



TEMA DO MÊS
Julho 2026

**Limpeza autônoma:
os robôs têm limites**



Os robôs de limpeza atuais conseguem mapear divisões, detetar objetos e limpar minuciosamente todas as áreas. Mas quais são as suas limitações? E como é que os fabricantes estão a lidar com elas? A ECJ traz-nos esta reportagem.

AS MÁQUINAS DE LIMPEZA ROBÓTICAS mudaram drasticamente desde que chegaram ao mercado. Quando as máquinas autónomas surgiram na década de 1990, eram conhecidas por ficarem presas nos cantos, colidirem com objetos e não limparem bem as bordas.

No entanto, segundo Alina Seitter, gestora de produtos de robótica da Kärcher, os robôs modernos superaram em grande parte as suas limitações iniciais. “A evasão básica de obstáculos era outrora um desafio, mas os modelos profissionais atuais conseguem funcionar de forma fiável mesmo em ambientes de tráfego intenso, como supermercados e lojas de bricolage, sem interrupções frequentes”, afirmou.



“Sensores de alta qualidade são fundamentais para evitar colisões e lidar com becos sem saída. Os nossos robôs utilizam scanners a laser LiDAR e câmaras 3D para lhes proporcionar uma visão de 360 graus, permitindo-lhes antecipar obstáculos e becos sem saída e planear os seus percursos em conformidade.”



O mercado tem sido impulsionado pela escassez de mão-de-obra e pela procura de uma maior qualidade de limpeza, afirma ela. “O foco mudou para robôs que são fáceis de configurar e que conseguem lidar com uma grande variedade de ambientes, desde armazéns logísticos a instalações de cuidados de saúde”, disse Seitter.



As máquinas atuais oferecem elevados níveis de autonomia e integração com o edifício. «Por exemplo, as estações de acoplamento permitem que os robôs esvaziem automaticamente a água suja, enxaguem o seu depósito, reabasteçam com água limpa e carreguem as suas próprias baterias de íons de lítio», afirmou ela. “Os nossos robôs também podem interagir com o próprio edifício — por exemplo, acionando de forma autónoma a abertura de portões enroláveis de alta velocidade. Além disso, o mapeamento moderno é rápido, o que significa que os robôs conseguem calcular autonomamente o percurso mais eficiente depois de um utilizador ter guiado manualmente a máquina uma vez para capturar a planta do edifício.”

O setor está a evoluir para um modelo “cobótico”, em que humanos e máquinas trabalham em conjunto, afirmou ela. “Os robôs assumem as tarefas monótonas e

demoradas de limpeza de pavimentos, o que permite que o pessoal qualificado se concentre em tarefas de maior valor acrescentado”, explicou. “Isto aumenta a produtividade global e ajuda a dar resposta à atual escassez global de pessoal.”

Peter Jones, especialista em robótica da Robert Scott, concorda que os primeiros robôs de limpeza tinham frequentemente dificuldades com a navegação. “A tecnologia limitada dos sensores fazia com que situações como colisões com objetos, ficar preso em espaços apertados e não conseguir limpar bordas e cantos fossem bastante comuns”, afirmou.



Evolução significativa

“Embora alguns modelos básicos ou mais antigos possam ainda enfrentar estes desafios, a maioria dos robôs de limpeza comerciais modernos evoluiu significativamente.”

As máquinas atuais utilizam navegação avançada e múltiplos sensores para mapear o ambiente e reconhecer obstáculos, afirmou ele. “Conseguem, assim, ajustar dinamicamente o seu percurso de limpeza. Como resultado, problemas como ficarem encravados ou deixarem repetidamente áreas por limpar são muito menos comuns.”

As melhorias mais significativas ocorreram graças aos avanços na tecnologia de sensores, na capacidade de mapeamento e na inteligência do software, segundo Jones. “Muitos robôs modernos combinam tecnologias como o LiDAR 3D, câmaras RGBD e sensores ultrassônicos para criar um mapa detalhado do que os rodeia”, afirmou. “Isto permite-lhes planejar percursos de limpeza eficientes, evitar obstáculos e operar em segurança em ambientes movimentados.”

“Além disso, o aumento da capacidade de computação dos robôs atuais melhorou a sua capacidade de resolução de problemas, permitindo-lhes recalcular os percursos de limpeza quando confrontados com obstáculos, para concluírem eficazmente as suas tarefas.”





Os robôs Robert Scott combinam navegação inteligente, carregamento e reabastecimento automatizados, além de ferramentas de gestão remota.

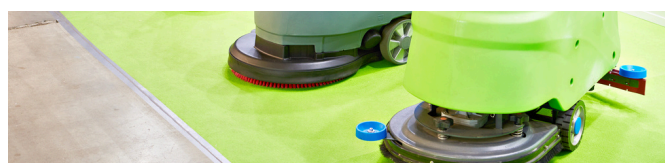
Problemas como ficar preso nos cantos, colidir com objetos e não conseguir limpar até às bordas das divisões eram limitações reais dos primeiros robôs, admite Andy Zhou, diretor de marketing da Keenon.

“Estes problemas ainda podem ocorrer com sistemas menos avançados, especialmente em ambientes desorganizados ou em constante mudança”, afirmou. «Os cantos e as bordas sempre foram um problema, porque os robôs precisam de equilibrar a precisão da limpeza com a segurança operacional.”

Sensores melhorados, navegação mais robusta e algoritmos de IA mais inteligentes tornaram os robôs atuais mais capazes de compreender o ambiente que os rodeia e de se adaptarem em tempo real, afirma Zhou. “Os utilizadores comerciais já não se contentam com um robô que se limite a limpar um percurso fixo — querem máquinas que funcionem de forma mais inteligente, que exijam menos intervenção manual e que consigam resolver verdadeiros pontos críticos operacionais.”

A separação entre resíduos secos e líquidos tem sido um grande avanço na robótica, segundo Zhou. “Quando detritos secos e

resíduos líquidos são recolhidos em conjunto, o depósito pode desenvolver um odor desagradável e tornar-se mais difícil de limpar”, explicou. “Resolvemos esta questão com a introdução de um sistema de separação de resíduos secos e líquidos com três rolos, que mantém os fluxos de resíduos secos e líquidos separados, ao mesmo tempo que integra a varredura, a esfregadura e a secagem rápida num único fluxo de trabalho.”



Outro avanço importante tem sido a estação de autolimpeza, acrescenta ele. “No passado, assim que o robô terminava a limpeza, era necessário que uma pessoa esvaziasse a água residual, eliminasse os detritos e limpasse a máquina. Os robôs atuais conseguem regressar automaticamente à sua estação de autolimpeza e realizar essas tarefas por conta própria.”

Um dos principais desenvolvimentos da Keenon é a “AI Patrol Inspection”. “Ao combinar a fusão multissensorial com algoritmos de IA, o robô ganha a capacidade de identificar ativamente a sujidade, em vez de se limitar a seguir um percurso pré-definido”, afirmou.

“Os robôs tradicionais costumam percorrer percursos planeados e não alteram o seu comportamento quando as condições mudam. A AI Patrol Inspection permite que o robô reconheça detritos comuns, como derrames de café, água estagnada ou lenços de papel, para depois mudar automaticamente para o modo de limpeza adequado e calcular o percurso de resposta mais curto.”



Profundamente integrada

Ele acredita que os robôs do futuro provavelmente se tornarão mais adaptáveis, mais autônomos e mais profundamente integrados em sistemas de serviços mais abrangentes. “Não só irão limpar de forma mais inteligente, como também se coordenarão de forma mais eficaz com plataformas digitais, sistemas de gestão e outros robôs, criando um ecossistema operacional muito mais inteligente”, afirmou.

Os problemas associados aos primeiros robôs de limpeza estavam normalmente ligados a sistemas de deteção simplificados, limitações no design da limpeza de bordas e algoritmos de navegação menos avançados do que os atuais, afirma Chris Chao, gestor global de marketing de produto da BIB Robotics.

“O risco de colisão é agora reduzido através de um sistema de fusão multissensor que combina LiDAR duplo e câmaras TOF duplas, apoiado por um sistema de evasão semântica de obstáculos baseado em IA”, afirmou. “Isto permite uma perceção ambiental completa de 360 graus e um planeamento adaptativo do percurso em espaços dinâmicos.”

Para a cobertura de bordas e cantos, algoritmos de limpeza dedicados, combinados com os modos de



acompanhamento de paredes e de cantos em ângulo reto, melhoram o alcance nas áreas limítrofes, acrescenta. “A nossa série J de robôs de limpeza comerciais foi desenvolvida para dar resposta a esses desafios de longa data do setor.”

Os primeiros robôs dependiam de sensores de colisão simples e utilizavam padrões de navegação aleatórios, afirma Nils Rottmann, gestor de projetos de tecnologia de limpeza da Hako. “Tinham dificuldades em ambientes altamente dinâmicos e enfrentavam problemas com obstáculos em movimento, superfícies de vidro e disposições complexas”, explicou. “Os robôs comerciais modernos utilizam sistemas de sensores multicamadas, juntamente com métodos precisos de mapeamento e navegação. Ainda existem alguns casos em que é necessária a interação do utilizador, embora a frequência desses eventos tenha diminuído consideravelmente.”

Os sistemas modernos detetam o ambiente circundante com precisão, utilizando scanners a laser, câmaras e sensores ultrassónicos ou ToF, afirmou. “Isto permite-lhes identificar obstáculos numa fase inicial e ajustar o seu percurso em conformidade”, diz Rottmann. “Em seguida, criam um mapa digital da área e planeiam as suas trajetórias de forma sistemática, em vez de se deslocarem aleatoriamente pelo espaço.”

As escovas e as unidades de trabalho das máquinas atuais estão posicionadas de forma a alcançar as áreas dos bordos com maior eficácia e a reduzir o número de “zonas mortas”, acrescenta ele. “Em geral, esta combinação de deteção ambiental melhorada, navegação inteligente e tecnologia de limpeza otimizada significa que as colisões, os becos sem saída e as bordos não limpos são agora muito menos comuns.”

O desenvolvimento ganhou um impulso significativo nos últimos cinco a sete anos, segundo Rottmann. “Os fabricantes estão a investir fortemente no desenvolvimento dos seus sistemas devido às pressões de custos na gestão de instalações e a uma crescente escassez de mão-de-obra qualificada”, afirmou. “Para além da navegação, o foco principal hoje em dia está no software, na conectividade e na gestão de frotas. Os clientes esperam não só uma limpeza autónoma, mas também processos transparentes, dados operacionais disponíveis e melhorias mensuráveis na eficiência.”

As mais recentes capacidades dos robôs incluem acoplamento e carregamento autónomos; enchimento e esvaziamento automáticos e mapeamento preciso e específico do local, afirmou. “Existem sistemas com “pernas” para subir escadas em ambientes de investigação, mas, atualmente, não são economicamente

nem tecnicamente relevantes para a limpeza comercial de pavimentos.”

Ajuste inteligente

Os fabricantes estão continuamente a trabalhar para tornar os robôs ainda mais capazes, acrescenta ele. “Isto inclui a criação de melhores sistemas de deteção ambiental, o ajuste inteligente das rotas de condução e limpeza, uma orientação mais precisa ao longo das bordas e o controlo de qualidade automatizado”, afirmou. “Além disso, uma integração mais forte com os sistemas de gestão de edifícios tornará os processos mais eficientes.”

Então, há alguma coisa que um robô ainda não consiga fazer?

Os ambientes estreitos e altamente complexos continuam a ser um desafio para os robôs, afirma Rottmann. “Eles também têm dificuldades ao realizar tarefas detalhadas, como limpar ao longo dos rodapés ou debaixo de elementos fixos baixos”, disse ele. “E não conseguem reagir com a mesma flexibilidade que um ser humano a situações inesperadas, como um derrame de líquido de grandes dimensões.”

Ambientes que sofreram alterações significativas necessitam frequentemente de um novo mapeamento antes de o robô poder voltar a funcionar de forma ideal,





acrescenta. “Na prática, uma abordagem combinada funciona bem: o robô lida com grandes áreas abertas e tarefas de limpeza recorrentes, enquanto os humanos se encarregam do trabalho minucioso, de situações inesperadas e das inspeções. Isto permite combinar eficazmente a eficiência e a qualidade da limpeza.”

Os robôs funcionam com menos eficácia quando realizam tarefas altamente detalhadas, irregulares ou que exigem grande capacidade de julgamento, afirma Andy Zhou, da Keenon. “Cantos apertados, disposições invulgares, sujidades repentinas e fora do normal e requisitos de limpeza profunda podem ainda exigir intervenção humana”, afirma.

[*Intervenção humana*](#)

Alina Seitter, da Kärcher, concorda que os robôs ainda apresentam limitações no que diz respeito a tarefas especializadas. “Foram concebidos principalmente para a limpeza sistemática de grandes áreas de pavimento, em vez de respostas pontuais a situações de emergência ou trabalhos minuciosos em superfícies complexas”, afirmou. “As equipas humanas continuam a ser chamadas para lidar com tarefas mais complexas, como a higienização de pontos de contacto frequente.”

Chris Chao, da BIB Robotics, afirma que os robôs continuam a ter uma acessibilidade

reduzida em espaços extremamente estreitos ou irregulares. “Também apresentam um desempenho limitado ao lidar com manchas difíceis e situações de limpeza de emergência”, acrescenta. “São necessárias melhorias contínuas na robustez do sistema em condições extremas.”

E Peter Jones, da Robert Scott, acrescenta que os robôs não foram concebidos para substituir totalmente os profissionais de limpeza, apesar dos seus níveis crescentes de sofisticação. “Ainda podem surgir desafios em ambientes muito desorganizados ou onde é necessária uma limpeza minuciosa, como em cantos apertados, em escadas e em superfícies verticais”, afirmou. “Os robôs já varrem até às bordas das paredes, mas ainda não realizam limpezas profundas nessa área.”

“A limpeza robótica é, por isso, frequentemente mais bem-sucedida como parte de uma abordagem híbrida, em que os robôs tratam da limpeza de rotina do chão, enquanto o pessoal se concentra em tarefas mais detalhadas ou que exigem maior capacidade de resposta.”

[Artigo Original aqui](#)