



Laboratório Nacional de Computação Científica
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional

Uncertainty Quantification Management System

Noel Moreno Lemus

Petrópolis, RJ - Brasil

Junho de 2017

Noel Moreno Lemus

Uncertainty Quantification Management System

Thesis submitted to the examining committee
in partial fulfillment of the requirements for
the degree of Doctor of Sciences in Computa-
tional Modeling.

Laboratório Nacional de Computação Científica
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional

Supervisor: Fábio André Machado Porto

Petrópolis, RJ - Brasil

Junho de 2017

XXXX Moreno Lemus, Noel
Uncertainty Quantification Management System / Noel Moreno Lemus. – Petrópolis, RJ - Brasil, Junho de 2017-
31 p. : il. ; 30 cm.

Orientador(es): Fábio André Machado Porto e

Thesis (D.Sc.) – Laboratório Nacional de Computação Científica
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Junho de 2017.

1. Palavra-chave1. 2. Palavra-chave2. 2. Palavra-chave3. I. Machado Porto, Fábio André. II. LNCC/MCTI. III. Title

CDD: XXX.XXX

Noel Moreno Lemus

Uncertainty Quantification Management System

Thesis submitted to the examining committee
in partial fulfillment of the requirements for
the degree of Doctor of Sciences in Computa-
tional Modeling.

Approved by:

Prof. Fábio André Machado Porto,
D.Sc.
(Presidente)

Prof. Minch Yoda, M.Sc.

Prof. Kendall E. Atkinson, Ph.D.

Prof. Isaac Newton

Prof. Alan Mathison Turing, Ph.D.

Petrópolis, RJ - Brasil
Junho de 2017

Dedication

To my little and special family.

Acknowledgements

O autor manifesta reconhecimentos às pessoas e instituições que colaboraram para a execução de seu trabalho.

“Essentially, all models are wrong, but some are useful.”
(George Edward Pelham)

Abstract

Segundo a ??, 3.1-3.2), 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.

Keywords: latex. abntex. editoração de texto.

Abstract

This is the english abstract.

Keywords: latex. abntex. text editoration.

List of Figures

Figure 1 – Legenda para a figura.	25
---	----

List of Tables

List of abbreviations and acronyms

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
abnTeX	ABsurdas Normas para TeX

List of symbols

Γ	Letra grega Gama
Λ	Lambda
ζ	Letra grega minúscula zeta
\in	Pertence

Contents

1	Introduction	15
1.1	Research Objectives	15
1.2	Highlights of the Dissertation	15
1.3	Organization of the Dissertation	15
2	Backgroud	16
2.1	Overview	16
2.2	Fundamentals of Probability Theory	16
2.2.1	The Bayesian Methodology	16
2.3	Methods for Uncertainty Propagation	16
2.3.1	Sampling Methods	16
2.3.1.1	Monte Carlo	16
2.4	Summary	16
3	Uncertainty Quantification Process	17
4	UQMS Data Model	18
4.1	Introduction	18
4.2	SaViMe	18
4.3	UQMS Data Model	18
4.4	UQMS Operations	18
5	Implementation of the UQMS in Tensorflow	19
5.1	Why Tensorflow	19
5.1.1	Variables in Tensorflow	19
5.1.2	Operations in Tensorflow	19
6	Applicability	20
6.1	Case Study: Seismic Example	20
6.2	Case Study: Austin, queso library	20
6.3	Case Study: Multidisciplinary System (NASA)	20
7	Validation	21
8	Conclusions	22
	Bibliography	23
	Appendix	24
	APPENDIX A Título do apêndice A	25

A.1	Título da seção	25
APPENDIX B	Título do apêndice B	26
APPENDIX C	Título do apêndice C	27
Annex		28
ANNEX A	Título do anexo A	29
A.1	Título da seção	29
ANNEX B	Título do anexo B	30
ANNEX C	Título do anexo C	31

1 Introduction

1.1 Research Objectives

1.2 Highlights of the Dissertation

1.3 Organization of the Dissertation

2 Background

2.1 Overview

2.2 Fundamentals of Probability Theory

2.2.1 The Bayesian Methodology

2.3 Methods for Uncertainty Propagation

2.3.1 Sampling Methods

2.3.1.1 Monte Carlo

2.4 Summary

3 Uncertainty Quantification Process

$$E = mc^2 \tag{3.1}$$

4 UQMS Data Model

4.1 Introduction

4.2 SaViMe

4.3 UQMS Data Model

4.4 UQMS Operations

5 Implementation of the UQMS in Tensorflow

5.1 Why Tensorflow

5.1.1 Variables in Tensorflow

5.1.2 Operations in Tensorflow

6 Applicability

6.1 Case Study: Seismic Example

6.2 Case Study: Austin, queso library

6.3 Case Study: Multidisciplinary System (NASA)

7 Validation

8 Conclusions

Bibliography

Appendix

APPENDIX A – Título do apêndice A

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.

A.1 Título da seção

Aqui temos uma seção dentro do Apêndice.



Figure 1 – Legenda para a figura.

APPENDIX B – Título do apêndice B

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.

APPENDIX C – Título do apêndice C

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

Annex

ANNEX A – Título do anexo A

Donec et nisl id sapien blandit mattis. Aenean dictum odio sit amet risus. Morbi purus. Nulla a est sit amet purus venenatis iaculis. Vivamus viverra purus vel magna. Donec in justo sed odio malesuada dapibus. Nunc ultrices aliquam nunc. Vivamus facilisis pellentesque velit. Nulla nunc velit, vulputate dapibus, vulputate id, mattis ac, justo. Nam mattis elit dapibus purus. Quisque enim risus, congue non, elementum ut, mattis quis, sem. Quisque elit.

Maecenas non massa. Vestibulum pharetra nulla at lorem. Duis quis quam id lacus dapibus interdum. Nulla lorem. Donec ut ante quis dolor bibendum condimentum. Etiam egestas tortor vitae lacus. Praesent cursus. Mauris bibendum pede at elit. Morbi et felis a lectus interdum facilisis. Sed suscipit gravida turpis. Nulla at lectus. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Praesent nonummy luctus nibh. Proin turpis nunc, congue eu, egestas ut, fringilla at, tellus. In hac habitasse platea dictumst.

A.1 Título da seção

Aqui temos uma seção dentro do Anexo.

Vivamus eu tellus sed tellus consequat suscipit. Nam orci orci, malesuada id, gravida nec, ultricies vitae, erat. Donec risus turpis, luctus sit amet, interdum quis, porta sed, ipsum. Suspendisse condimentum, tortor at egestas posuere, neque metus tempor orci, et tincidunt urna nunc a purus. Sed facilisis blandit tellus. Nunc risus sem, suscipit nec, eleifend quis, cursus quis, libero. Curabitur et dolor. Sed vitae sem. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Maecenas ante. Duis ullamcorper enim. Donec tristique enim eu leo. Nullam molestie elit eu dolor. Nullam bibendum, turpis vitae tristique gravida, quam sapien tempor lectus, quis pretium tellus purus ac quam. Nulla facilisi.

ANNEX B – Título do anexo B

Curabitur nunc magna, posuere eget, venenatis eu, vehicula ac, velit. Aenean ornare, massa a accumsan pulvinar, quam lorem laoreet purus, eu sodales magna risus molestie lorem. Nunc erat velit, hendrerit quis, malesuada ut, aliquam vitae, wisi. Sed posuere. Suspendisse ipsum arcu, scelerisque nec, aliquam eu, molestie tincidunt, justo. Phasellus iaculis. Sed posuere lorem non ipsum. Pellentesque dapibus. Suspendisse quam libero, laoreet a, tincidunt eget, consequat at, est. Nullam ut lectus non enim consequat facilisis. Mauris leo. Quisque pede ligula, auctor vel, pellentesque vel, posuere id, turpis. Cras ipsum sem, cursus et, facilisis ut, tempus euismod, quam. Suspendisse tristique dolor eu orci. Mauris mattis. Aenean semper. Vivamus tortor magna, facilisis id, varius mattis, hendrerit in, justo. Integer purus.

Vivamus adipiscing. Curabitur imperdiet tempus turpis. Vivamus sapien dolor, congue venenatis, euismod eget, porta rhoncus, magna. Proin condimentum pretium enim. Fusce fringilla, libero et venenatis facilisis, eros enim cursus arcu, vitae facilisis odio augue vitae orci. Aliquam varius nibh ut odio. Sed condimentum condimentum nunc. Pellentesque eget massa. Pellentesque quis mauris. Donec ut ligula ac pede pulvinar lobortis. Pellentesque euismod. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent elit. Ut laoreet ornare est. Phasellus gravida vulputate nulla. Donec sit amet arcu ut sem tempor malesuada. Praesent hendrerit augue in urna. Proin enim ante, ornare vel, consequat ut, blandit in, justo. Donec felis elit, dignissim sed, sagittis ut, ullamcorper a, nulla. Aenean pharetra vulputate odio.

ANNEX C – Título do anexo C

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.