

## PROJETO CONCEITUAL DE UM ROBÔ PARA PINTURA PREDIAL

Frederico Fernandes de Oliveira, fredf\_oliveira@meca.ufu.br<sup>1</sup>  
Rogério Sales Gonçalves, rsgoncalves@mecanica.ufu.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Automação e Robótica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica – Bloco 1M – Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia – MG – CEP 38408-902

**Resumo:** Neste trabalho é apresentado um novo robô para ser utilizado em pinturas prediais. Este robô visa aumentar a produtividade e qualidade das pinturas prediais e diminuir os riscos de acidentes com os operários. Primeiramente, são apresentados o sistema tradicional de pintura e os dispositivos auxiliares existentes. Após é apresentado o robô projetado com o seu detalhamento. Finalmente foram realizadas simulações gráficas tridimensionais validando o funcionamento do sistema.

**Palavras-chave:** robô, automação, pintura predial.

### 1. INTRODUÇÃO

Robótica é um ramo tecnológico que engloba computadores, robôs e computação, que trata de sistemas compostos por partes mecânicas automáticas e controladas por circuitos integrados, tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos elétricos (McKerrow and John, 1986).

Essa tecnologia lida com máquinas automatizadas que substituem o homem em ambientes de risco ou em processos de fabricação, visando realizar tais tarefas com eficiência e precisão.

A construção civil é uma profissão perigosa, responsável por milhares de mortes por ano em todo o mundo. Equipamentos de segurança e certos procedimentos podem diminuir riscos de acidentes. Outra solução é a utilização de equipamentos robóticos a fim de substituir a mão de obra humana diminuindo assim, não só os riscos gerados durante a execução de projetos, mas também o preço e o tempo gasto.

A robótica, ao pretender substituir o homem pelas máquinas em operações de trabalho manual intensivo e repetitivo exigindo precisão e rapidez, tem no setor da construção um vasto campo para o desenvolvimento de aplicações. Deve-se, no entanto, levar em consideração as implicações que a utilização de tais máquinas podem causar. Pode se citar como um desses elementos, os locais de trabalho, pois os mesmos são adversos uma vez que neles existem superfícies irregulares, escadas, vãos sobre o vazio, vãos de entrada apertados, valetas, rampas e uma grande diversidade de materiais colocados em sítios incertos e sem alocação definida. Neste sentido, os locais de trabalho são de imprescindível importância no emprego de maquinários (dos Santos, 2002).

Outro fator é o custo-benefício que deve ser analisado de forma a se ponderar os benefícios que a utilização do robô, ou a automatização, é viável e rentável, justificando o custo com a aquisição, ferramentas e equipamentos e instalação dos mesmos.

A indústria da construção civil tem, tal como as outras, a necessidade de aumentar a produtividade e a qualidade do produto final a um baixo custo, podendo esse processo, se beneficiar com a aplicação da tecnologia proveniente do desenvolvimento da robótica.

O tema deste trabalho é a aplicação da Robótica à indústria da Construção Civil, mais especificamente na área da pintura predial, onde será apresentado o sistema tradicional de pintura atualmente e os dispositivos auxiliares existentes e logo em seguida um detalhamento do robô juntamente com seus componentes e seu funcionamento.

### 2. SISTEMA TRADICIONAL DE PINTURA E DISPOSITIVOS AUXILIARES EXISTENTES APLICADOS A CONSTRUÇÃO CIVIL

Não apenas por questões estéticas, mas a pintura exerce também uma função de proteção contra fungos, intempéries etc., tornando-se assim um ponto importante na construção civil. Porém sua prática de forma manual em áreas amplas requer tempo, podendo apresentar imperfeições e irregularidades devido à suscetibilidade de tal trabalho à fadiga e falha humana (Cardoso, 2009).

O processo de pintura pode ser realizado utilizando pincéis e rolos de pintura, Fig. 1a, ou de uma forma mais prática e eficiente com uma pistola de pintura, Fig. 1b.



(a)



(b)

**Figura 1: Ferramentas de pintura.**

(a) Pintura com rolo. (<http://goo.gl/0cyBxS>)

(b) Pintura com pistola. (<http://goo.gl/Ddwp3K>)

O sistema tradicional de pintura pode também revelar-se uma tarefa perigosa, por exemplo, no âmbito de pintura predial, onde os operários trabalham em grandes alturas suspensos por cabos ou alternativamente em andaimes, vulneráveis à alterações climáticas, instabilidade devido ao vento e falhas nos equipamentos de segurança, assim como ilustrado na Fig. 2.



(a)



(b)

**Figura 2: Ferramentas de pintura.**

(a) Pintura coletiva em andaime. (<http://goo.gl/j4xffE>)

(b) Pintura individual suspensa por cabos. (<http://goo.gl/5Reh9k>)

Devido a esses riscos tal tarefa deve ser realizada por pessoas capacitadas e bem preparadas, o que faz com esse tipo de pintura se torne uma tarefa de alto custo. Uma forma de diminuir os riscos e aumentar a qualidade da pintura é automatizar tal processo por meio de máquinas; um exemplo já largamente utilizado é a pintura automotiva utilizando-se robôs.

Outro exemplo de automação que visa auxiliar no processo de construção é a máquina de rebocar parede, Fig. 3. O reboco é a aplicação de argamassa de cimento e areia nas paredes de tijolos cerâmicos ou blocos de concreto e tem a função de formar uma superfície lisa e impermeabilizante, adequada para receber acabamentos como tintas, texturas, papéis de parede. Tal processo confere acústica e propriedades térmicas proporcionando conforto ambiental (Cyrino *et al.*, 2012).

Assim como na pintura, rebocar paredes extensas manualmente pode se mostrar uma tarefa que demanda um longo período de tempo e apresenta certos empecilhos, por exemplo a altura. Uma forma de transpor essas dificuldades é utilizar uma máquina de rebocar paredes. Ela torna o processo mais fácil e rápido se comparado à aplicação manual.



**Figura 3: Máquina rebocadora de parede. (<http://goo.gl/t8Z6eA>)**

Vale citar também a impressão 3D como outro dispositivo auxiliar existente, que assim como a máquina rebocadora de parede, é capaz de facilitar e minimizar os riscos no processo da construção civil. A Impressão 3D, também conhecida como prototipagem rápida, é uma forma de tecnologia de fabricação aditiva onde um objeto sólido tridimensional é criado a partir de um modelo digital. Impressões 3D são realizadas usando adições sucessivas de camadas de material e oferecem aos desenvolvedores de produtos a habilidade de num simples processo imprimirem partes de alguns materiais com diferentes propriedades físicas e mecânicas (Garcia, 2011). Tecnologias de impressão avançadas permitem imitar com precisão quase exata a aparência e funcionalidades dos protótipos dos produtos, Fig. 4.

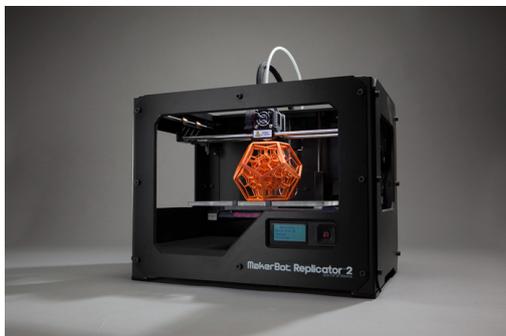


Figura 4: Impressora 3D. (<http://goo.gl/GZPj8u>)

Nos últimos anos, as impressoras 3D tornaram-se financeiramente acessíveis para pequenas e médias empresas, levando a prototipagem da indústria pesada para o ambiente de trabalho. Pode-se citar como um desses ambientes, o ambiente de construção civil.

O TEDx, um programa de eventos e conferências criado pela fundação privada sem fins lucrativos dos Estados Unidos TED (Technology, Entertainment, Design), exibiu em Fevereiro de 2012 em Ojai, Califórnia, uma palestra na qual foi apresentado um projeto onde casas eram construídas com o auxílio de robôs que realizavam impressão 3D, Fig. 5.



(a)



(b)

Figura 5: Impressão 3D na construção civil.

(a) Construção de uma parede com impressão 3D. (<http://www.contourcrafting.org/>)

(b) Imagem simulando a utilização de impressão 3D. (<http://www.contourcrafting.org/>)

Com a utilização desta tecnologia é possível erguer casas dentro de 20 horas, também sendo factível o adição de fiação elétrica, ladrilhos para o chão, canalização e pintura nas paredes. Este processo de construção permite a realização de projetos de forma mais rápida e flexível, visto que a impressão pode formar materiais de qualquer formato. Desta forma, a liberdade de construção será muito maior, desde que o formato seja viável para a elaboração de construções (Khoshnevis *et al.*, 2006).

O projeto utiliza a técnica denominada “Contour Crafting” (construção por contornos) onde a casa é construída de camada por camada por uma máquina de impressão 3D que é sustentada por dois suportes móveis laterais fazendo com que o conjunto se mova conforme necessário (Khoshnevis, 2004). Desde a sua criação até hoje o projeto já recebeu prêmios e patentes, sendo seu atual estudo de aplicação na construção de bases fora do planeta, como na Lua e em Marte (Khoshnevis *et al.*, 2005).

### 3. DESCRIÇÃO DO ROBÔ

O robô, Fig. 6, consiste em um sistema de forma a automatizar a pintura da parede externa de um edifício, em que um suporte é disposto no telhado do edifício, Fig. 9a, e um aparelho de pintura é suportado por meio de cabos de modo a poder se deslocar verticalmente, Fig. 9b. O aparelho de pintura inclui um mecanismo de movimentação horizontal, em uma direção normal à superfície da parede com uma pistola de pulverização acoplada na máquina, Fig. 8. Os componentes elétricos da máquina devem ser alimentados ligando-os à uma fonte de energia, localizada ou no telhado ou no solo, por meio de cabos.

A Figura 6 consiste de uma vista isométrica do robô, a qual ilustra alguns de seus componentes numerados:

1: Tampa superior.

- 2: Tampas laterais.
- 3: Engrenagens responsáveis por locomover a máquina verticalmente por meio de cabos.

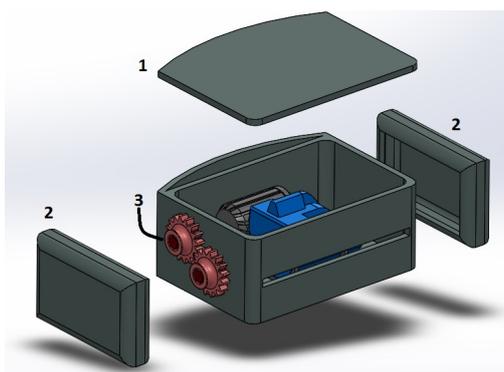


Figura 6: Vista isométrica do robô.

A Figura 7 ilustra outros componentes do robô numerados:

- 4: Compressor de ar responsável por comprimir o ar e enviá-lo juntamente com a tinta para a pistola.
- 5: Duto por onde será transportado a tinta para o compressor.
- 6: Motor elétrico que movimentará as engrenagens.
- 7: Local onde será depositado a tinta utilizada durante o processo de pintura.

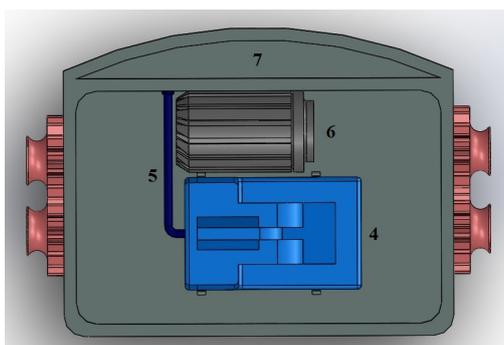


Figura 7: Vista superior do robô.

A Figura 8 demonstra os componentes responsáveis pela movimentação da pistola pulverizadora, onde os componentes estão numerados:

- 8: Pistola pulverizadora cuja função é expelir a tinta.
- 9: Cursor no qual a pistola é fixada.
- 10: Rosca sem fim onde o cursor se movimentará.

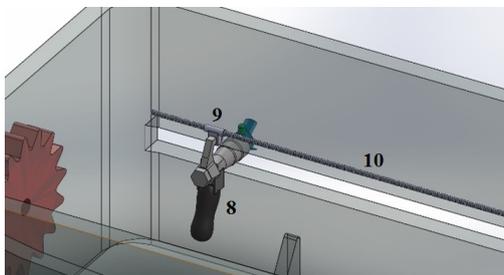


Figura 8: Vista interna do robô.

O robô deve ser desenvolvido levando em consideração o seu peso e o custo do material utilizado. Para isso as dimensões foram projetadas de forma a fazer com que o robô possua o menor tamanho possível, onde o mesmo possui 41 cm de altura, 95 cm de largura e 65 cm de comprimento. Para minimizar o peso, o robô foi projetado em partes, de forma que ele é deslocado até o seu destino desmontado e só então seus componentes são encaixados em seus devidos lugares. Tal metodologia de fabricação facilita não apenas o transporte do robô, mas também a manutenção e substituição de peças.

#### 4. SIMULAÇÕES GRÁFICAS

Primeiramente um compressor é acoplado ao corpo interno da máquina, tal compressor será responsável por transportar a tinta juntamente com ar comprimido para a pistola, Fig. 7. A seguir a pistola de pulverização é encaixada em um cursor que está ligado a um parafuso sem fim, de modo que, a medida que o parafuso sem fim gira o cursor se movimenta ao longo do mesmo, permitindo assim a pistola se movimentar ao longo da fissura, Fig. 8. É então acrescentado tinta ao robô, Fig. 7. O robô projetado é capaz de portar 60 litros de tinta que permitem a pintura de  $50 m^2$ . Cabos são conectados em um suporte, o qual é disposto no telhado do edifício conforme Fig. 9.

Esses mesmos cabos que estão conectados no telhado do edifício são acoplados então às engrenagens do robô, que logo em seguida é fechado por tampas superiores e laterais, Fig. 6. Após a montagem ser concluída a máquina está pronta para iniciar o processo de pintura.

A máquina inicia seu movimento de baixo para cima, Fig. 10a, saindo do solo e chegando ao topo do edifício com a pistola de pulverização em funcionamento, posicionada na extremidade direita da máquina, Fig. 10b. Ao atingir o topo o suporte é então movido para o lado de forma manual, Fig. 10c, ao mesmo tempo em que a pistola move-se para o lado oposto ao que se encontrava, Fig. 10d.

Inicia-se então o movimento de descida onde o robô descerá propelindo tinta até que ele atinja o solo, Fig. 10c. Novamente o suporte é movido manualmente para o lado enquanto a pistola se posiciona para o lado extremo ao atual e o processo repete-se até que a pintura seja finalizada ou a tarefa interrompida.



Figura 9: Montagem da máquina no edifício.

- (a) Cabos conectados ao suporte;
- (b) Máquina conectada aos cabos.

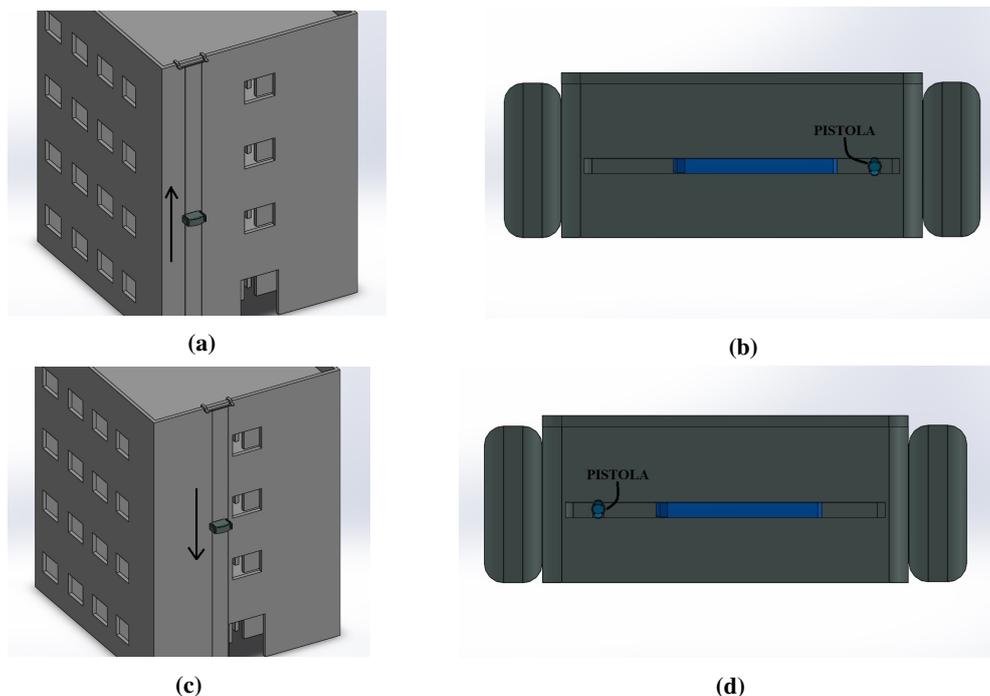


Figura 10: Movimentos e posições da máquina e seus componentes.

- (a) Robô iniciando seu movimento de baixo para cima;
- (b) Pistola de pulverização em sua posição inicial;
- (c) Robô se movimentando de cima para baixo;
- (d) Pistola de pulverização após movimento.

O sistema de controle está em fase de confecção e este poderá ser totalmente automatizado ou semi-automatizado com a utilização de um joystick para o movimento de subida e descida do robô.

## 5. CONCLUSÃO

A implementação de um robô industrial no processo de construção exige um estudo prévio e detalhado do custo, desde a sua aquisição até à sua efetiva utilização, assim como manutenção, ponderando as vantagens e inconvenientes da sua introdução.

O ambiente de construção também deve ser avaliado, pois dadas as suas peculiares características (falta de estruturação e organização dos estaleiros, complexidade, diversidade e coexistência de tarefas, entre outras a utilização de robôs e sua montagem em obras de construção deverá ser feita adaptando-se aos problemas característicos desse ambiente.

Visto que no âmbito da pintura, sua realização na maior parte é feita manualmente, a implantação de uma máquina seria vantajoso não apenas na qualidade e velocidade do trabalho, podendo sobressair-se no ponto de vista do custo-benefício, mas também na questão de segurança dos operários. Apesar dos aspectos expostos e ainda que o setor da construção se apresente com características próprias e específicas que, de um modo geral, representam condicionalismos à aplicação de robôs, pode-se considerar que o processo de automatização no âmbito da construção civil é possível e necessário.

Destá forma este trabalho apresentou um novo robô para ser aplicado à pintura predial que emprega componentes comerciais usualmente utilizados e portanto de fácil reposição. Simulações gráficas tridimensionais foram realizadas, demonstrando a viabilidade do projeto. Trabalhos futuros são propostos, como a confecção do sistema de controle, construção do protótipo e aplicação prática deste.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFU, FEMEC, FAPEMIG, CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro parcial a este trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS

- Cardoso, A.P.M., 2009. *Procedimentos de controlo de qualidade de trabalhos de pintura na construção de edifícios*. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Cyrino, L.F., de Paula e Silva, A. and da Silva, R.M., 2012. *Influência do reboco e do reboco armado com tela soldada na resistência de alvenaria de vedação submetida à compressão simples*. Master's thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerias, Brasil.
- dos Santos, C.C., 2002. *Robótica na Construção - Uma Aplicação Prática*. Master's thesis, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Garcia, L.H.T., 2011. *Desenvolvimento e fabricação de uma mini-impressora 3D para cerâmicas*. Master's thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Khoshnevis, B., 2004. "Automated construction by contour crafting – related robotics and information technologies". *Journal of Automation in Construction*.
- Khoshnevis, B., Bodiford, M.P., Burks, K.H., Ethridge, E., Tucker, D., Kim, W., Toutanji, H. and Fiske, M.R., 2005. "Lunar contour crafting – a novel technique for isru-based habitat development". In *American Institute of Aeronautics and Astronautics Conference*.
- Khoshnevis, B., Hwang, D., Yao, K.T. and Yeh, Z., 2006. "Mega-scale fabrication by contour crafting". *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, Vol. 1, No. 3.
- McKerrow and John, P., 1986. *Robotics, an Academic Discipline?* Robotics.  
<http://goo.gl/0cyBxS>, acessado em 05 de Maio de 2014.  
<http://goo.gl/Ddwp3K>, acessado em 05 de Maio de 2014.  
<http://goo.gl/j4xffe>, acessado em 05 de Maio de 2014.  
<http://goo.gl/5Reh9k>, acessado em 05 de Maio de 2014.  
<http://goo.gl/t8Z6eA>, acessado em 05 de Maio de 2014.  
<http://goo.gl/GZPj8u>, acessado em 05 de Maio de 2014.  
<http://www.contourcrafting.org/>, acessado em 05 de Maio de 2014.

## 8. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

## CONCEPTUAL PROJECT OF A ROBOT FOR BUILDING PAINTING

**Frederico Fernandes de Oliveira, fredf\_oliveira@meca.ufu.br<sup>1</sup>**  
**Rogério Sales Gonçalves, rsgoncalves@mecanica.ufu.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Automação e Robótica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica – Bloco 1M – Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia – MG – CEP 38408-902

**Abstract:** *In this work, a new robot to be used in building paintings is presented. This robot aims to increase productivity and quality of building paints and reduce the risk of injury to workers. First, the traditional paint system and existing assistive devices are presented. After, the robot designed with its detailing is presented. Finally dimensional graphic simulation validating system operations were performed.*

**Keywords:** *robot, automation, painting building.*