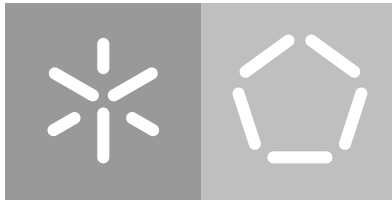


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia Mecatrónica

José Miguel Alves Pires

Development of a multimaterial  
laser sintering/melting equipment





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia Mecatrónica

José Miguel Alves Pires

Development of a multimaterial  
laser sintering/melting equipment

Master dissertation  
Master Degree in Mechatronics Engineering

Dissertation supervised by  
Professor Doutor Óscar Samuel Novais de Carvalho  
Professor Doutor Paulo Francisco Silva Cardoso

To my parents,  
for always pushing me forward.

"Wir müssen wissen,  
Wir werden wissen"

David Hilbert, 1930

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações**  
**CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

# Acknowledgements

First and foremost, I would like to thank...

# Abstract

Functional design is the desirable and most sustainable method to design products: by adding the material only where is strictly required to perform its function, the resources usage is optimized, especially materials and energy. However, functional design may dictate the usage of several materials or a combination of them to fulfill its goal, which is hindered by the current manufacturing methodologies. An example of a class of products where functional design is key is biomedical implants, like the hip implant.

**Keywords** — functional design, multimaterial, laser based additive manufacturing



## Resumo

O design funcional é o método mais desejável e sustentável de projetar produtos: adicionando material somente é estritamente necessário para a sua função, o uso de recursos é otimizado, especialmente materiais e

**Palavras-chave** — design funcional, multimaterial, manufatura aditiva baseada em laser

# Contents

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Contents</b>  | <b>vi</b>   |
| <b>List of Figures</b>                                   | <b>vii</b>  |
| <b>List of Tables</b>                                    | <b>viii</b> |
| <b>List of Listings</b>                                  | <b>ix</b>   |
| <b>List of Abbreviations</b>                             | <b>x</b>    |
| <b>1 Introduction</b>                                    | <b>1</b>    |
| 1.1 Context  | 1           |
| 1.2 Motivation   | 1           |
| 1.3 Main objectives                                      | 2           |
| 1.4 Thesis organisation                                  | 2           |
| <b>2 State of the art</b>                                | <b>4</b>    |
| <b>3 Theoretical foundations</b>                         | <b>5</b>    |
| 3.1 Project methodologies                                | 5           |
| 3.1.1 Development methodology of mechatronics – VDI 2206 | 5           |
| 3.1.1.1 Process modules for recurrent working steps      | 5           |
| 3.1.2 Waterfall  | 6           |
| 3.1.3 Unified Modeling Language (UML)                    | 8           |
| <b>4 The problem and its challenges</b>                  | <b>10</b>   |
| <b>5 Development</b>                                     | <b>11</b>   |
| <b>6 Tests</b>   | <b>13</b>   |