

Felipe Souza Lima

Enhancement and versatility in self-optimizing control through surrogate models

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Março, 2020

Felipe Souza Lima

Enhancement and versatility in self-optimizing control through surrogate models

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Engenharia Química.

Universidade Federal de Campina Grande

Unidade Acadêmica de Engenharia Química

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Supervisor: Dr. Antônio Carlos Brandão de Araújo

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Março, 2020

Felipe Souza Lima

Enhancement and versatility in self-optimizing control through surrogate models/
Felipe Souza Lima. – Campina Grande, Paraíba, Brasil, Março, 2020-
45p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Supervisor: Dr. Antônio Carlos Brandão de Araújo

Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande

Unidade Acadêmica de Engenharia Química

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Março, 2020.

1. Software. 2. Metamodel. 3. Plantwide. 4. Self-optimizing Control. 5. Python. I.
Orientador. II. Universidade xxx. III. Faculdade de xxx. IV. Título

Errata sheet

Elemento opcional da **NBR14724:2011**. Exemplo:

FERRIGNO, C. R. A. **Tratamento de neoplasias ósseas apendiculares com reimplantação de enxerto ósseo autólogo autoclavado associado ao plasma rico em plaquetas**: estudo crítico na cirurgia de preservação de membro em cães. 2011. 128 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Folha	Linha	Onde se lê	Leia-se
1	10	auto-conclavo	autoconclavo

Felipe Souza Lima

Enhancement and versatility in self-optimizing control through surrogate models

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Engenharia Química.

Trabalho aprovado. Campina Grande, Paraíba, Brasil, XX de março de 2020:

**Dr. Antônio Carlos Brandão de
Araújo**
Orientador

Professor
Dr. Heleno Bispo da Silva Júnior

Professor
Convidado 2

Campina Grande, Paraíba, Brasil
Março, 2020

For those who doubt themselves. Just embrace it.

Acknowledgements

Os agradecimentos principais são direcionados à Gerald Weber, Miguel Frasson, Leslie H. Watter, Bruno Parente Lima, Flávio de Vasconcellos Corrêa, Otavio Real Salvador, Renato Machnievscz¹ e todos aqueles que contribuíram para que a produção de trabalhos acadêmicos conforme as normas ABNT com L^AT_EX fosse possível.

Agradecimentos especiais são direcionados ao Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação² da Universidade de Brasília (CPAI), ao grupo de usuários *latex-br*³ e aos novos voluntários do grupo *abnT_EX2*⁴ que contribuíram e que ainda contribuirão para a evolução do abnT_EX2.

¹ Os nomes dos integrantes do primeiro projeto abnT_EX foram extraídos de <http://codigolivre.org.br/projects/abntex/>

² <http://www.cpai.unb.br/>

³ <http://groups.google.com/group/latex-br>

⁴ <http://groups.google.com/group/abntex2> e <http://www.abntex.net.br/>

*“To love the journey is to accept no such end.
I have found, through painful experience, that the most important step a person can take is
always the next one.
(Dalinar Kholin, Oathbringer.)*

Resumo

Segundo a **NBR6028:2003**, o resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. O resumo deve ser precedido da referência do documento, com exceção do resumo inserido no próprio documento. (...) As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecedidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto.

Palavras-chave: latex. abntex. editoração de texto.

Abstract

This is the english abstract.

Keywords: latex. abntex. text editoration.

List of Figures

List of frames

List of Tables

List of abbreviations and acronyms

SOC Self-Optimizing Control

Contents

1	INTRODUCTION	27
2	THE SELF-OPTIMIZING CONTROL OVERVIEW	29
	References	31
	APPENDIX	33
	APPENDIX A – QUISQUE LIBERO JUSTO	35
	APPENDIX B – NULLAM ELEMENTUM URNA VEL IMPERDIET SODALES ELIT IPSUM PHARETRA LIGULA AC PRETIUM ANTE JUSTO A NULLA CURABITUR TRISTIQUE ARCU EU METUS	37
	ANNEX	39
	ANNEX A – MORBI ULTRICES RUTRUM LOREM.	41
	ANNEX B – CRAS NON URNA SED FEUGIAT CUM SOCIIS NA- TOQUE PENATIBUS ET MAGNIS DIS PARTURI- ENT MONTES NASCETUR RIDICULUS MUS	43
	ANNEX C – FUSCE FACILISIS LACINIA DUI	45

1 Introduction

This dissertation is about an assembly of several methodologies into a software tool, called *Metacontrol*, which enables a fast implementation of the Self-Optimizing Control (SOC) technique. This assembly consist of three major methodologies: *Kriging* metamodels, optimization through infill criteria and SOC. The dissertation is organized as follows:

Chapter 2 gives a brief summary of the key concepts involving SOC methodology and the main the reason why this research and software tool development was needed.

Chapter 3 presents a discussion of *Kriging* metamodels and its reasoning.

Chapter 4 introduces the process of constrained nonlinear optimization using *Kriging* metamodels. This process is also known as infill criteria.

Chapter 5 demonstrates how the assembly of the methodologies shown in chapters 2, 3 and 4 are combined to form the core concept behind *Metacontrol*.

Chapter 6 is dedicated to case-studies using *Metacontrol*. In addition, there is a brief discussion on good practices involving the use of the software tool.

The *Metacontrol* software is publicly available at <https://github.com/feslima/metacontrol>. There, the reader can find instructions on how to install the open-source tool. Also, for each technique discussed in chapters 2, 3 and 4, there is an open-source Python package as result. Their links are found in their respective chapters.

2 The Self-Optimizing Control overview

Every industrial process is under limitations ranging from design/safety (e.g. temperature or pressure which an equipment can operate, etc.), environmental (e.g. pollutant emissions), to quality specifications (e.g. product purity), and economic viability. More often than not, these constraints are applied all at once and can be conflicting. Therefore, it is mandatory to operate such processes optimally (or, at least, close to its optimal point) in order to attain maximum profits or keep expenses at minimum while still obeying these specifications.

One way to achieve this is through the application of plantwide control methodologies. In particular, Self-Optimizing Control ([MORARI; STEPHANOPOULOS, 1980](#); [SKOGESTAD, 2000](#); [ALSTAD; SKOGESTAD; HORI, 2009](#)) is a practical way to design a control structure of a process following a criterion (for instance: economic, environmental, performance) considering a constant set-point policy ([ALVES et al., 2018](#)). The SOC methodology is advantageous in this scenario because there is no need to reoptimize the process every time that a disturbance occurs.

References

- ALSTAD, Vidar; SKOGESTAD, Sigurd; HORI, Eduardo S. Optimal measurement combinations as controlled variables. **Journal of Process Control**, Elsevier BV, v. 19, n. 1, p. 138–148, Jan. 2009. DOI: [10.1016/j.jprocont.2008.01.002](https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2008.01.002).
- ALVES, Victor M. C. et al. Metamodel-Based Numerical Techniques for Self-Optimizing Control. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, American Chemical Society (ACS), v. 57, n. 49, p. 16817–16840, Nov. 2018. DOI: [10.1021/acs.iecr.8b04337](https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b04337).
- MORARI, Manfred; STEPHANOPOULOS, George. Studies in the synthesis of control structures for chemical processes: Part II: Structural aspects and the synthesis of alternative feasible control schemes. **AIChE Journal**, Wiley, v. 26, n. 2, p. 232–246, Mar. 1980. DOI: [10.1002/aic.690260206](https://doi.org/10.1002/aic.690260206).
- SKOGESTAD, Sigurd. Plantwide control: the search for the self-optimizing control structure. **Journal of Process Control**, Elsevier BV, v. 10, n. 5, p. 487–507, Oct. 2000. DOI: [10.1016/s0959-1524\(00\)00023-8](https://doi.org/10.1016/s0959-1524(00)00023-8).

Appendix

APPENDIX A – Quisque libero justo

Quisque facilisis auctor sapien. Pellentesque gravida hendrerit lectus. Mauris rutrum sodales sapien. Fusce hendrerit sem vel lorem. Integer pellentesque massa vel augue. Integer elit tortor, feugiat quis, sagittis et, ornare non, lacus. Vestibulum posuere pellentesque eros. Quisque venenatis ipsum dictum nulla. Aliquam quis quam non metus eleifend interdum. Nam eget sapien ac mauris malesuada adipiscing. Etiam eleifend neque sed quam. Nulla facilisi. Proin a ligula. Sed id dui eu nibh egestas tincidunt. Suspendisse arcu.

APPENDIX B – Nullam elementum urna vel imperdiet sodales elit ipsum pharetra ligula ac pretium ante justo a nulla curabitur tristique arcu eu metus

Nunc velit. Nullam elit sapien, eleifend eu, commodo nec, semper sit amet, elit. Nulla lectus risus, condimentum ut, laoreet eget, viverra nec, odio. Proin lobortis. Curabitur dictum arcu vel wisi. Cras id nulla venenatis tortor congue ultrices. Pellentesque eget pede. Sed eleifend sagittis elit. Nam sed tellus sit amet lectus ullamcorper tristique. Mauris enim sem, tristique eu, accumsan at, scelerisque vulputate, neque. Quisque lacus. Donec et ipsum sit amet elit nonummy aliquet. Sed viverra nisl at sem. Nam diam. Mauris ut dolor. Curabitur ornare tortor cursus velit.

Morbi tincidunt posuere arcu. Cras venenatis est vitae dolor. Vivamus scelerisque semper mi. Donec ipsum arcu, consequat scelerisque, viverra id, dictum at, metus. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut pede sem, tempus ut, porttitor bibendum, molestie eu, elit. Suspendisse potenti. Sed id lectus sit amet purus faucibus vehicula. Praesent sed sem non dui pharetra interdum. Nam viverra ultrices magna.

Aenean laoreet aliquam orci. Nunc interdum elementum urna. Quisque erat. Nullam tempor neque. Maecenas velit nibh, scelerisque a, consequat ut, viverra in, enim. Duis magna. Donec odio neque, tristique et, tincidunt eu, rhoncus ac, nunc. Mauris malesuada malesuada elit. Etiam lacus mauris, pretium vel, blandit in, ultricies id, libero. Phasellus bibendum erat ut diam. In congue imperdiet lectus.

Annex

ANNEX A – Morbi ultrices rutrum lorem.

Sed mattis, erat sit amet gravida malesuada, elit augue egestas diam, tempus scelerisque nunc nisl vitae libero. Sed consequat feugiat massa. Nunc porta, eros in eleifend varius, erat leo rutrum dui, non convallis lectus orci ut nibh. Sed lorem massa, nonummy quis, egestas id, condimentum at, nisl. Maecenas at nibh. Aliquam et augue at nunc pellentesque ullamcorper. Duis nisl nibh, laoreet suscipit, convallis ut, rutrum id, enim. Phasellus odio. Nulla nulla elit, molestie non, scelerisque at, vestibulum eu, nulla. Ut odio nisl, facilisis id, mollis et, scelerisque nec, enim. Aenean sem leo, pellentesque sit amet, scelerisque sit amet, vehicula pellentesque, sapien.

ANNEX B – Cras non urna sed feugiat cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes nascetur ridiculus mus

Sed consequat tellus et tortor. Ut tempor laoreet quam. Nullam id wisi a libero tristique semper. Nullam nisl massa, rutrum ut, egestas semper, mollis id, leo. Nulla ac massa eu risus blandit mattis. Mauris ut nunc. In hac habitasse platea dictumst. Aliquam eget tortor. Quisque dapibus pede in erat. Nunc enim. In dui nulla, commodo at, consectetur nec, malesuada nec, elit. Aliquam ornare tellus eu urna. Sed nec metus. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas.

ANNEX C – Fusce facilisis lacinia dui

Phasellus id magna. Duis malesuada interdum arcu. Integer metus. Morbi pulvinar pellentesque mi. Suspendisse sed est eu magna molestie egestas. Quisque mi lorem, pulvinar eget, egestas quis, luctus at, ante. Proin auctor vehicula purus. Fusce ac nisl aliquam ante hendrerit pellentesque. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi wisi. Etiam arcu mauris, facilisis sed, eleifend non, nonummy ut, pede. Cras ut lacus tempor metus mollis placerat. Vivamus eu tortor vel metus interdum malesuada.