

Marco Ruben Laranjeira Santos Rodrigues

HMI para Fabrico Aditivo

Mestrado em Engenharia de Software

Trabalho de Projeto efectuado sob a orientação de

Doutor Pedro Miguel Moreira

Engenheiro João Paulo Pereira

Julho de 2017

RESUMO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Aenean commodo ligula eget dolor. Aenean massa. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec quam felis, ultricies nec, pellentesque eu, pretium quis, sem. Nulla consequat massa quis enim. Donec pede justo, fringilla vel, aliquet nec, vulputate eget, arcu. In enim justo, rhoncus ut, imperdiet a, venenatis vitae, justo. Nullam dictum felis eu pede mollis pretium. Integer tincidunt. Cras dapibus. Vivamus elementum semper nisi. Aenean vulputate eleifend tellus. Aenean leo ligula, porttitor eu, consequat vitae, eleifend ac, enim. Aliquam lorem ante, dapibus in, viverra quis, feugiat a, tellus. Phasellus viverra nulla ut metus varius laoreet. Quisque rutrum. Aenean imperdiet. Etiam ultricies nisi vel augue. Curabitur ullamcorper ultricies nisi. Nam eget dui. Etiam rhoncus. Maecenas tempus, tellus eget condimentum rhoncus, sem quam semper libero, sit amet adipiscing sem neque sed ipsum. Nam quam nunc, blandit vel, luctus pulvinar, hendrerit id, lorem. Maecenas nec odio et ante tincidunt tempus. Donec vitae sapien ut libero venenatis faucibus. Nullam quis ante. Etiam sit amet orci eget eros faucibus tincidunt. Duis leo. Sed fringilla mauris sit amet nibh. Donec sodales sagittis magna. Sed consequat, leo eget bibendum sodales, augue velit cursus nun.

Julho de 2017

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Aenean commodo ligula eget dolor. Aenean massa. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec quam felis, ultricies nec, pellentesque eu, pretium quis, sem. Nulla consequat massa quis enim. Donec pede justo, fringilla vel, aliquet nec, vulputate eget, arcu. In enim justo, rhoncus ut, imperdiet a, venenatis vitae, justo. Nullam dictum felis eu pede mollis pretium. Integer tincidunt. Cras dapibus. Vivamus elementum semper nisi. Aenean vulputate eleifend tellus. Aenean leo ligula, porttitor eu, consequat vitae, eleifend ac, enim. Aliquam lorem ante, dapibus in, viverra quis, feugiat a, tellus. Phasellus viverra nulla ut metus varius laoreet. Quisque rutrum. Aenean imperdiet. Etiam ultricies nisi vel augue. Curabitur ullamcorper ultricies nisi. Nam eget dui. Etiam rhoncus. Maecenas tempus, tellus eget condimentum rhoncus, sem quam semper libero, sit amet adipiscing sem neque sed ipsum. Nam quam nunc, blandit vel, luctus pulvinar, hendrerit id, lorem. Maecenas nec odio et ante tincidunt tempus. Donec vitae sapien ut libero venenatis faucibus. Nullam quis ante. Etiam sit amet orci eget eros faucibus tincidunt. Duis leo. Sed fringilla mauris sit amet nibh. Donec sodales sagittis magna. Sed consequat, leo eget bibendum sodales, augue velit cursus nun.

Julho de 2017

Conteúdo

[1. Introdução 1](#_Toc484442665)

[1.1 Contexto e Motivação 1](#_Toc484442666)

[1.2 Objetivos 1](#_Toc484442667)

[1.3 Estrutura do Documento 1](#_Toc484442668)

[2. Estado da Arte 1](#_Toc484442669)

[2.1 Introdução 1](#_Toc484442670)

[2.2 Automação 1](#_Toc484442671)

[2.3 Software para Automação 1](#_Toc484442672)

[2.4 Fabrico Aditivo 1](#_Toc484442673)

[2.5 Desenvolvimento para a Web 1](#_Toc484442674)

[2.5 Web para Automação 1](#_Toc484442675)

[2.6 Tecnologias Utilizadas 1](#_Toc484442676)

[2.6.1 Twincat 1](#_Toc484442677)

[2.6.2 Tecnologias Web 1](#_Toc484442678)

[2.6.3 Bases de Dados 1](#_Toc484442679)

[2.6.4 Outras 1](#_Toc484442680)

[2.7 Casos de Estudo 1](#_Toc484442681)

[2.7.1 Controlo e Automação na Indústria 2](#_Toc484442682)

[2.7.2 Sistemas Web-Based para Controlo e Automação 2](#_Toc484442683)

[2.7.3 Realidade Aumentada na Indústria 2](#_Toc484442684)

[3. Análise do Problema 2](#_Toc484442685)

[4. Desenvolvimento do Projeto 2](#_Toc484442686)

[5. Conclusões 2](#_Toc484442687)

[6. Referências 2](#_Toc484442688)

[7. Anexos 2](#_Toc484442689)

Índice de figuras

**No table of figures entries found.**

Índice de Tabelas

**No table of figures entries found.**

Lista de Abreviaturas

|  |  |
| --- | --- |
| HMI | Human-machine interface (interface homem-máquina) |
| PAC | Programmable Automation Controllers |
| PLC | Programmable Logical Controllers (controlador lógico programável) |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition |
| OPC | OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# 1. Introdução

## 1.1 Contexto e Motivação

Com o rápido crescimento tecnológico ao longo dos últimos anos, a integração de novas tendências tecnológicas tornou-se natural em qualquer área ou setor que beneficie das mesmas. Tecnologias emergentes como realidade aumentada, realidade virtual, entre outras, tendem a ser exploradas e embebidas nas mais variadas aplicações em diversos setores da indústria. Estes, facilmente encontram a motivação certa para cada vez mais apostar em soluções *high-tech* dado que os ganhos são imensos e a não aposta pode resultar numa falta de inovação e consequentemente no não acompanhamento do trilho da evolução. As *Human-Machine Interfaces* para controlo de processos de fabrico não são diferentes de outras áreas e podem beneficiar muito da integração de variadas tecnologias (como as supramencionadas).

Numa perspetiva histórica de evolução das HMIs, é importante referenciar que por volta de 1945 apareceu a primeira interface homem-computador que ficou conhecida como a era da *Batch Interface*, numa fase em que o poder computacional era escasso e caro, as interfaces eram rudimentares e os utilizadores tinham que se acomodar aos computadores e nunca o contrário. As tecnologias evoluíram, passando por vários processos e transformações, levando a que as interfaces passassem também elas por várias fases como a era da linha de comandos e culminando na era das interfaces gráficas como as que conhecemos e utilizamos hoje em dia.

As HMIs são, nos dias que correm, utilizadas para os mais variados fins, como por exemplo nos automóveis para fornecerem informação ao condutor acerca da viagem, de parâmetros do automóvel, de extras como o ar condicionado ou o rádio, em equipamento médico para fornecer informação acerca do paciente ou do processo/exame para o qual o equipamento foi construído e para permitir alguma ação mediante o estado do paciente, na indústria para fornecer informação sobre um processo de fabrico e para permitir controlo sobre o mesmo.

O projeto a que me propus surge no âmbito de um outro projeto de investigação a decorrer no INEGI que visa explorar tecnologias emergentes de fabrico aditivo e a sua aplicação para além do estado da arte em termoplásticos para aplicações de alta temperatura e resistência.

O INEGI tem, nos últimos anos, participado e consolidado a sua posição como parceiro da indústria nacional e internacional pela larga experiência e reconhecimento em diversas áreas de interesse, entre elas o desenvolvimento de produto, a engenharia industrial e a gestão de projetos de I&I, apresentando uma larga experiência e reconhecimento a nível nacional e internacional em áreas relevantes para o presente projeto como o desenvolvimento de produto, Fabrico Aditivo, Indústria 4.0, engenharia industrial e a gestão de projetos de I&I.

Assim, este projeto de mestrado visa desenvolver uma interface homem-máquina (HMI) *web-based* para permitir fazer o controlo das funções básicas de um equipamento de fabrico aditivo, assim como monitorização e manipulação dos seus parâmetros, munindo o operador de uma ferramenta capaz de fornecer atempadamente toda a informação relativa ao processo de fabrico, assim como ao equipamento em si, e capaz de permitir o controlo do mesmo através de funções para o efeito. Para atingir os objetivos é expectável que sejam exploradas tecnologias de desenvolvimento web, assim como a possibilidade de integrar tecnologias emergentes e que acrescentem valor, como por exemplo realidade aumentada, ou realidade virtual.

## 1.2 Objetivos

## 1.3 Problema

## 1.4 Estrutura do Documento

O presente trabalho encontra-se dividido nos seguintes capítulos:

Capítulo 1: Onde se realizará uma contextualização do projeto, apresentando em

linhas genéricas os conceitos envolvidos, em que âmbito surge o projeto, quais os objetivos delineados para o mesmo, qual o planeamento do projeto e é também definida a estrutura do documento.

Capítulo 2: Consistirá na análise do estado da arte associado ao desenvolvimento de HMIs industriais. Serão introduzidos alguns conceitos importantes, assim como descritos alguns fatores essenciais a ter em consideração para atingir os objetivos do projeto. Será também abordado o tema de HMIs *web-based*, porquê investir em tecnologias web para HMIs, quais as vantagens e ainda alguns casos de sucesso de aplicações de tecnologias emergentes em HMIs.

# 2. Estado da Arte

## 2.1 Introdução

## 2.2 Automação

O conceito de automação consiste num “processo de controlo e de monitorização de atividades e de tarefas de forma autónoma”(Carvalho & Ferrolho, 2016, p. 3), ou seja, na implementação da automação em ambiente industrial procura-se reduzir ao máximo, ou em alguns casos substituir, a intervenção humana por sistemas automáticos (Dorf & Bishop, 2010, p. 7) que podem incluir partes mecânicas, elétricas ou eletrónicas e são apoiados por meios computacionais para operar e controlar equipamentos (como máquinas, processos em fábricas, etc) e desta forma obter um aumento de produtividade e redução de custos de produção.

**História da Automação**

Desde há muito tempo que o ser humano procura automatizar atividades que inicialmente eram manuais. As primeiras iniciativas ocorreram ainda na pré-história com invenções como a roda, moinhos de vento ou rodas de água que permitiram economizar esforço, tempo e recursos através de soluções criativas (Soares & Mariano, 2012).

Mais tarde, por alturas do século XVIII, naquela que ficou conhecida como a Revolução Industrial assistiu-se a uma **mecanização** dos sistemas de produção por intermédio da utilização de ferramentas e máquinas para ajudar o ser humano em tarefas industriais, sendo que os equipamentos seriam ainda operados manualmente. Este passo tinha como objetivo aumentar a produtividade e reduzir os custos.

No século XX, mais concretamente na década de 20, surgem sistemas automáticos de produção com uma maior rapidez na execução de tarefas e intervenção humana mínima, espelhados nas linhas de montagem arquitetadas por Henry Ford.



Figura 1 - Linha de montagem de Henry Ford

Nos anos Pós 2ª Guerra Mundial, por volta dos anos 50, surgem máquinas de comando numérico na produção (CNC) que permitem a produção de peças de grande complexidade e de alta precisão.

Em 1968 acontece um dos pontos mais relevantes da história da automação, com o aparecimento do primeiro Controlador Lógico Programável, conhecido como PLC, por Dick Morley.

Desde então assistiu-se a uma tentativa de normalização das comunicações entre PLCs e a uma integração de sistemas mecânicos, sistemas de controlo de processos e sistemas informáticos.

A automação evoluiu, disseminou-se, e é hoje aplicada em várias áreas ou setores da sociedade, sendo composta por vários ramos de aplicabilidade como por exemplo a automação industrial, a automação comercial ou a automação residencial.



Figura - Automação na indústria

**Objetivos da Automação**

De uma forma geral, os objetivos a atingir com a implementação da automação podem ser enquadrados em dois níveis: a segurança e o mercado. No primeiro, é pretendido que haja uma melhoria das condições de trabalho e de segurança de pessoas e de bens. No segundo, pretende-se aumentar a competitividade global do produto e da empresa, contribuindo assim para que esta se mantenha no trilho que acompanha a evolução e que continue aguerrida na concorrência do mercado.

No que diz respeito á segurança, a implementação de automação num processo de fabrico permite que tarefas consideradas de maior perigo imediato (como prensagem, ou corte) ou mesmo a médio/longo prazo (como soldadura e a pintura que implicam a inalação de gases), possam ser executadas com pouca ou nenhuma intervenção humana. A acrescentar também o perigo das tarefas extremamente repetitivas (mesmo que na teoria sejam consideradas menos perigosas), pois podem levar a estados de cansaço que podem diminuir a capacidade de foco e concentração e podem gerar situações perigosas e pôr em causa a qualidade do produto final.

A automação, é hoje em dia, um meio através do qual é possível atingir melhorias dos padrões de qualidade.

Assim, podemos sintetizar os principais objetivos da automação em:

* Diminuição dos custos
* Aumento de produtividade e flexibilidade
* Melhoria da qualidade
* Inovação do ponto de vista tecnológico
* Integração

**Componentes da Automação**

A automação industrial é composta por alguns componentes essenciais para a sua implementação e desenvolvimento na indústria, entre os quais estão os PLCs, as HMIs, os sensores e as unidades industriais.

Um PLC é um dispositivo standard de controlo industrial que fornece um método simples, mas robusto, para controlar processos dinâmicos de fabrico (Alphonsus & Abdullah, 2016). Proporciona controlo de movimento, controlo de entradas e saídas (inputs e outputs) de processos, sistemas distribuídos e controlo de rede.

Dado ser um componente muito orientado para ambientes industriais, é regularmente utilizado em condições e circunstâncias adversas, onde é necessário uma maior precisão e rigor no controlo, e que este aconteça em tempo real através de comunicações fidedignas.



Figura - Exemplo de um PLC do fabricante Omron

Uma HMI é “uma interface gráfica de utilizador para controlo industrial, que permite visualização, controlo, diagnóstico e gestão de processos”. (Dias & Fonseca, 2015, p. 16)

A HMI deve estar conectada a outros componentes de hardware de forma a garantir a comunicação com o mesmo e assim perfazer o sistema industrial.



Figura 4 - Exemplo de HMI

Um sensor é um equipamento que deteta alterações ou eventos no seu ambiente e fornece entrada de dados para outros componentes eletrónicos. São essenciais para monitorização, inspeção, efetuar medições, entre outras tarefas que sejam necessárias de ser realizadas em tempo real.



Figura 5 - Sensores do fabricante OMRON

As unidades industriais, que são também conhecidas como drives industriais, são “controladores de motores utilizados para operações de controlo otimizado de motores” (Dias & Fonseca, 2015, p. 17). São normalmente utilizados numa vasta diversidade de aplicações industriais e têm a particularidade importante de poderem trabalhar com potências e tensões elevadas. Permitem monitorizar o comportamento dos motores e ajustar o desempenho dos mesmos consoante a tarefa que se pretende realizar.



Figura 6 - Exemplo de drives industriais

## 2.3 Software para Automação

Para o contínuo caminho em crescendo da implementação de sistemas de automação na indústria, tem sido imperativa a utilização de hardware de controlo e de software especificamente desenhado para atuar sobre o mesmo.

O hardware de controlo possibilita o armazenamento de dados do processo, e se associado a técnicas de controlo que atuam sobre ele permite atingir maiores graus de confiabilidade relativamente ao seu funcionamento (Souza & Medeiros, 2005, p. 19).

O software para automação industrial permite que utilizadores implementem sistemas de controlo e aquisição de dados através de HMIs, sistemas SCADA e servidores OPC. Para tal, na prática, devem estabelecer linhas de comunicação eficientes com componentes de hardware como os PLCs, PACs, Servo Motores ou Módulos de Input e Output.

A utilização de software dedicado a automação industrial traz bastantes vantagens, como:

* Monitorização e controlo das operações a decorrer
* Diagnóstico do estado do sistema e de potenciais problemas com equipamentos
* Integrar e comunicar de forma eficiente com módulos de input e output
* Aumento de visibilidade da execução dos processos em tempo real

## 2.4 Fabrico Aditivo

O Fabrico Aditivo, também conhecido como impressão a três dimensões, consiste em produzir um objeto sólido, em três dimensões, proveniente de um ficheiro digital (Canas & Pires, 2014, p. 10), e a criação/produção deste objeto é realizada através de processos aditivos que consistem em imprimir camadas sucessivas com recurso a um determinado material e, por vezes, em determinadas condições (como temperatura, humidade, etc).

O processo de Fabrico Aditivo começou com Chuck Hull, em 1984, quando este criou um processo conhecido como estereolitografia, que utilizava lasers ultra-violeta para curar fotopolímeros. O mesmo Chuck Hull também foi o criador do formato de ficheiros STL («3D printing -- Additive manufacturing: An introduction.», 2014) que ainda hoje é bastante aceite pelo software das impressoras 3D.



Figura 7 - Chuck Hull (á esquerda) e a primeira impressora 3D

Uma das grandes vantagens do fabrico aditivo, e que rotulou este processo de prototipagem rápida, foi a possibilidade de confeção de partes de plástico de uma forma rápida, já que o processo tradicional demorava entre seis a oito semana, e mesmo assim as peças ainda poderiam necessitar de ser trabalhadas devido a problemas na manufatura. Assim, a impressora 3D já demonstrava a flexibilidade e rapidez do processo e como isso poderiam ser excelentes características a seu favor.

Ao longo dos anos, o fabrico aditivo continuou o seu caminho evolutivo, com a adição de novos materiais a serem impressos em três dimensões, com a melhoria na precisão da impressão e também com várias empresas a lançarem-se no mercado inovando em vários aspetos. Hoje em dia já é possível imprimir através de várias técnicas de impressão assim como utilizar vários tipos de material (plásticos, metais, cerâmicas, etc) para o efeito.

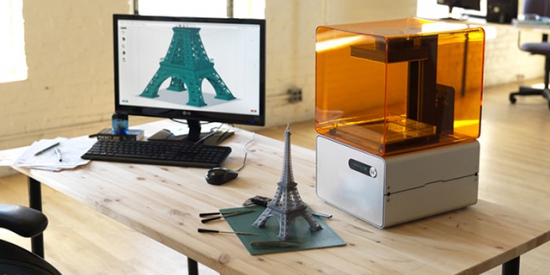


Figura 8 - Impressão 3D de um Torre Eiffel em miniatura

Apesar de nesta altura os meios de produção tradicionais ainda oferecerem algumas vantagens, nomeadamente em produção de larga-escala, o fabrico aditivo já oferece vários benefícios, como:

* Customização em massa – a possibilidade de criar designs customizados abre portas a possibilidades ilimitadas.
* Novas capacidades – produtos complexos podem ser produzidos sem investimentos avultados e com custos variáveis mais baixos do que métodos tradicionais.
* Tempo de entrega – o design e os ciclos de produção sofrem um grande aumento de velocidade, que torna possível que o produto chegue ao mercado mais rapidamente.
* Cadeia de fornecimento simplificada – a produção está mais perto do ponto de entrega, que simplifica o processo do ponto de vista do inventário.
* Redução de desperdícios – materiais não utilizados podem ser reutilizados para impressão sucessiva, o que significa que o desperdício será menor.

Atualmente o fabrico aditivo ainda prevalece na prototipagem e na produção de lotes mais pequenos, no entanto já tem bastantes aplicações nas várias indústrias:

* Indústria Automóvel: componentes específicos para produção de motores, designs inovadores como conceitos de chassis.
* Indústria Aeroespacial: bicos de combustível de aeronaves, partes de motores a jato.
* Indústria Médica: implantes para a anca ou espinha.
* Entre outros.

Neste momento pode-se afirmar que o fabrico aditivo já é uma solução viável para prototipagem ou para produção de baixa escala. Agora o desafio é evoluir o seu hardware de forma a atingir os requisitos técnicos e de custo necessários para suportar produção de grande escala.

## 2.5 Web para Automação

Estou com dúvidas neste título. Creio que o objetivo desta secção será falar sobre a evolução do software baseado na web, desde o tempo em que a informação era estática até hoje em dia em que é possível consultar dados em tempo real.

## 2.6 Casos de Estudo

O objetivo desta secção será de falar sobre as abordagens já existentes, sustentando-me em artigos científicos e em alguns casos de aplicações reais. Cada sub-secção poderá referir vários artigos ou várias abordagens que já existam.

## 2.6.1 Controlo e Automação na Indústria

## 2.6.2 Sistemas Web-Based para Controlo e Automação

## 2.6.3 Realidade Aumentada na Indústria

# 3. Análise do Problema

Não fará parte da entrega de Julho.

# 4. Desenvolvimento do Projeto

Não fará parte da entrega de Julho.

# 5. Conclusões

Não fará parte da entrega de Julho.

# 6. Referências

3D printing -- Additive manufacturing: An introduction. (2014). Obtido de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=bth&AN=97629391

Alphonsus, E. R., & Abdullah, M. O. (2016). A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs), *60 OP*-*In Renewable and Sustainable Energy Reviews July 2016 60:1185*-*1205*, 1185. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.025

Canas, R. M. da S., & Pires, J. S. (2014). Simoldes : the impact of additive manufacturing : 3D Printing Technology. Obtido de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsrca&AN=rcaap.openAccess.10400.14.16813

Carvalho, A. I. R. de, & Ferrolho, A. M. P. (2016). *Desenvolvimento e melhoramento da Célula Flexível de Fabrico da ESTGV*. Obtido de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsrca&AN=rcaap.openAccess.10400.19.3090

Dias, F. A. N. B., & Fonseca, I. S. A. da. (2015). Desenvolvimento de ferramenta para interligação de dispositivos utilizando protocolos industriais. Obtido de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsrca&AN=rcaap.openAccess.10400.26.16571

Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2010). *Modern Control Systems*.

Soares, T. A. C., & Mariano, S. J. P. S. (2012). Controlo e automação: sistema de rega inteligente. Obtido de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsrca&AN=rcaap.openAccess.10400.6.2408

Souza, R. B. de, & Medeiros, A. A. D. de. (2005). Uma arquitetura para sistemas supervisórios industriais e sua aplicação em processos de elevação artificial de petróleo. Obtido de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsrca&AN=rcaap.portugal.123456789.15444

# 7. Anexos