução da complexidade operacional em campo. A estrutura pré-moldada permite transporte mais simples, reduzindo a necessidade de equipamentos auxiliares e minimizando interferências no espaço urbano durante o processo de instalação.

A comparação entre os dois modelos evidencia que a materialização de referenciais geodésicos em ambientes urbanos envolve não apenas critérios de precisão e estabilidade, mas também aspectos operacionais relacionados à mobilidade, segurança, acessibilidade e viabilidade de implantação em campo. Dessa forma, a adoção de soluções estruturais adaptadas ao contexto urbano pode ampliar significativamente o potencial de expansão de redes geodésicas locais aplicadas ao monitoramento ambiental multitemporal.

Embora ambos os modelos tenham apresentado estabilidade posicional compatível com aplicações geoespaciais de alta precisão, a adoção de estruturas pré-moldadas pode representar alternativa particularmente relevante em projetos de monitoramento ambiental urbano que demandem rápida expansão da rede de referenciais ou implantação em áreas de difícil acesso operacional. As sessões de rastreio GNSS realizadas nos marcos UNE-001 e UNE-002 (Figura 5), apresentaram duração aproximada de 6 horas e 5 horas contínuas de observação, respectivamente, utilizando taxa de amostragem de 1 Hz (um registro por segundo).

As campanhas resultaram em aproximadamente 21.600 observações GNSS para o UNE-001 e cerca de 18.000 observações para o UNE-002. Esse elevado volume de observações contribuiu para ampliação da redundância observacional, redução de ruídos aleatórios e maior estabilidade das soluções geodésicas obtidas.



(a) (b)

Figura 5. Rastreamento GNSS estático realizado sobre os marcos geodésicos a) UNE-001 e b) UNE-002. Fonte: Autor próprio.

O cabeçalho do relatório emitido pelo serviço PPP-IBGE para o UNE-001 (Figura 6a), confirma o tempo de coleta de 6 horas e que foram utilizadas órbitas dos satélites na categoria "FINAL" (Figura 6a). O relatório também apresentou o resumo do processamento e as coordenadas finais determinadas para o marco, com destaque para os baixos valores de sigma associados às componentes planimétricas e altimétricas (Figura 6b), indicando elevada estabilidade da solução geodésica obtida para o marco geodésico implantado.

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2025/10/18 11:41:21,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2025/10/18 18:40:28,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CHCI73+ NONE
Órbitas dos satélites:[1]	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma[2] **da pseudodistância**(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena[3](m):	1,810
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	2,24 GPS 3,51 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,84 GPS 0,87 GLONASS

(a)

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada)[4]	-11° 51′ 07,1162″	-55° 30′ 51,7655″	365,35	8689383.433	661827.736	-57
Na data do levantamento[5]	-11° 51′ 07,1064″	-55° 30′ 51,7681″	365,35	8689383.734	661827.659	-57
Sigma(95%)[6] (m)	0,002	0,005	0,006			

(b)

Figura 6. (a) Sumário do Processamento do UNE-001; e (b) Coordenadas finais no Relatório no PPP-IBGE. Fonte: Autor próprio.

A Tabela 2 apresenta as coordenadas geodésicas finais definidas para o marco UNE-001 a partir do processamento das observações GNSS, correspondendo ao referencial geodésico adotado para futuras reocupações e atividades de monitoramento na área de estudo.

Tabela 2. Coordenadas definidas por PPP-IBGE para o UNE-001 em SIRGAS2000.

Parâmetro	Valor
Identificação	UNE-001
Latitude (gms)	-11° 51′ 07,1162″
Longitude (gms)	-55° 30′ 51,7655″
Alt. Geo. (m)	365,35
UTM N (m)	8689383.433
UTM E (m)	661827.736
ZONA	21S

O serviço PPP-IBGE disponibiliza um arquivo no formato .kml contendo a localização estimada do marco implantado, permitindo sua visualização ilustrativa em plataformas de geovisualização, como o *Google Earth* (Figura 7). Ressalta-se que eventuais deslocamentos visuais observados na imagem não comprometem a precisão das coordenadas geodésicas determinadas no processamento GNSS.



Figura 7. Coordenadas do UNE-001 plotadas sobre a base do *Google Earth*. Fonte: Autor próprio.

Os resultados contidos no Relatório do PPP-IBGE para o marco UNE-002 são apresentados na Figura 8a. As coordenadas associadas ao marco podem ser visualizadas na Figura 8b, bem como os sigmas alcançados.

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2026/03/03 12:11:42,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2026/03/03 17:13:57,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CHCI73+ NONE
Órbitas dos satélites:[1]	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma[2] **da pseudodistância**(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena[3](m):	1,690
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,19 GPS 3,42 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,83 GPS 1,00 GLONASS

(a)

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada)[4]	-11° 51′ 07,9608″	-55° 31′ 11,3294″	364,00	8689360.630	661235.509	-57
Na data do levantamento[5]	-11° 51′ 07,9509″	-55° 31′ 11,3321″	364,00	8689360.935	661235.429	-57
Sigma(95%)[6] (m)	0,001	0,004	0,006			

(b)

Figura 8. (a) Sumário do Processamento do UNE-002; e (b) Coordenadas finais do Relatório PPP-IBGE. Fonte: Autor próprio.

A Tabela 3 apresenta as coordenadas geodésicas finais definidas para o marco UNE-002.

Tabela 3. Coordenadas definidas por PPP-IBGE para o UNE-002 em SIRGAS2000.

Parâmetro	Valor
Identificação	UNE-002
Latitude (gms)	-11° 51′ 07,9608″
Longitude (gms)	-55° 31′ 11,3294″
Alt. Geo. (m)	364,00
UTM N (m)	8689360.630
UTM E (m)	661235.509
ZONA	21S

As coordenadas definidas para o marco UNE-002 também puderam ser espacializadas em ambiente de geovisualização por meio do arquivo .kml gerado no processamento (Figura 9).

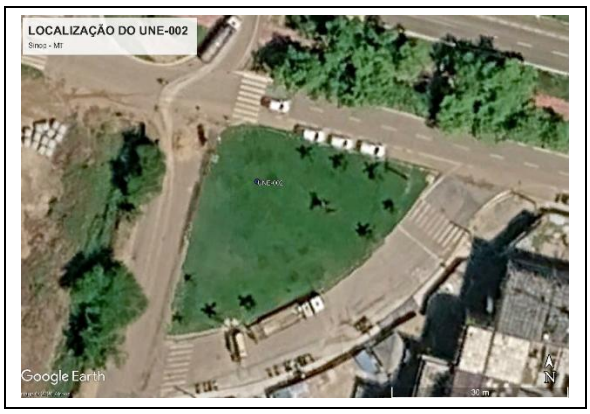


Figura 9. Coordenadas do UNE-002 plotadas sobre a base do *Google Earth*. Fonte: Autor próprio.

As sessões de rastreio GNSS realizadas sobre os marcos implantados seguiram recomendações operacionais aplicadas a levantamentos geodésicos estáticos de alta precisão, utilizando observações multifrequência e tempos de coleta compatíveis com as orientações do serviço PPP-IBGE. Os resultados obtidos apresentaram baixos valores de sigma para as componentes planimétricas e altimétricas, indicando estabilidade observacional adequada e consistência das soluções geodésicas determinadas para os referenciais geodésicos implantados.

A comparação entre os modelos avaliados evidenciou diferenças operacionais relevantes para aplicações em monitoramento ambiental urbano. Embora o modelo UNE-001 apresente maior robustez estrutural, o marco UNE-002 demonstrou maior praticidade operacional durante as atividades de campo, especialmente em função da simplificação logística associada ao transporte, fixação e implantação do marco. Após sua fixação em campo, o modelo apresentou características adequadas de estabilidade física e permanência espacial, demonstrando potencial de aplicação em futuras expansões da rede geodésica da área de estudo.

Os resultados obtidos indicam que a utilização do método estático associada ao processamento PPP constitui alternativa tecnicamente viável para estruturação de referenciais geodésicos aplicados ao monitoramento ambiental urbano, especialmente em áreas que demandem repetibilidade espacial entre campanhas de aquisição de dados geoespaciais para monitoramento ambiental multitemporal.

CONCLUSÃO

Os referenciais geodésicos implantados possuem caráter operacional e foram concebidos como infraestrutura geoespacial local de apoio ao monitoramento ambiental, não se caracterizando como marcos geodésicos homologados integrantes do Sistema Geodésico Brasileiro.

A estruturação da rede geodésica na Reserva R7 demonstrou a viabilidade da utilização de referenciais geodésicos permanentes como suporte às futuras atividades de monitoramento ambiental urbano. A utilização do rastreio GNSS estático associada ao processamento PPP possibilitou a definição de coordenadas compatíveis com o sistema SIRGAS2000, favorecendo a repetibilidade espacial entre campanhas de aquisição realizadas em diferentes períodos.

Os modelos implantados evidenciaram diferentes estratégias operacionais para materialização de referenciais geodésicos em ambientes urbanos, incluindo soluções com maior robustez estrutural e alternativas com maior praticidade logística para fixação em campo. Nesse contexto, a estrutura implantada apresenta potencial de aplicação em futuras atividades envolvendo integração espacial de dados obtidos por diferentes geotecnologias aplicadas ao monitoramento ambiental multitemporal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no âmbito do Edital nº 008/2025 – UNEMAT/PRPPG – Bolsas PIBIC/CNPq; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), por meio do Edital nº 010/2025 – UNEMAT/PRPPG – Bolsas PROBIC-GP e Edital FAPEMAT n.º 010/2025 - Doutorado com produto tecnológico (PRO.0002044/2025) pelo financiamento das bolsas. Os autores agradecem ainda ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), ao Laboratório de Informação Espacial (SpInLab) e ao Laboratório de Análise de Imagens Digitais (LAID) pelo suporte técnico, científico e estrutural fornecido. Por fim, agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) pelo apoio técnico-científico aportado ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA. Automação do processo de mudança de referencial geodésico e atualização de coordenadas no posicionamento de alta precisão. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 74, n. 1, p. 84-99, 2022.

DE FREITAS, Krisley Xavier Soares; DAL POZ, William Rodrigo; NASCIMENTO, Lécio Alves.

Avaliação do impacto da compatibilização de referencial das velocidades na redução de coordenadas no PPP. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 73, n. 1, p. 198-213, 2021.

HINSBY, Klaus et al. Mapping and understanding Earth: open access to digital geoscience data and knowledge supports societal needs and UN sustainable development goals. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Amsterdam, v. 130, p. 103835, 2024.

MACHADO, Milena Duarte et al. Estimating position, diameter at breast height, and total height of eucalyptus trees using portable laser scanning. Remote Sensing, Basel, v. 17, n. 16, p. 2904, 2025.

NASCIMENTO, Lécio Alves; DAL POZ, William Rodrigo; DE FREITAS, Krisley Xavier Soares. Avaliação dos novos parâmetros de transformação entre ITRF (IGS) e SIRGAS2000 no IBGE-PPP com análise de séries temporais. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 73, n. 2, p. 435-452, 2021.

NISHIWAKI, Adriana Aparecida Megumi et al. Uso do LiDAR na estimativa de atributos florestais: uma revisão. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 16, n. 1, p. 505-527, 2023.

SÁ, Jeferson Silva de; MOREIRA, Attus Pereira. Levantamentos geodésicos: posicionamento por ponto preciso (PPP) e transporte de pontos da rede geodésica do estado do Rio Grande do Sul – determinação da diferença linear nas coordenadas. Latin American Journal of Development, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 505-519, 2021.

STATELLA, Thiago; GONÇALVES, Patrícia Regina da Silva. Deslocamento das posições obtidas via PPP-IBGE causado por alterações nos parâmetros de transformação entre IGb08 e SIRGAS2000. Research, Society and Development, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 5, p. e34011527905, 2022.

WU, Yang et al. Estimation of diameter at breast height in tropical forests based on terrestrial laser scanning and shape diameter function. Sustainability, Basel, v. 16, n. 6, p. 2275, 2024.