NavVis

Distribuidor autorizado

Julho 2021

Mapeamento móvel interno e externo com precisão

Uma avaliação da qualidade dos dados do NavVis VLX em comparação com laser scanner terrestre, em ambientes internos e externos.

Introdução

À medida em que cresce o número de sistema de escaneamentos móvel no mercado, cresce também a necessidade de um padrão na indústria para que a precisão desses dispositivos possa ser avaliada em ambientes internos e externos. Esse documento, que descreve um método prático e confiável para avaliar a precisão do laser scanner móvel em ambientes internos e externos, faz parte de uma iniciativa da NavVis para estabelecer um método confiável de avaliação da precisão de sistemas móveis de escaneamento.

Você precisa de um sistema de escaneamento móvel?

O escaneamento a laser tornou possível a captura 3D de vários ambientes – mas o uso do método estático convencional pode ser lento e complicado, em que são necessárias numerosas posições de escaneamento para garantir que nenhum detalhe seja perdido. Portanto, o uso de scanner estático para documentar prédios e instalações industriais torna o fluxo de trabalho complexo e demorado.

Em contrapartida, os sistemas de escaneamento móvel são a próxima geração de ferramentas de levantamento aliados à capacidade de cobrir áreas grandes e complexas em pouco tempo. Mas enquanto as soluções de escaneamento móvel prometem uma captura de dados mais rápida e fácil, em muitos casos, a qualidade dos dados não era comparáveis com a dos scanners terrestres. Além disso, no mercado não existe padrão para avaliar a precisão dos equipamentos móveis.

Isso resulta em falta de confiança nas soluções móveis entre os profissionais que atuam com escaneamento e com AEC, que são responsáveis pela implantação desses dispositivos.

No passado, os produtos da NavVis era desenvolvidos com foco na operação em ambientes internos. A falta de padrão do mercado para aplicações de mapeamento móvel é o que abordaremos nesse documento. Com o lançamento do NavVIs VLX 2ª Geração, que inclui hardware e softwares otimizados para mapeamento externo, expande-se o escopo da nossa avaliação de precisão, que agora incluem o exterior de construções.

Os critérios de avaliação da precisão, descritos nesse documento são, portanto, destinados a fornecer aos profissionais que operam sistemas de escaneamento móveis um meio confiável para implantar essa ferramenta, em ambientes internos e externos.

Estudos de caso para sistemas de escaneamento móvel

Os estudos de caso a seguir o ajudará a decidir se existe a necessidade de aplicação dos sistemas móveis em seus projetos:

- Grandes propriedades industriais que demandam muito tempo para ser escaneada com scanners estáticos.
- Ambientes industriais, onde os acessos são extremamente restritos.
- Para checagem de construções, onde modelos BIM e nuvens de pontos são analisadas em softwares terceiros para conhecimento total antes de iniciar ou até mesmo durante a construção.
- Documentação As-built ou modelos e escaneamento para BIM/CAD.
- Locais públicos utilizados por muitas pessoas, onde não pode haver interrupções.
- Projetos com prazos pequenos em que o escaneamento deve ser concluído rapidamente ou apenas quando o local não estiver sendo usado.

**Avaliando a precisão de um sistema de mapeamento móvel-https://navv.is/accuracy*

Principais diferenças entre sistemas de escaneamento móveis e estáticos

Ao avaliar a precisão dos sistemas móveis, é importante considerar a diferença fundamental em como os dados são capturados. Scanners terrestres capturam dados a partir de uma única posição, enquanto sistemas móveis capturam dados continuamente em várias posições enquanto se movimentam pelo ambiente.
Portanto, quando nos referimos à precisão de um scanner terrestre, falamos sobre a precisão de dados medidos de uma única posição. Para a tomada de uma posição, as especificações do scanner terrestre referem-se a níveis de confiança associados ao desvio padrão, muitas vezes igual 1 sigma, correspondente a 68% de confiança e, às vezes 2 sigmas, que equivale a 95%. Um desvio padrão de 5 mm com nível de confiança de 1 sigma significa que 68% de todas as medições devem estar dentro de um intervalo com 5 mm de precisão.
Enquanto isso a precisão de mapeamento usando um sistema de escaneamento móvel é baseado em um grande número de medições tomadas continuamente. Esse caminhamento de escaneamentos densos é conhecido como trajetória de mapeamento.

Então, quão preciso é o dado capturado com o NavVis VLX em locais internos e externos?

Quando se trata de dispositivos de escaneamento móvel, a precisão absoluta depende da geometria do projeto, ou seja, não é possível nenhuma afirmação sobre esse ponto. Ao invés disso, analisamos a precisão em dois cenários diferentes, seguidos um levantamento e um exemplo de modelagem:

➢O primeiro cenário representa um típico ambiente interno: um escrirório com muitas salas pequenas, conectados por um corredor com algumas portas entre as salas, requerendo apenas pequenos circuitos fechados para minimizar o desvio.

➢O segundo cenário é um mapeamento externo de uma facada com 20,3 metros de altura e 30,3 de largura. A fahcada selecionada é parte de um quarteirão de casas com 400 metros de comprimento. Esse tipo de ambiente é o ideal para testes em locais externos

com sistema de mapeamento móvel, pois possui objetos artificiais facilmente identificáveis pelo NavVis VLX e circuitos fechados podem ser realizados atravessando a rua.
➢O escaneamento e a modelagem apresenta três andares complexos de um edifício residencial, incluindo o interior, a porta exterior e o jardim. Toda a propriedade foi capturada de forma rápida e simples, mostrando o potencial no fluxo de trabalho de de modelagem para o BIM.

Indicadores de precisão

A NavVis estabeleceu uma abordagem rigorosa para avaliar as precisões relativas (locais) e absolutas (globais) de um scanner móvel.*
Os critérios de avaliação estabelecidos baseiam-se em dois equipamentos padrão do mercado como referência de precisão: uma estação total e um laser scanner terrestre. Os equipamentos foram escolhidos com base na premissa de que, para avaliar a precisão de um sistema de escaneamento móvel, os dados de referência devem ter precisões melhores que os dados do teste. Para o propósito deste trabalho, vamos resumir brevemente o scanner terrestre como referência de precisão.

Métrica Global Nuvem-a-Nuvem baseada no Scanner Terrestre

A métrica mais significativa para comparar a precisão das leituras móvel e estática é aquela que detecta desvios na nuvem de pontos do móvel, comparando-a com uma nuvem de pontos do terrestre. Essa avaliação é conduzida realizando uma comparação completa entre as nuvens. Para calcular o desvio entre a nuvem de pontos do scanner terrestre com a nuvem do NavVis, usamos os pontos e suas normais para obter uma estimativa imparcial da distância entre as duas superfícies escaneadas. Para contabilizar condições que alteram o ambiente, como carro ou móveis presentes em apenas um dos escaneamentos, incluímos desvios de até 50 mm na análise. Os testes descritos neste documento compararam ambas as nuvens como um todo.
Como esse tipo de comparação é totalmente automatizado, pode ser baseado em alguns milhões de pontos medidos. Essa abordagem, portanto, fornece informações mais abrangentes sobre a precisão absoluta.

**Avaliando a precisão de um sistema de mapeamento móvel - https://navv.is/accuracy*

Duas formas para aumentar a precisão com sistema de escaneamento móvel

Escaneamento móvel é propenso a acumular erros na medição ao longo do caminhamento (ou trajetória de mapeamento).

Essas duas maneiras para reduzir esse erro quando usado os equipamentos NavVis:

1. Formando “circuitos fechados”: voltando a um ponto onde o operador já esteve antes durante o escaneamento, pode minimizar o erro. Nesses casos, o programa de escaneamento da NavVis reconhece os pontos sobrepostos na trajetória e os usa para minimizar o erro de desvio.

2. Usando ‘pontos de controle”: pontos de controle são alvos no escaneamento que já foram medidos com alta precisão (usando estação total, por exemplo). Eles podem ser usados como pontos fixos para minimizar os erros de desvio com o programa de escaneamento da NavVis.

O NavVis M6 e o NavVis VLX permitem a captura das coordenadas dos pontos de controle durante a sessão de escaneamento. O NavVis M6 pode ser usado com pontos de contole no solo, enquanto o NavVis é compatível com pontos de controle no solo e nas paredes.

A princípio, são três opções disponíveis:

1. Sem pontos de controle: nessa opção o resultado é uma nuvem de pontos está em um sistema de coordenadas arbitrario.

2. Pontos de controle para (geo)registro: nessa opção, pelo menos 3 pontos podem ser usados por escaneamento para permitir o registro da nuvem de pontos em um sistema de coordenadas cartesiano local ou global.

3. Otimização baseada em pontos de controle: nessa opção, os pontos de controle são usados para registrar a nuvem de pontos e para melhorar sua precisão absoluta. A melhora na precisão é alcançada adicionando na trajetória de mapeamento os pontos de controle como pontos obrigatórios de passagem.

Nos cenários a seguir, abordaremos todas as três abordagens.

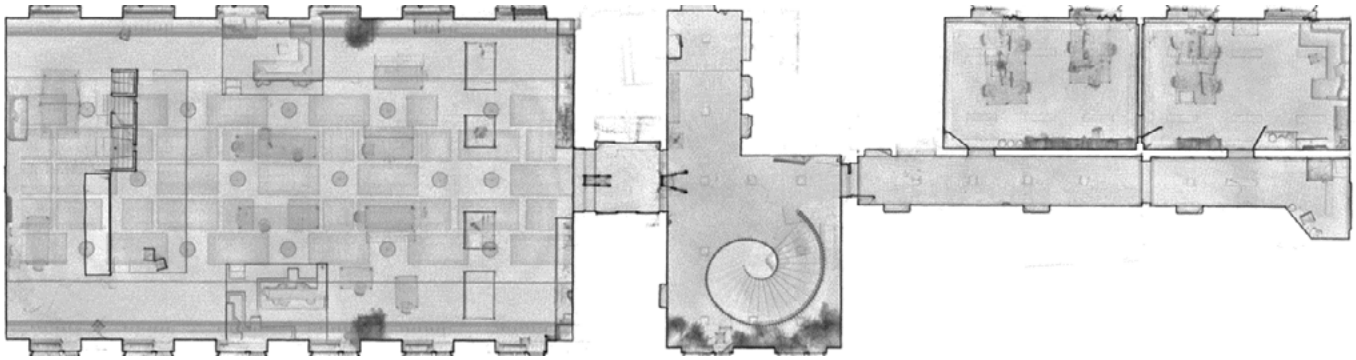
Cenário 1: Escritório de tamanho médio

Nuvem de pontos do escritório escaneado no teste (teto removido apenas para ilustração)

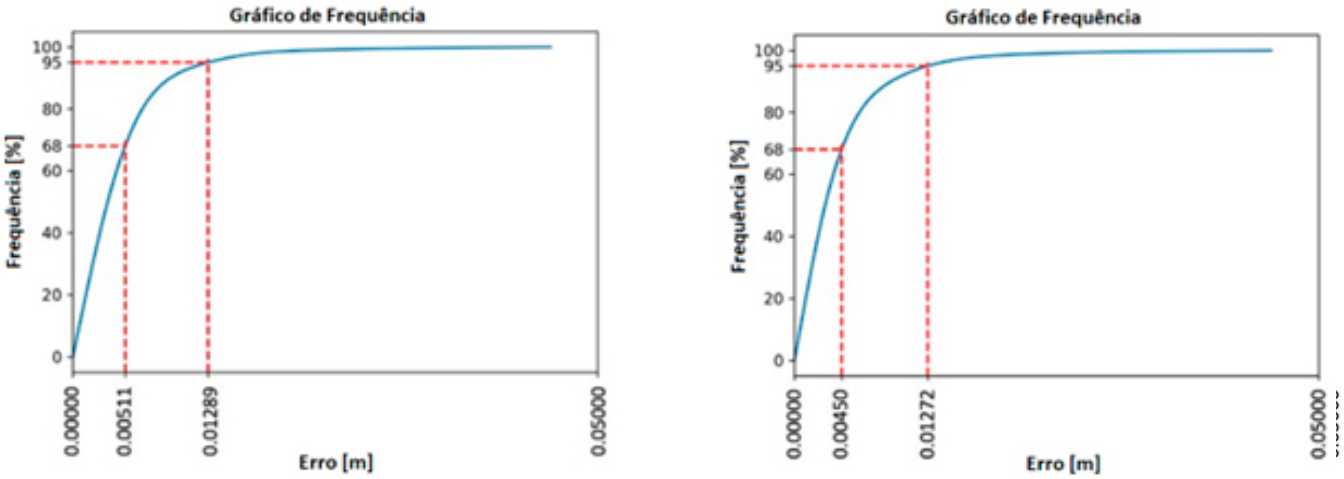
Esse cenário representa o layout típico de um escritório ou projetos residenciais – pequenas salas alinhadas pelo corredor e conectadas com algumas portas adicionais. O tamanho desse projeto é aproximadamente 500 metros quadrados e foi escaneado em 20 minutos, incluindo o levantamento de seis pontos de controle e diversos fechamentos de trajetória. O escaneamento inclui imagens panorâmicas a cada 1 ou 2 metros, isso contribui para aumenta o realismo colorindo os pontos da nuvem (veja imagem abaixo).

Os dados do NavVis foram processados duas vezes:
a) usando pontos de controle somente para o registro, sem pontos de controle usados para otimização, e
b) usando os pontos de controle para otimizar a geometria da nuvem de pontos e para registrar.

Para checagem, uma outra empresa foi contratada para escanear o escriório com um scanner terrestre preciso. Para ambos os modelos (a e b) realizou-se uma comparação nuvem-a-nuvem completa usando uma ferramenta interna. Abaixo os gráficos de distribuição cumulativa dos desvios entre a nuvem de pontos do scanner terreste e a nuvem de pontos do NavVis VLX são mostradas em dois gráficos.



Seção horizontal através do ambiente do escritório



Cumulative distribution of deviations resulting from the global cloud-to-cloud comparison: a) point cloud without CP-based optimization (left), b) point cloud with CP-based optimization (right)

Precisão Absoluta Nuvem-a-Nuvem Global	a) Nuvem de Pontos sem Pontos de Controle com otimização baseada	b) Nuvem de pontos com pontos de controle baseados em otimização
68% das medições estão abaixo de	5,1 mm	4,5 mm
95% das medições estão abaixo de	12,9 mm	12,7 mm

A partir dessa evidência, podemos constatar que a precisão absoluta para o modelo de teste a), que representa a nuvem de pontos sem pontos de controle baseados em otimização, é 5,1 mm com 68% de confiança e 12,9 mm com 95% de confiança. Para o modelo de teste b), que representa a nuvem de pontos com geometria otimizado computacionalmente, a precisão absoluta é 4,5 mm com 68% de confiança e 12,7 mm com 95% de confiança.

O modelo a) é particularmente interessante porque representa a precisão que pode ser alcançada quando pontos de controle não são usados. Nesse modelo de teste concreto, pontos de controle foram usados apenas para registro, e não para otimização da nuvem de pontos. Algo a se destacar é que a precisão absoluta para o modelo a) é apenas 0,6 mm maior que o valor da precisão absoluta para o modelo b). Portanto, representa a precisão que pode ser alcançada sem o uso de pontos de controle nesse tipo de ambiente. A pequena diferença representa a capacidade do algoritmo do NavVis SLAM em ambientes internos, que permite alta precisão de edificações sem o levantamento de pontos de controle.

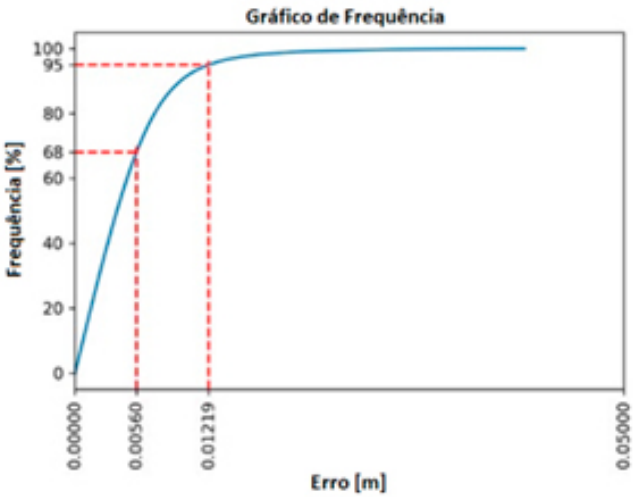
Ainda assim, o uso de pontos de controle depende do ambiente que será mapeado. Não é possível afirmar que todos os escaneamentos de locais internos sem pontos de controle terão uma precisão tão boa. Além disso, para o alinhamento de vários conjuntos de dados e o georreferenciamento, ainda é necessária a instalação e medição dos pontos de controle.

Cenário 2: Escaneamento de fachada com 20 m de altura

Esse cenário representa uma fachada selecionada que foi parte do escaneamento de uma rua residencial. A Fachada possui extensão do 31,3 m (largura) por 20.3 m (altura), resultando em 635 metros quadrados de área em um ambiente urbano externo.

Para fins de comparação absoluta, foi realizada um escaneamento de alta resolução com um scanner terrestre de alta precisão. A área entre 0 e 1,55 metros foi desconsiderada da análise em ambas a nuvens para remover a oclusão criada por carros estacionados. Para o cenário de teste e) realizamos ua comparação completa entre as nuvens usando uma ferramenta interna. Abaixo é mostrada distribuição cumulativo do desvio entre a nuvem de pontos do scanner terrestre e a nuvem de pontos do NavVis VLX.

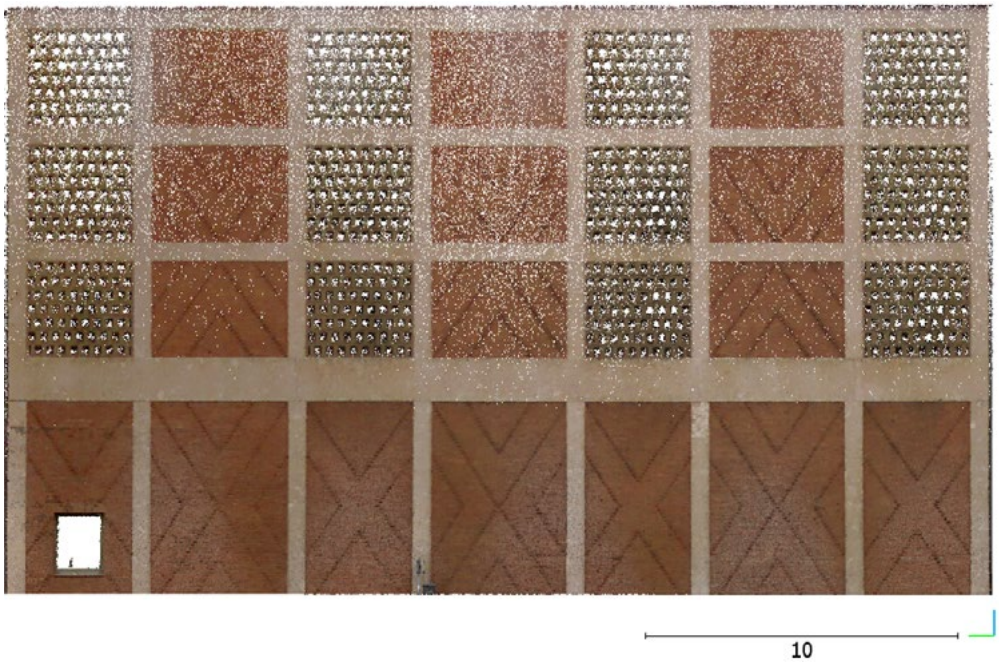
A partir dessas evidências, pode-se afirmar que para o cenário de testes e) 68% dos pontos estão dentro do desvio de 5,6 mm e 95% dos pontos estão dentro de um desvio de 12,2 mm. O exemplo prova que ambientes urbanos são viáveis para a captura de dados rápida e presica usando o NavVis VLX, mesmo que contenham ruas estreitas e fachadas altas.



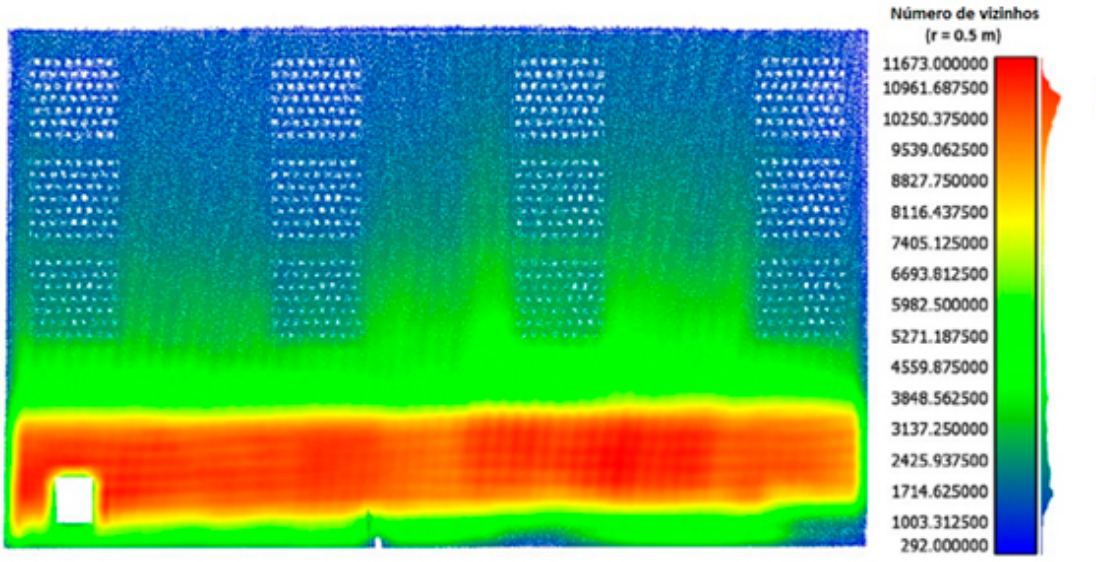
Distribuição cumulativa dos desvios resultando de uma comparação global nuvem-a-nuvem.

Precisão Absoluta	e) Comparação Global Nuvem-a-Nuvem
68% das medições estão abaixo de 5,6 mm	
95% das medições estão abaixo de 12,2 mm	

Nuvem de pontos de escaneamento do ambiente urbano (vista frontal)



Impressão visual da nuvem de pontos no NavVis VLX

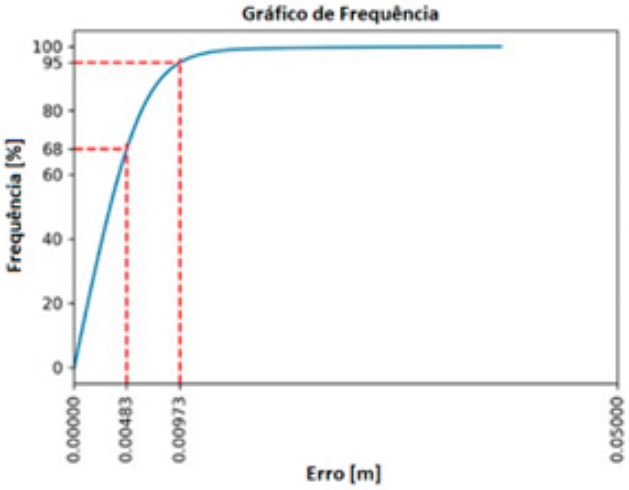


Densidade da nuvem de pontos do NavVis VLX, representada pelo número de pontos vizinhos em um raio de 50 cm.

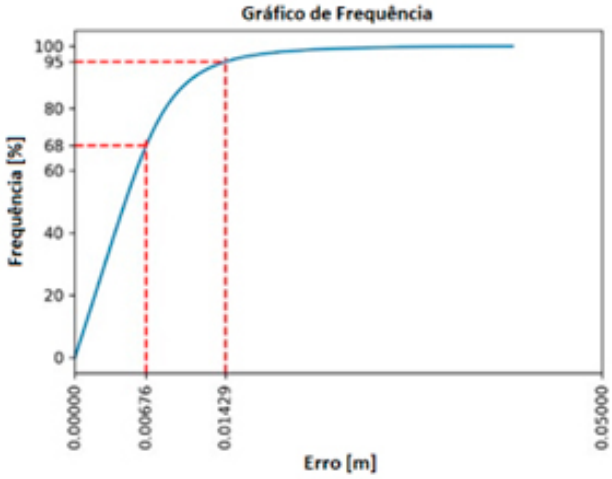
Para análises profundas, dividimos a fachada em três partes iguais de acordo com a altura para analisar se a precisão mudo com o aumento da distância entre o dispositivo e o objeto. Conforme mostrado nos gráficos abaixo, os resultados confirmam a suposição de que, quanto maior a distância entre o scanner e o objeto, menor é a precisão das medições. Ainda assim, como mostra o gráfico à direita, mesmo em áreas mais altas é possível afirmar que 68% de todas as medições estão abaixo de 7,5 mm e 95% de todas as medições estão abaixo de 16,9 mm.

Além disso, mostramos a densidade de pontos para a fachada mais alta, processada com uma resolução de 5 mm. Como mostrado na figura abaixo, a densidade de pontos diminui com o aumento da distância entre o NavVis VLX e a área de interesse. Isso resulta na densidade de pontos que aumenta para 12 mm em média,

conforme colorido em verde. A área representada pela coloração mista entre verde e azul (10 a 15 metros de altura) mostra distância entre pontos de 18 mm. A parte mais alta do objeto (15 a 20 metros) é representada por uma densidade onde os pontos possuem 21 mm em média entre os pontos.
Essa análise leva à conclusão de que as fachadas mostradas nesse exemplo podem ser modeladas no LOD200 com base nos dados do NavVis VLX. Um caso de uso prático pode ser o cálculo da eficiência energética de edifícios com base na proporção de abertura das fachadas.

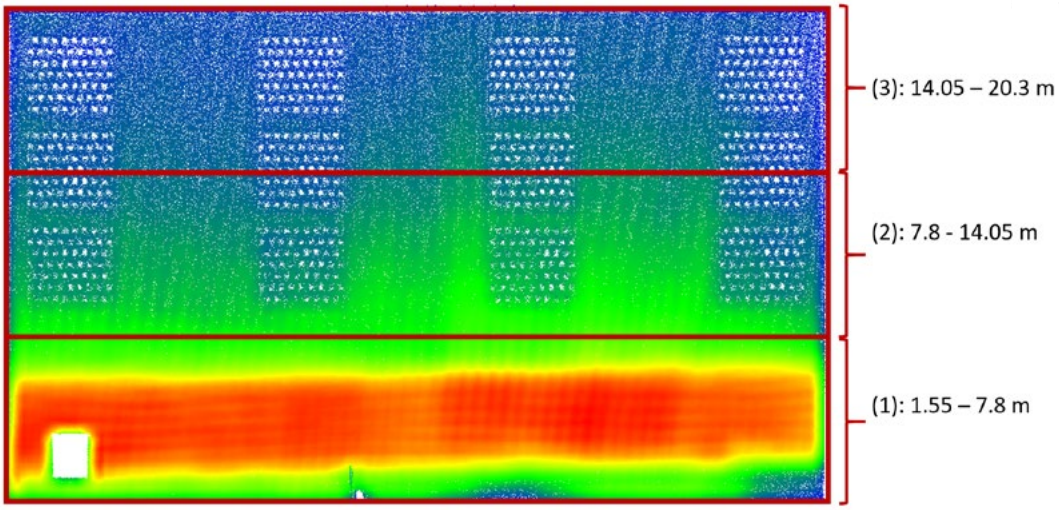


Precisão absoluta em três alturas	1.55 – 7.8 m
68% das medições abaixo de	4,8 mm
95% das medições abaixo de	4,8 mm

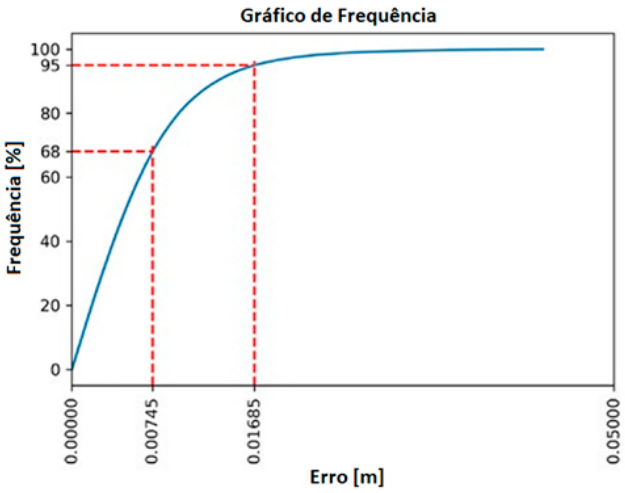


Precisão absoluta em três alturas	7,8 - 14,05 mm
68% das medições abaixo de	6,8 mm
95% das medições abaixo de	14,3 mm

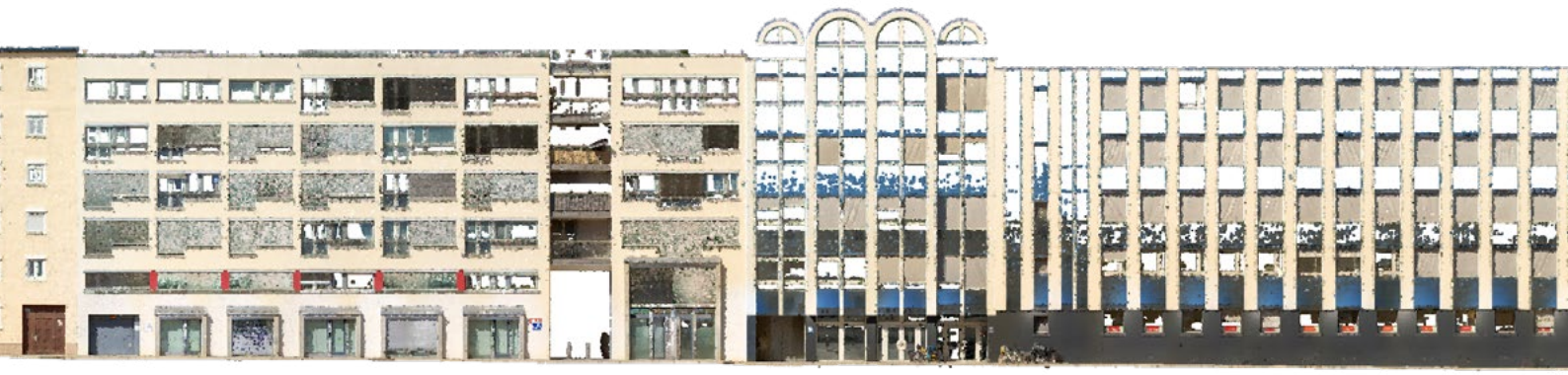
Nuvem de pontos de ambiente urbano escaneado (vista frontal)



Subdivisão da fachada para análise detalhada de três alturas diferentes



Precisão absoluta em três alturas	14.05 - 20.3 m
68% das medições abaixo de	7,5 mm
95% das medições abaixo de	16,9 mm



Mapeamento e modelagem de uma grande residência

Esse exemplo mostra uma construção residencial de 3 andares, incluindo a área interna de aproximadamente 250 metros quadrados, e jardim com área de aproximadamente 400 metros quadrados. O projeto foi escaneado em uma única sessão de 30 minutos, de dentro para fora, sem a captura de pontos de controle. Internamente, imagens panorâmicas foram capturadas a cada 2 minutos, enquanto as distâncias entre as capturas eram de 5 metros durante a captura. Demonstramos a simplicidade e velocidade do fluxo de trabalho do escaneamento para BIM até a captura para as-built para a modelagem BIM.

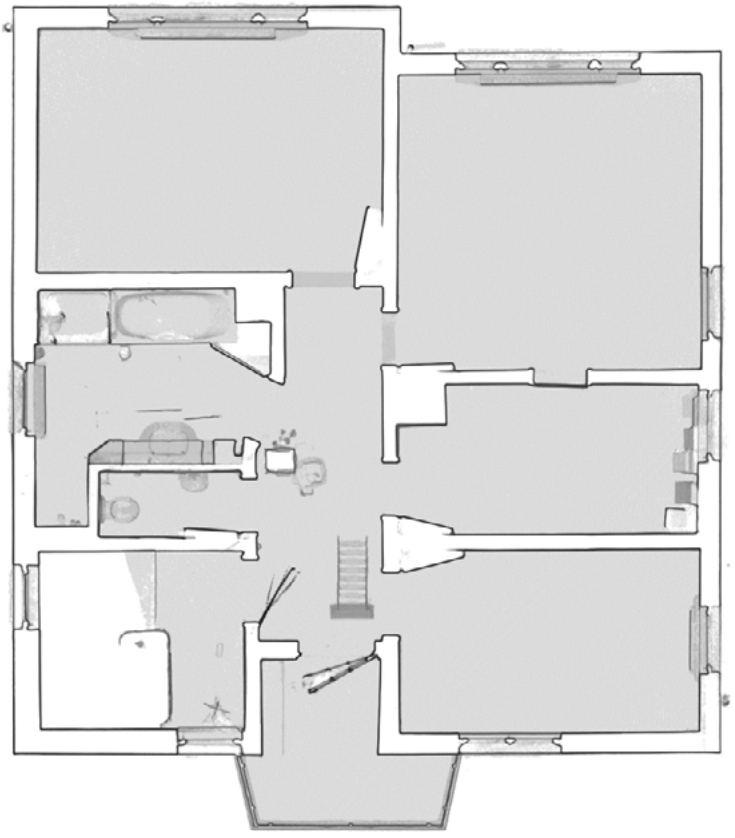
O exemplo mostra quão rápido e fácil é o mapeamento de uma grande residência (incluindo a área do jardim), resultando em um conjunto de dados completos com informações de cores.

O algoritmo do NavVis SLAM é robusto o suficiente para facilitar a conexão entre os 3 andares do interior da casa e a área aberta ao redor da casa. A nuvem de pontos permite a criação de modelos BIM no LOD300 em softwares de terceiros. As imagens panorâmicas também ajudam no processo de modelagem rápido e detalhado. Além disso, a criação da planta 2D pode ser obtido em softwares terceiros com base em nuvem de pontos nítidas.

Renderização do Modelo BIM

Sobreposição entre as nuvens de pontos e modelo BIM

Seção vertical da residência



Seção horizontal da residência

Conclusão

Os resultados concretos dos dois cenários fornecem uma boa base para profissionais que atuam com escaneamento a decidir se o NavVis é adequado para projeto internos e externos com precisões específicas e decidir a necessidade ou não de pontos de controle que devem ser usados.

Principais conclusões

- Para ambientes internos comparáveis a um escritório de médio porte mostrado no primeiro cenário, o uso de pontos de controle é de pouca importância para a precisão, desde que sejam realizados fechamentos durante o mapeamento.
- O mapeamento de ambientes externos urbanos e fachada de edifícios funciona bem, em casos de uso comparáveis ao segundo cenário.
- Para uma fachada de 20,3 metros de altura, obtivemos uma precisão geral de 5,6 mm e uma precisão de 7,5 mm nas regiões superiores acima de 12,5 mm com 68% de confiança.

Se a entrega exigir documentação CAD ou BIM executada para construção ou reforma, o NavVis é o dispositivo perfeito para a maioria dos espaços internos, mesmo sem o uso de pontos de controle. Em projetos externos onde não é possível obter fechamentos, os pontos de controle são recomendados para otimização global e, adicionalmente, podem ser usados para registro de diversas varreduras.

Se a entrega requisitada for levantamento para as-built com um nível de precisão LOA30, o NavVis VLX junto com a estação total para medir pontos de controle é muito adequado para a maioria dos casos internos e externos onde estruturas ou objetos adequados são visíveis. Não podemos garantir um mapeamento preciso em florestas, cavernas, túneis ou ambientes onde não existam objetos identificáveis em um raio de 60 metros.

No futuro, continuaremos a conduzir levantamentos em outros ambientes de construções e, a longo prazo, ampliaremos o escopo dessa avaliação de precisão para cenários desafiadores, como florestas, parques e áreas abertas com menos estruturas artificiais. Além disso, agradecemos os comentários e quaisquer sugestões sobre como estender e padronizar a avaliação de sistema de mapeamento móvel.

Sobre a NavVis

Fazendo a ponte entre o mundo físico e o digital, o NavVis permite que prestadores de serviço e empresas capturem e compartilhem o ambiente construído como gêmeos digitais fotorrealistas. Nossos sistemas de mapeamento móvel baseados em SLAM geram dados de alta qualidade com precisão de nível de levantamentos em grande escala e velocidade. E com nossas soluções, os usuários estarão preparados para tomar as melhores decisões operacionais, aumentar a produtividade, simplificar processos e melhorar a lucratividade.

Com sede em Munique, na Alemanha, com escritórios em Nova Iorque e Xangai, a NavVis possui clientes em todo o mundo nas indústrias de levantamento, AEC e manufatura.

Glossário de termos

BIM significa Building Information Modeling (Modelagem de Informações de Construção), a metodologia de criação de um modelo 3D inteligente que oferece uma visão holística de uma construção para permitir a colaboração de todas as partes interessadas. Ela permite que uma única parte interessada tome decisões em vários estágios do ciclo de vida da construção e atualize o modelo central para que outras partes interessadas tenham sempre informações atualizadas.

CAD significa Computer-Aided Design (Projeto Auxilaido por Computador), o uso de computadores para a criação, modificação, análise, ou otimização de um projeto. O software CAD pode ser usado para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade do proeto, melhorar as comunicações por meio de documentações, e criar e compartilhar banco de dados.

LOA significa Level of Acuracy (Nível de Precisão), é o intervalo de tolerância aceitável para medições de construções coletadas durante o processo de captura – assim como o intervalo de tolerância de como as medições serão representadas no modelo

NavVis possui o sistema de mapeamento móvel mais preciso do mercado. Usado junto ao NavVis IVION, usuários de laser scanner e indústrias AEC têm a solução completa de captura da realidade.

LOD significa Level of Detail (Nível de Detalhe), a profundidade de informação incluída no modelo.

Scan-para-BIM é o processo usando laser scanner para capturar informações dimensionais de uma construção existente ou uma localização, e então usando essa informação para criar o BIM.

SLAM significa Simultaneos Localization and Mapping (Localização e Mapeamento Simultâneos), um algoritmo que une dados de sensores internos do sistema de mapeamento para determinar a trajetória e, ao mesmo tempo, se move pelo ambiente. Esse cálculo é realizado um grande número de vezes a cada segundo.

NavVis

Distribuidor autorizado

navvis.com/reality-capture
linkedin.com/company/navvis
youtube.com/navvis-tech

Possibilitamos que prestadores de serviços e empresas a capturar e compartilhar ambientes construídos como gêmeos digitais foto realistas.

USESCRITÓRIO NORTE AMERICANO
Nova Iorque

ESCRITÓRIO GLOBAL
Munique

ESCRITÓRIO CHINÊS
Xangai

Versão 1.0 | Julho 2021