



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DE QUIXADÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM COMPUTAÇÃO**

**PAULO RAMON NOGUEIRA DE FREITAS**

**UM MODELO PARA SIMULAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE MATURIDADE NOS NÍVEIS  
F E G DO MPS.BR COM SUPORTE DE DINÂMICA DE SISTEMAS**

**QUIXADÁ**

**2024**

PAULO RAMON NOGUEIRA DE FREITAS

UM MODELO PARA SIMULAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE MATURIDADE NOS NÍVEIS F E  
G DO MPS.BR COM SUPORTE DE DINÂMICA DE SISTEMAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Sampaio Lima.

Coorientador: Prof. Dr. Germano Fenner.

QUIXADÁ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F937m Freitas, Paulo Ramon Nogueira de.

Um modelo para simulação da avaliação de maturidade nos níveis F e G do MPS.BR com suporte de dinâmica de sistemas. / Paulo Ramon Nogueira de Freitas. – 2024.  
116 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Programa de Pós-Graduação em Computação, Quixadá, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Sampaio Lima.

Coorientação: Prof. Dr. Germano Fenner.

1. Dinâmica de Sistemas. 2. Simulação. 3. Qualidade de Software. 4. Melhoria do Processo de Software Brasileiro. I. Título.

CDD 005

---

PAULO RAMON NOGUEIRA DE FREITAS

UM MODELO PARA SIMULAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE MATURIDADE NOS NÍVEIS F E  
G DO MPS.BR COM SUPORTE DE DINÂMICA DE SISTEMAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação.

Aprovada em: 27/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alberto Sampaio Lima (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Germano Fenner (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguiar  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Tércio Rodrigues Bezerra  
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

À minha família, por sua enorme contribuição durante o período deste projeto e, principalmente, pela paciência nos períodos em que me ausentei para me dedicar às disciplinas, à pesquisa e à escrita.

## AGRADECIMENTOS

Como brasileiro nato, sinto-me compelido a expressar minha gratidão à força invisível que permeia nossa existência. Seja qual for a denominação que atribuímos a essa entidade superior, é a ela que recorremos nos momentos de enfermidade, perigo, dor e angústia. Hoje, em êxtase, celebro a realização de um sonho que, no fundo do meu ser, permanece apenas como um sonho. Obrigado, Deus, por tornar isso possível.

Em meio à travessia do árduo mar da pesquisa, onde as ondas da dúvida e do desânimo ameaçavam me levar de volta à costa da incerteza, minha família se ergueu como um farol inabalável, iluminando meu caminho com a chama inabalável da fé e do amor incondicional. Mais do que meros espectadores na praia da minha vida, foram os pilares que sustentaram meu barco, oferecendo porto seguro nos momentos de tempestades mais ferozes e impulsionando-me a remar com bravura em direção aos meus sonhos.

À Universidade Federal do Ceará, expressei minha sincera gratidão pela iniciativa de trazer o curso de Mestrado em Computação para minha cidade de residência. Essa oportunidade representa mais um passo significativo em minha jornada acadêmica.

Ao estimado Prof. Dr. Alberto Sampaio Lima, desejo expressar minha profunda gratidão pela orientação inestimável ao longo de todo o período deste projeto. Suas sábias diretrizes foram fundamentais para a continuidade desta pesquisa, guiando-me com maestria pelos intrincados caminhos do conhecimento.

Ao estimado Prof. Dr. Germano Fenner, desejo expressar minha profunda gratidão pela coorientação e pelos valiosos *insights* e incentivos fornecidos durante a fase inicial desta pesquisa. Seus exemplos e orientações foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos ilustres professores que compuseram a banca examinadora, o eminente Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguiar e o distinto Prof. Dr. Lincoln Souza Rocha, bem como ao Prof. Dr. Tércio Rodrigues Bezerra que compôs à banca de defesa da dissertação, expressei minha sincera gratidão pelo tempo generosamente dedicado, pelas colaborações inestimáveis e pelas sugestões perspicazes durante o processo de qualificação e de defesa da dissertação. Foi por meio dessas orientações preciosas que pude ajustar o curso e navegar com confiança o barco da minha pesquisa, alcançando, enfim, um porto seguro.

A todos os renomados profissionais especialistas e certificados que generosamente dedicaram parte de seu valioso tempo para conhecer este projeto e avaliar sua significativa

contribuição ao meio acadêmico, expresse minha mais profunda gratidão. Não posso deixar de reconhecer a estimada contribuição da Professora Ana Regina Rocha, cujos conselhos acerca do modelo de Melhoria do Processo de Software Brasileiro (MPS.BR) e sua aplicação foram verdadeiramente inestimáveis. Seus artigos e orientações foram cruciais e essenciais para a conclusão desta pesquisa. Sem sua vasta expertise no assunto, este trabalho não teria alcançado tamanha excelência.

Ao profissional Implementador do MPS.BR, devidamente credenciado pela Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFTEX), e Gerente de Projetos Francisco Dione, expresse minha mais profunda gratidão. Suas análises criteriosas e vasto conhecimento prático na área foram fundamentais para viabilizar a validação e o alinhamento do Modelo Proposto neste trabalho com as melhores práticas de mercado, especialmente no contexto da implantação do MPS.BR em Unidades Organizacionais.

Aos colegas e professores da turma de mestrado, agradeço pelo companheirismo, dedicação e reflexões durante as aulas. Muito obrigado.

"A parte menos óbvia de um sistema, que é sua função ou seu propósito, é a que mais influencia no comportamento de um sistema."

(MEADOWS, 2020, p. 31.)

## RESUMO

Na sociedade atual, os sistemas de informação são essenciais para empresas e indivíduos. Independentemente do tipo ou das características específicas, esses sistemas oferecem vantagens significativas, como aumento da produtividade, otimização de processos e tomada de decisões mais eficazes. Existe uma demanda crescente por melhorias no processo de qualidade de software empresarial. Neste trabalho, propomos um modelo para simular a avaliação dos níveis de maturidade G e F do MPS.BR com base na Dinâmica de Sistemas. Muitas Unidades Organizacionais iniciam uma avaliação de nível no MPS.BR sem ter uma noção clara de quão maduros são seus processos internos ou mesmo sem conhecer esses processos. Isso leva a avaliações imprecisas e ineficazes. Este trabalho propõe o uso de um modelo baseado na Dinâmica de Sistemas para avaliar a aplicação dos níveis de maturidade G e F do MPS.BR. Através da teoria da Dinâmica de Sistemas, propomos um Modelo para a aplicação da avaliação de maturidade destes níveis, destacando a importância de cada Resultado Esperado na Caracterização, Agregação e Maturidade dos níveis avaliados. A metodologia de pesquisa utilizada foi Design Science Research (DSR). No Ciclo do Conhecimento, realizamos uma Revisão Sistemática da Literatura (SLR); no Ciclo de Design, propusemos um Modelo em Dinâmica de Sistemas; e no Ciclo de Relevância, realizamos uma avaliação preliminar do Modelo com três especialistas. O resultado do estudo foi positivo, considerando que os Resultados Esperados de cada Processo, nos dois níveis propostos, são claramente caracterizados e agregados com o Modelo proposto. Ao fim, pudemos concluir que a principal contribuição deste trabalho foi fornecer um Modelo para aplicar a avaliação dos níveis G e F com Dinâmica de Sistemas.

**Palavras-chave:** dinâmica de sistemas; simulação; qualidade de software; melhoria do processo de software brasileiro

## ABSTRACT

In today's society, information systems are essential for companies and individuals. Regardless of the type or specific characteristics, these systems offer significant advantages, such as increased productivity, process optimization and more effective decision making. There is a growing demand for improvements in the enterprise software quality process. In this work, we propose a model to simulate the assessment of maturity levels G and F of the MPS.BR based on Systems Dynamics. Many Organizational Units begin a level assessment in MPS.BR without having a clear idea of how mature their internal processes are or even without knowing these processes. This leads to inaccurate and ineffective assessments. This work proposes the use of a model based on System Dynamics to evaluate the application of maturity levels G and F of the MPS.BR. Through the System Dynamics theory, we propose a Model for applying the maturity assessment of these levels, highlighting the importance of each Expected Result in the Characterization, Aggregation and Maturity of the assessed levels. The research methodology used was Design Science Research (DSR). In the Knowledge Cycle, we carry out a Systematic Literature Review (SLR); in the Design Cycle, we proposed a System Dynamics Model; and in the Relevance Cycle, we carried out a preliminary assessment of the Model with three experts. The result of the study was positive, considering that the Expected Results of each Process, at the two proposed levels, are clearly characterized and aggregated with the proposed Model. In the end, we were able to conclude that the main contribution of this work was to provide a Model to apply the evaluation of levels G and F with Systems Dynamics.

**Keywords:** system dynamics; simulation; software quality; brazilian software process improvement

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conjunto de Processos de Projeto e de Processos Organizacionais . . . . .	26
Figura 2 – Evolução dos Processos nos Níveis de Maturidade . . . . .	27
Figura 3 – Relacionamento entre Subprocessos, Atividades e Tarefas . . . . .	29
Figura 4 – Macro para limpar as respostas do Formulário Auxiliar. . . . .	30
Figura 5 – Macro para Agregar a Caracterização dos Resultados Esperados. . . . .	30
Figura 6 – Exemplo de Fluxo "Soma GPR". . . . .	33
Figura 7 – Exemplo de Estoque "Água na Banheira". . . . .	34
Figura 8 – Exemplo de Conversor "Ajuste do Termostato". . . . .	37
Figura 9 – Ciclos da Design Science Research (DSR) . . . . .	42
Figura 10 – Etapas do Ciclo de Design . . . . .	46
Figura 11 – Fases de Aplicação do Modelo . . . . .	50
Figura 12 – Processo de Aplicação do Modelo em uma Unidade Organizacional . . . . .	54
Figura 13 – Avaliação do Resultado Esperado por Projeto . . . . .	55
Figura 14 – Descrição do Resultado Esperado e Notas . . . . .	60
Figura 15 – Projetos, Caracterização e Botões de Controle do Formulário Auxiliar do Modelo Proposto (FAMP) . . . . .	62
Figura 16 – Perguntas sobre os Resultados Esperados nos Projetos . . . . .	63
Figura 17 – Exemplo da área do indicador direto AQU4 para comprovar o Resultado Esperado (RE) . . . . .	63
Figura 18 – Exportar como PDF . . . . .	64
Figura 19 – Pontuação Geral por Processo . . . . .	67
Figura 20 – Resultados Esperados do Processo Gerência de Processos no Stella . . . . .	69
Figura 21 – Somatório do Conversor GPR . . . . .	70
Figura 22 – Painel Informativo de Caracterização do Processo . . . . .	70
Figura 23 – Caracterização do Nível de Capacidade com Dinâmica de Sistemas . . . . .	71
Figura 24 – Atribuição de Nível . . . . .	71
Figura 25 – Modelo proposto em Dinâmica de Sistemas . . . . .	72
Figura 26 – Confiabilidade do Modelo Proposto . . . . .	75
Figura 27 – Utilidade do Modelo Proposto . . . . .	75
Figura 28 – Precisão do Modelo Proposto . . . . .	76
Figura 29 – Objetividade do Modelo Proposto . . . . .	76

Figura 30 – Planilha Oficial da SOFTEX com Dados de Projetos Reais . . . . .	82
Figura 31 – Comparação Visual do entre Resultados Reais e Simulados do Processo de Gerência de Projetos . . . . .	86
Figura 32 – Comparação Visual do entre Resultados Reais e Simulados do Processo Engenharia de Requisitos . . . . .	87
Figura 33 – Gráfico Comparativo entre Valores Reais e Simulados dos Processos . . . . .	89
Figura 34 – Avaliação Final Confiabilidade do Modelo Posposto . . . . .	90
Figura 35 – Avaliação Final Utilidade do Modelo Posposto . . . . .	91
Figura 36 – Avaliação Final Precisão e Acurácia do Modelo Posposto . . . . .	91
Figura 37 – Avaliação Final Objetivos Propostos do Modelo Posposto . . . . .	92
Figura 38 – QR Code dos Artefatos Produzidos . . . . .	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Termos de busca utilizados na Revisão Sistemática de Literatura (RSL) . . .	43
Tabela 2 – <i>String</i> de Busca utilizada na base de dados selecionadas . . . . .	44
Tabela 3 – As Cinco Perguntas Chaves do FAMP . . . . .	48
Tabela 4 – Cenários Validados durante a Etapa 3 do Ciclo de Design . . . . .	49
Tabela 5 – Escala para caracterização do grau de implementação de um resultado esperado do processo nos projetos . . . . .	61
Tabela 6 – Pontuação por Grau de Implementação . . . . .	66
Tabela 7 – Pontuação Mínima e Máxima por Processo . . . . .	66
Tabela 8 – Definição da Caracterização dos Processos Através de Faixas de Pontuação .	67
Tabela 9 – Regras para caracterizar o grau de implantação do nível de capacidade do processo . . . . .	68
Tabela 10 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Projeto	79
Tabela 11 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Engenharia de Requisitos . . . . .	80
Tabela 12 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Configuração . . . . .	80
Tabela 13 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência Organizacional . . . . .	80
Tabela 14 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Processos . . . . .	81
Tabela 15 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Medição . . . . .	81
Tabela 16 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Aquisição . . . . .	81
Tabela 17 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gestão de Projetos . . .	83
Tabela 18 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Engenharia de Requisitos	83
Tabela 19 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Configuração . . . . .	84
Tabela 20 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gerência Organizacional	84
Tabela 21 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gerência Processos . . .	84
Tabela 22 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Medição . . . . .	84
Tabela 23 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Aquisição . . . . .	85

Tabela 24 – Comparação entre Valores Reais e Simulados do Processo Gerência de Projetos . . . . .	86
Tabela 25 – Comparação entre Valores Reais e Simulados do Processo Engenharia de Requisitos . . . . .	87
Tabela 26 – Comparação dos Valores Finais por Processo . . . . .	88

## LISTA DE CÓDIGOS-FONTE

Código-fonte 1	–	Limpar Célula do Cabeçalho em VBA . . . . .	107
Código-fonte 2	–	Limpar Evidências em VBA . . . . .	108
Código-fonte 3	–	Limpar Perguntas em VBA . . . . .	109
Código-fonte 4	–	Limpar Projeto em VBA . . . . .	110
Código-fonte 5	–	Agregar em VBA . . . . .	110
Código-fonte 6	–	Agregar Caracterização em VBA . . . . .	111
Código-fonte 7	–	Imprimir Área Definida em VBA . . . . .	114
Código-fonte 8	–	Limpar Agregação em VBA . . . . .	115

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UOX	<i>Unidade Organizacional X</i>
ACM	Association for Computing Machinery
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CMMI-DEV	Capability Maturity Model Integration for Development
DS	Dinâmica de Sistemas
DSR	<i>Design Science Research</i>
ERP	Enterprise Resource Planning
ESP1	Especialista 1
ESP2	Especialista 2
ESP3	Especialista 3
FAMP	Formulário Auxiliar do Modelo Proposto
GPR	Gerência de Projetos
IA	Instituição Avaliadora
IAs	Instituições Avaliadoras
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISO	International Organization for Standardization
MA-MPS	Processo e Método de Avaliação do MPS
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MPDS	Modelo Proposto com Dinâmica de Sistemas
MPS-SW	Modelo MPS para Software
MPS.BR	Melhoria do Processo de Software Brasileiro
MR-MPS-SW	Modelo de Referência MPS para Software
PCOMP	Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Ceará (UFC)
PR	Profissional Responsável
RE	Resultado Esperado
REs	Resultados Esperados
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SI	Sistemas de Informação

SOFTEX	Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro
TI	Tecnologia da Informação
UO	Unidade Organizacional
UOs	Unidades Organizacionais

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização do Modelo Proposto</b>	<b>19</b>
<b>1.2</b>	<b>Motivação</b>	<b>20</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>21</b>
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo Geral</i>	<i>23</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>23</i>
<b>1.4</b>	<b>Organização</b>	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>25</b>
<b>2.1</b>	<b>Modelo de Melhoria de Processos do Software Brasileiro (MPS.BR)</b>	<b>25</b>
<b>2.2</b>	<b>Processo de Avaliação de Nível do MPS.BR</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>Macros no LibreOffice Calc</b>	<b>28</b>
<b>2.4</b>	<b>Dinâmica de Sistemas</b>	<b>31</b>
<i>2.4.1</i>	<i>Fluxos</i>	<i>32</i>
<i>2.4.2</i>	<i>Estoques</i>	<i>33</i>
<i>2.4.3</i>	<i>Conversores</i>	<i>36</i>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Primeiro Ciclo - Ciclo de Conhecimento</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Segundo Ciclo - Ciclo de Design</b>	<b>45</b>
<i>4.2.1</i>	<i>Etapa 1 - Contexto de Aplicação do Problema</i>	<i>46</i>
<i>4.2.2</i>	<i>Etapa 2 - Desenvolvimento do Modelo Proposto</i>	<i>47</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Etapa 3 - Aplicação em Cenários Distintos</i>	<i>48</i>
<b>4.3</b>	<b>Terceiro Ciclo - Ciclo de Relevância</b>	<b>49</b>
<b>4.4</b>	<b>Avaliação e Validação do Modelo Proposto</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>MODELO PROPOSTO</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Formulário Auxiliar do Modelo Proposto - FAMP</b>	<b>54</b>
<i>5.1.1</i>	<i>Processos Considerados nesta Proposta</i>	<i>54</i>
<i>5.1.2</i>	<i>Resultados Esperados dos Processos</i>	<i>55</i>
<i>5.1.2.1</i>	<i>Resultados Esperados do Processo Gerência de Projetos (GPR)</i>	<i>56</i>
<i>5.1.2.2</i>	<i>Resultados Esperados do Processo Engenharia de Requisitos (REQ)</i>	<i>57</i>

5.1.2.3	<i>Resultados Esperados do Processo Gerência de Configuração (GCO)</i> . . . . .	57
5.1.2.4	<i>Resultados Esperados do Processo Gerência Organizacional (ORG)</i> . . . . .	58
5.1.2.5	<i>Resultados Esperados do Processo Gerência de Processos (GPC)</i> . . . . .	58
5.1.2.6	<i>Resultados Esperados do Processo Medição (MED)</i> . . . . .	58
5.1.2.7	<i>Resultados Esperados do Processo Aquisição (AQU)</i> . . . . .	59
5.1.3	<b><i>Projetos, Caracterização e Botões de Controle</i></b> . . . . .	60
5.1.4	<b><i>Questionário dos Resultados Esperado por Projeto</i></b> . . . . .	62
5.1.5	<b><i>Indicador Direto</i></b> . . . . .	62
5.2	<b>Modelo Proposto em Dinâmica de Sistemas - MPDS</b> . . . . .	65
5.2.1	<b><i>Ranking de Pontuação dos Processos do MPS.BR</i></b> . . . . .	65
5.2.2	<b><i>Caracterização do Nível de Capacidade do Processo</i></b> . . . . .	66
5.2.3	<b><i>Atribuição de Nível</i></b> . . . . .	68
5.2.4	<b><i>Acessos ao Modelo Proposto</i></b> . . . . .	72
6	<b>ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> . . . . .	73
6.1	<b>Estudo de Caso Realizado</b> . . . . .	73
6.2	<b>Análise dos Resultados do Estudo de Caso</b> . . . . .	74
6.3	<b>Validação Final</b> . . . . .	75
6.3.1	<b><i>Verificação da Validação Final</i></b> . . . . .	77
6.3.1.1	<b><i>Dados de Entrada</i></b> . . . . .	78
6.3.1.2	<b><i>Dados Reais dos Projetos</i></b> . . . . .	81
6.3.2	<b><i>Análise Gráfica do Comportamento</i></b> . . . . .	85
6.3.3	<b><i>Análise Estatística</i></b> . . . . .	87
6.4	<b>Análise dos Resultados da Validação Final</b> . . . . .	89
7	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> . . . . .	94
7.1	<b>Conclusões</b> . . . . .	94
7.2	<b>Trabalhos Futuros</b> . . . . .	96
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	97
	<b>APÊNDICE A –EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA CARACTERIZAÇÃO DO NÍVEL DE CAPACIDADE DE CADA PROCESSO NO MPDS</b> . . . . .	100

<b>APÊNDICE B –QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DA APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS F E G DO MPS.BR COM DINÂMICA DE SISTEMAS . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE C –GUIA PARA ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS: AVALIAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PARA OS NÍVEIS F E G DO MPS.BR COM DINÂMICA DE SISTEMAS . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE D –CÓDIGOS-FONTES UTILIZADOS NO FAMP . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE E –QR CODE PARA BAIXAR OS ARTEFATOS DO MO- DELO PROPOSTO . . . . .</b>	<b>116</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se uma descrição do modelo proposto, contextualizando sua criação e aplicação, discutindo a motivação por trás da pesquisa e delineando seu objetivo principal. Também é apresentada a organização do documento, proporcionando uma visão geral da estrutura e do fluxo da apresentação.

Nos próximos capítulos, mergulharemos nos detalhes do modelo, explorando sua arquitetura, funcionamento e resultados.

## 1.1 Contextualização do Modelo Proposto

Na sociedade atual, os sistemas de informação são essenciais para empresas e indivíduos. Independentemente do tipo ou das características específicas, esses sistemas oferecem vantagens significativas, como aumento da produtividade, otimização de processos e tomada de decisões mais eficazes. A pandemia do COVID-19 ressaltou a importância do uso de tecnologias digitais no Brasil e na vida cotidiana dos brasileiros. Durante esse período, o qual a maioria da população estava em casa, utilizando uma variedade de serviços tecnológicos, desde os mais simples até os mais complexos, destacou-se a importância crescente do desenvolvimento estruturado de sistemas de informação. De acordo com (Cetic.br, 2020), o uso dessas tecnologias passou de 71% dos domicílios com acesso à internet em 2019 para 83% no de 2020, o que correspondeu a 61,8 milhões de domicílios com algum tipo de conexão à rede.

Para Roza (Roza, 2020) na sociedade contemporânea, não só na brasileira, a informação e o conhecimento estão se tornando cada vez mais relevantes. Em especial, para nós, e no contexto deste trabalho, isso está diretamente relacionado à busca contínua por um maior nível de qualidade no desenvolvimento desses serviços tecnológicos por meio da qualidade no desenvolvimento de softwares. Essa busca não é recente, como evidenciado pelo lançamento do Programa MPS.BR em dezembro de 2003, nosso próprio guia com diretrizes para o desenvolvimento de software.

Conforme visto em (SOFTEX, 2023c), podemos considerar que o Modelo MPS para Software (MPS-SW):

tem como base os requisitos de processos definidos nos modelos de melhoria de processo e atende a necessidade de implantar os princípios de engenharia de software de forma adequada ao contexto das empresas, estando em conformidade com as principais abordagens internacionais para definição, avaliação e melhoria de processos de software.

De acordo com o Guia Geral MPS de Software da SOFTEX (SOFTEX, 2023b) um dos objetivos do MPS.BR é o aumento da competitividade das organizações pela melhoria de seus processos. Seguindo as práticas e níveis de maturidade estabelecidos pelo modelo, as empresas de software brasileiras podem produzir produtos de maior qualidade e, conseqüentemente, aumentar sua competitividade nos mercados nacional e internacional. O MPS.BR, por meio do Modelo de Referência MPS para Software (MR-MPS-SW) define alguns níveis de maturidade que são uma combinação entre processos e sua capacidade. Esses níveis de maturidade vão do Nível G ao Nível A, em ordem crescente. Cada nível é composto por processos, que, por sua vez, são divididos em dois conjuntos: Processos de Projeto e Processos Organizacionais.

Para o Guia Geral MPS de Software, uma Unidade Organizacional (UO) é definida como um segmento distinto de uma organização que emprega um ou mais processos para alcançar metas de negócios. Esses processos formam a base para determinar o escopo da avaliação. Embora essa terminologia seja comumente usada para se referir a um segmento de uma organização maior, em uma organização menor, a Unidade Organizacional pode englobar a organização inteira.

Para que uma UO seja considerada apta em um determinado nível do MPS.BR, ela deve passar por uma avaliação rigorosa. Esta avaliação examina se a UO alcançou cada Resultado Esperado dos Processos do Nível o qual ela está tentando obter. É um processo meticuloso que exige uma compreensão profunda dos sistemas e processos em vigor na Unidade Organizacional.

## **1.2 Motivação**

Nos dias atuais, a qualidade do desenvolvimento de software tornou-se crucial. A pandemia da COVID-19 evidenciou, entre outros aspectos, o uso generalizado de diversos tipos de software pela população em geral. Desde aplicativos de saúde até plataformas de trabalho remoto, a confiabilidade e a eficiência desses softwares impactam diretamente a vida das pessoas. Portanto, garantir a qualidade desses sistemas é fundamental.

Para garantir a qualidade no desenvolvimento de software, é fundamental seguir padrões internacionalmente reconhecidos. Padrões de qualidade são conjuntos de diretrizes, requisitos e práticas recomendadas que visam assegurar a eficiência, a consistência e a excelência dos processos e produtos. Existem diversos padrões internacionais que avaliam e melhoram a qualidade dos processos de desenvolvimento de software. O CMMI (Capability Maturity Model Integration), as normas ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15504, e o próprio MPS.BR são

exemplos desses padrões. Eles fornecem diretrizes para aprimorar a eficiência, a produtividade e a qualidade dos produtos de software.

A motivação central deste trabalho é fornecer uma ferramenta que auxilie na avaliação das UO antes ou durante o processo de certificação nos níveis F e G do MPS.BR. O modelo proposto visa aproximar os resultados que a UO obterá caso contratasse uma avaliação oficial da SOFTEX. Por meio dessa abordagem, acreditamos que estamos contribuindo para a melhoria contínua dos processos de desenvolvimento e para a conscientização das UO sobre os principais pontos de avaliação.

A implementação do MPS.BR, seja nos níveis iniciais ou nos níveis mais avançados, capacita as empresas a aprimorarem a qualidade de seus produtos de software, tornando-os mais competitivos tanto no mercado interno quanto no externo. Além disso, o modelo proposto pode ser um aliado valioso para empresas que buscam a certificação nos níveis **F (Gerenciado)** e **G (Parcialmente Gerenciado)**, fornecendo *insights* e orientações ao longo de todo o processo de certificação.

Os níveis F e G do MPS.BR foram escolhidos como pontos de entrada para o modelo proposto por este trabalho. Essa decisão se baseia no fato de que Unidades Organizacionais (UOs) que ainda não têm seus processos gerenciados serão as mais beneficiadas com a implementação do modelo proposto.

O processo de avaliação ao qual as Unidades Organizacionais são submetidas, conforme descrito pela SOFTEX (SOFTEX, 2023a), envolve a verificação da maturidade de uma UO na execução de seus processos de *software*, serviços ou na gestão de pessoas. Este processo está claramente definido no Processo e Método de Avaliação do MPS (MA-MPS) (SOFTEX, 2023a), um documento crucial para qualquer organização que busca aprimorar seus processos de desenvolvimento de *software*, serviços ou gestão de pessoas. Este trabalho é baseado na versão de 2023 deste guia e tem como principal foco os processos de *software*.

### 1.3 Objetivos

A proposta apresentada neste trabalho tem como objetivo principal desenvolver e fornecer um modelo capaz de automatizar certas atividades do método de avaliação do MPS.BR. O modelo proposto é projetado para ser utilizado por implementadores dos níveis F e G do MPS.BR, bem como pelas próprias UOs. Dessa forma, o modelo deve ser operado por um profissional que conheça seu método de uso, os detalhes dos processos e as evidências necessárias

para cada RE dos processos a serem aplicados. Além disso, é importante que essa pessoa possua conhecimentos em engenharia de *software* e esteja familiarizada com o modelo MR-MPS-SW, mesmo que de forma introdutória. Recomenda-se que o uso do modelo proposto ocorra preferencialmente antes da avaliação oficial do MPS.BR, embora a decisão de fazê-lo fique a critério exclusivo do Avaliador Líder que está conduzindo a avaliação. Vale ressaltar que o modelo também permite que as UOs realizem autoavaliações, possibilitando a identificação de pontos fortes e fracos antes de solicitar uma avaliação oficial. Ao final da aplicação do modelo, os níveis de maturidade alcançados, entre os níveis F e G, são exibidos pelo painel informativo do modelo proposto.

Esses níveis representam diferentes estágios de maturidade no desenvolvimento de *software*, onde o nível G é considerado o mais básico e o nível F representa um avanço em termos de complexidade e sofisticação. Ao adotar o modelo proposto, espera-se que as empresas de software brasileiras estejam mais bem preparadas para o processo de certificação do MPS.BR, especialmente nos níveis F e G. Isso possibilitará o aumento da competitividade dessas empresas nos mercados nacional e internacional, ao facilitar a autoavaliação e o aprimoramento contínuo dos processos de desenvolvimento de *software*.

É importante ressaltar que o modelo proposto não tem a intenção de substituir a aplicação da avaliação oficial da SOFTEX. Em vez disso, seu objetivo é auxiliar as UO que desejam obter um panorama geral de seus processos antes da aplicação da avaliação da SOFTEX. Ao oferecer uma ferramenta para autoavaliação, o modelo proporciona às UO *insights* valiosos sobre seus pontos fortes e áreas de melhoria, facilitando o processo de preparação para a avaliação oficial.

Para o desenvolvimento do modelo proposto, foram utilizadas diversas ferramentas tecnológicas, incluindo uma de código aberto e outra de código fechado, porém disponível para a comunidade acadêmica. Na primeira fase da aplicação, empregamos um formulário personalizado no *LibreOffice Calc*. Esse formulário foi estruturado com base nas regras de caracterização apresentadas na Tabela 7 (Escala para Caracterização do Grau de Implementação de um Resultado Esperado do Processo nos Projetos/Serviços/Área) do documento MA-MPS, conforme referenciado em (SOFTEX, 2023a, p. 53), permitindo atingir o resultado esperado por meio de uma adaptação dos questionamentos ali fornecidos.

Na segunda fase, expandiu-se o uso de ferramentas, incorporando o *software* de simulação Stella, versão 9.0.1. Esse *software* foi escolhido estrategicamente para trabalhar em con-

junto com os dados de entrada gerados pelo formulário inicial desenvolvido no LibreOffice Calc. Utilizando os princípios da Dinâmica de Sistemas, o Stella desempenha um papel crucial na condução da análise final dos níveis F e G, conforme proposto neste trabalho. Sua capacidade de modelagem dinâmica permite uma visualização aprofundada e uma compreensão mais abrangente dos processos de desenvolvimento de software, facilitando a identificação de padrões e tendências que podem influenciar diretamente a maturidade organizacional. Essa integração entre o formulário e o software de simulação representa um passo significativo no desenvolvimento do modelo proposto, oferecendo uma abordagem abrangente e fundamentada para a avaliação e aprimoramento dos processos de desenvolvimento de software.

### **1.3.1 *Objetivo Geral***

- Desenvolver e fornecer um modelo com base na Dinâmica de Sistemas capaz de automatizar certas atividades do método de avaliação do glsMPS.BR, visando auxiliar implementadores dos níveis F e F, e Unidades Organizacionais (UOs) com profissionais qualificados, na otimização do processo de avaliação.

### **1.3.2 *Objetivos Específicos***

- Adaptar um método de Avaliação Complexo a um Modelo Computacional utilizando Dinâmica de Sistemas;
- Estabelecer um método confiável para simulação da Avaliação dos níveis de Maturidade dos níveis F e G do MPS.BR;
- Auxiliar o Implementador ou as UOs, através do uso do modelo proposto, que desejam obter um panorama geral de seus processos antes da aplicação da avaliação dos níveis F e G do MPS.BR;
- Oferecer uma ferramenta para autoavaliação, o modelo proposto proporciona às UOs *insights* valiosos sobre seus pontos fortes e áreas de melhoria, facilitando o processo de preparação para a avaliação oficial.

## **1.4 Organização**

Além do Capítulo de Introdução, esta dissertação está organizada nos seguintes capítulos:

- O **Capítulo 2** descreve a Fundamentação Teórica considerada para este trabalho, apresentando o MPS.BR e seu Processo de Avaliação na versão 2023. Também são discutidos os recursos de Macros utilizados no *LibreOffice Calc* e a Dinâmica de Sistemas utilizada pelo *software* Stella, metodologia crucial para o modelo proposto.
- O **Capítulo 3** apresenta alguns trabalhos relacionados que foram importantes para a formulação desta proposta.
- O **Capítulo 4** descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento proposto e seus ciclos de desenvolvimento.
- O **Capítulo 5** apresenta o modelo proposto e a forma como é realizado seu uso e algumas decisões de designe.
- O **Capítulo 6** inclui um estudo de caso e uma análise crítica do uso do modelo.
- O **Capítulo 7** traz as conclusões alcançadas, bem como uma proposta de possíveis trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que embasa este trabalho, abordando conceitos-chave que são essenciais para a compreensão e realização dos objetivos propostos.

O primeiro conceito abordado é o do MPS.BR em sua versão 2023. O MPS.BR é um modelo de maturidade que avalia a qualidade e capacidade dos processos de software em uma organização. A versão 2023 traz atualizações e melhorias significativas em relação às versões anteriores, tornando-se um recurso valioso para as organizações que buscam melhorar seus processos de software. Para isso o MPS.BR tem em sua base padrões mundialmente estabelecidos por grandes instituições da indústria, tais como: International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC) e Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

Em seguida, são discutidos os conceitos sobre o processo de avaliação de nível de maturidade do MPS.BR. A avaliação de nível é um procedimento fundamental que determina o nível de maturidade dos processos de software em uma organização, de acordo com os critérios estabelecidos pelo modelo MPS.BR. Esse processo desempenha um papel crucial ao identificar áreas de melhoria e ao desenvolver estratégias eficazes para aprimorar a qualidade do *software*.

Além disso, aborda-se o uso de macros no *LibreOffice*. As macros são recursos que permitem automatizar tarefas repetitivas e complexas, o que melhora a eficiência e a produtividade em planilhas do *LibreOffice Calc*. No contexto deste trabalho, as macros são empregadas na primeira fase de aplicação do modelo proposto para facilitar a manipulação e análise de dados.

Por fim, foi explorada a Dinâmica de Sistemas (DS), uma abordagem que permite modelar e simular o comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo. A DS é uma ferramenta valiosa para compreender a interação entre os diferentes componentes de um sistema e prever o impacto de várias decisões e estratégias.

### 2.1 Modelo de Melhoria de Processos do Software Brasileiro (MPS.BR)

O MPS.BR é um importante *framework* para a melhoria de processos de *software* no Brasil, fornecendo diretrizes e critérios para avaliar a maturidade dos processos de *software* em organizações. Conforme detalhado no Guia Geral MPS de Software da SOFTEX (SOFTEX, 2023b), a base técnica do MPS.BR 2023 é definida com referência à ISO/IEC/IEEE 12207:2017,

que estabelece uma estrutura comum para os processos de ciclo de vida de software. Além disso, o MPS.BR baseia-se na família de normas ISO/IEC 330xx, que substitui e amplia partes da ISO/IEC 15504 para melhorar a qualidade dos processos da organização, garantindo seu alinhamento aos objetivos de negócio. Por fim, o MPS.BR também incorpora o Capability Maturity Model Integration (CMMI) v 2.0 em sua base técnica, conhecido por ser um conjunto integrado de melhores práticas que apoiam as organizações na melhoria do desempenho de seus processos-chave.

Neste estudo, foi considerado o modelo MR-MPS-SW, versão 2023, que, de acordo com o Guia Geral MPS de *Software* da SOFTEX (SOFTEX, 2023b), é compatível com o Capability Maturity Model Integration for Development (CMMI-DEV) v2.0. O CMMI-DEV é um modelo de maturidade do CMMI para melhoria dos processos, destinado ao desenvolvimento de produtos e serviços. O modelo contempla as melhores práticas associadas às atividades de desenvolvimento e manutenção do ciclo de vida do produto, desde a concepção até entrega e manutenção. Os processos apresentados no modelo MR-MPS-SW são divididos em dois grandes grupos: Processos de Projeto e Processos Organizacionais, conforme visto na Figura 1:

Figura 1 – Conjunto de Processos de Projeto e de Processos Organizacionais



Fonte: (SOFTEX, 2023b).

Os resultados processuais esperados são apropriados para cada nível de maturidade almejado. Isso significa que os níveis iniciais devem apresentar todos os Resultados Esperados até o maior nível proposto neste estudo, uma vez que estes se desenvolvem à medida que a maturidade organizacional progride por meio dos níveis superiores. Além disso, os resultados são cumulativos. Por exemplo, os resultados observados no nível G devem estar presentes no nível F e superiores, seja com características idênticas ou com evoluções. Vale salientar que para este estudo são considerados os níveis de maturidade F e G, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 – Evolução dos Processos nos Níveis de Maturidade



Fonte: (SOFTEX, 2023b).

A definição de cada processo segue os requisitos para um modelo de referência apresentado na ISO/IEC 33002, o qual declara seu propósito por meio de Resultados Esperados de sua execução. Este padrão internacional estabelece uma estrutura rigorosa para a avaliação de processos de *software*, garantindo que cada processo seja claramente definido e mensurável. A ISO/IEC 33002 especifica critérios detalhados que ajudam as organizações a identificar as melhores práticas e áreas de melhoria contínua. Além disso, a aderência a este padrão facilita a comparação entre diferentes organizações e setores, promovendo uma linguagem comum para a avaliação de maturidade de processos. A implementação destes processos, conforme delineado pela ISO/IEC 33002, não só assegura a conformidade com as melhores práticas internacionais, mas também contribui para o aumento da eficiência e eficácia organizacional. Desta forma, os Resultados Esperados servem como indicadores críticos para monitorar e avaliar o desempenho ao longo dos diferentes níveis de maturidade.

## 2.2 Processo de Avaliação de Nível do MPS.BR

Podemos ver no Guia de Avaliação do MPS.BR que o processo e o MA-MPS são essenciais para determinar a maturidade de cada nível de uma UO na execução de seus processos de software, conforme indicado por (SOFTEX, 2023a). É importante salientar que, para este trabalho, a metodologia utilizada foi fortemente baseada no Guia de Avaliação do MA-MPS, o qual fornece todas as diretrizes necessárias e os procedimentos a serem seguidos por uma instituição avaliadora autorizada.

A validade de uma avaliação oficial aplicada por uma instituição autorizada, mediante convênio com a SOFTEX, considerando (SOFTEX, 2023a, p. 7) é:

Uma avaliação seguindo o MA-MPS tem validade de 3 (três) anos a contar da data em que a avaliação final foi concluída na unidade organizacional avaliada. Uma avaliação MPS complementar a uma avaliação CMMI-DEV tem a mesma data de validade da avaliação CMMI-DEV já realizada.

Este processo garante que os processos de software da UO permaneçam atualizados e em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos, proporcionando uma base sólida para a melhoria contínua.

Na avaliação oficial, o processo é composto por 4 (quatro) subprocessos, que são executados de forma sequencial. São eles:

- Subprocesso 1: Preparar a realização da avaliação;
- Subprocesso 2: Realizar a avaliação inicial;
- Subprocesso 3: Realizar a avaliação final;
- Subprocesso 4: Documentar os resultados da avaliação.

O modelo proposto neste trabalho incorpora os quatro subprocessos mencionados anteriormente ao longo de sua aplicação. No entanto, esses subprocessos permanecem invisíveis ao profissional que aplica o modelo. Isso ocorre porque se trata de uma simulação, e, portanto, buscamos ser o mais ágeis possível dentro das limitações de uma simulação de uma avaliação do porte da Avaliação do MPS.BR.

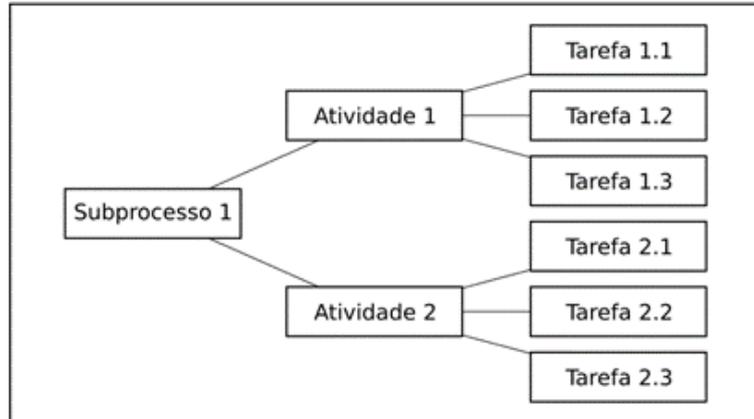
Conforme mencionado no Guia de Avaliação do (SOFTEX, 2023a, p. 9), o processo de avaliação do MPS.BR é dividido em quatro subprocessos. Estes, por sua vez, são constituídos por atividades, cada uma descrita por suas respectivas tarefas, conforme ilustrado na Figura 3.

Como pode ser observado na Figura 3, o processo de Avaliação do MPS.BR envolve vários componentes. Para abordar a abrangência dessa avaliação, propomos um modelo de simulação em DS, complementado por um formulário auxiliar no LibreOffice. Este formulário utiliza fórmulas nativas da ferramenta e macros desenvolvidas pelo autor.

### **2.3 Macros no LibreOffice Calc**

A avaliação do MPS.BR envolve a coleta e análise de documentação de dados relacionados aos processos de desenvolvimento de *software*, alinhados aos níveis F e G, como ilustrado na Figura 2. Segundo (Ferreira; Cavalcante, 2020), o formulário é uma ferramenta

Figura 3 – Relacionamento entre Subprocessos, Atividades e Tarefas



Fonte: Elaboradora pelo autor.

essencial para transmitir informações de uma fonte emissora para um receptor de maneira organizada, padronizada e completa. No contexto deste trabalho, o Calc, um componente integral do LibreOffice, é empregado. O LibreOffice é uma suíte de escritório de código aberto, e o Calc é seu componente de planilha de trabalho. Ele oferece uma gama de recursos poderosos e flexíveis que facilitam a manipulação de dados, a realização de cálculos complexos e a apresentação de informações de maneira clara e eficaz, conforme detalhado no Guia do Calc do LibreOffice (Fanning *et al.*, 2020).

A utilização de formulários e planilhas é uma prática comum para esse fim. Neste contexto, o *LibreOffice Calc* é uma ferramenta útil que permite a criação de formulários com o uso de macros e fórmulas, facilitando a coleta e o processamento de dados relacionados à primeira fase do Modelo de Avaliação do MPS.BR proposto por esse trabalho.

Para este trabalho, foram utilizadas várias macros para execução das tarefas na primeira fase de aplicação do modelo proposto. Desde tarefas simples, como a limpeza das perguntas que o Profissional Responsável (PR) da UO responderá ao longo da aplicação do modelo proposto, conforme visto na Figura 4, até tarefas mais avançadas, como a agregação dos Resultados Esperados de cada Processo.

As tarefas mais avançadas, como a de **Agregar os Resultados Esperados dos Projetos**, também foram realizadas por meio de macros no LibreOffice Calc, conforme visto na Figura 5. Para uma análise mais aprofundada sobre todas as macros utilizadas neste trabalho, consulte o Apêndice C.

O formulário auxiliar, agora denominado FAMP, é composto por várias macros essenciais e desempenha um papel fundamental na execução do modelo proposto, seguindo as

Figura 4 – Macro para limpar as respostas do Formulário Auxiliar.

```

33 Sub LimparPerguntas()
34     Dim oPlanilha As Object
35     Dim oCelula As Object
36
37     ' Obter a planilha pelo nome
38     oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByNamed("Caracterizando o Grau de Implementação do Resultado Esperado")
39
40     ' Obter a célula F9
41     oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("F9")
42
43     ' Loop para mover quatro células para baixo
44     For i = 1 To 5
45         ' Mover uma célula para baixo
46         oCelula = oPlanilha.getCellByPosition(oCelula.CellAddress.Column, oCelula.CellAddress.Row + 1)
47
48         ' Na terceira célula, mudar o valor
49         If i = 4 Then
50             oCelula.String = "-"
51         Else
52             ' Para valores diferentes de 3, definir como "não"
53             oCelula.String = "Não"
54         End If
55     Next i
56
57 End Sub

```

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5 – Macro para Agregar a Caracterização dos Resultados Esperados.

```

56 Sub AgregarCaracterizacao(sConteudoColuna As String, sConteudoLinha As String, sConteudo As String)
57     ' 1 - Localizar a linha do Resultado Esperado
58     ' 2 - Localizar a coluna do Projeto
59     ' 3 - Colar a Caracterização
60     ' 4 - Emitir mensagem de Sucesso
61     ' 5 - Limpar Formulário de Caracterização
62     Dim oPlanilha As Object
63     Dim oCelula As Object
64     Dim i As Integer
65     Dim j As Integer
66     Dim nColuna As Integer
67     Dim nLinha As Integer
68
69     ' Obter a planilha pelo nome
70     oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByNamed("Agregação T8")
71
72     ' Inicializar as variáveis de coluna e linha como -1 (não encontrado)
73     nColuna = -1
74     nLinha = -1
75
76     ' Loop para percorrer as células na primeira linha para encontrar a coluna de referência
77     For i = 0 To oPlanilha.Columns.getCount() - 1
78         ' Obter a célula atual
79         oCelula = oPlanilha.getCellByPosition(i, 0) ' Primeira linha
80
81         ' Verificar se o conteúdo da célula é o que você está procurando
82         If oCelula.String = sConteudoColuna Then
83             ' Se for, armazenar o número da coluna e sair do loop
84             nColuna = i
85             Exit For
86         End If
87     Next i
88
89     ' Loop para percorrer as células na primeira coluna para encontrar a linha de referência
90     For j = 0 To oPlanilha.Rows.getCount() - 1
91         ' Obter a célula atual
92         oCelula = oPlanilha.getCellByPosition(0, j) ' Primeira coluna
93
94         ' Verificar se o conteúdo da célula é o que você está procurando
95         If oCelula.String = sConteudoLinha Then
96             ' Se for, armazenar o número da linha e sair do loop
97             nLinha = j
98             Exit For
99         End If
100    Next j
101
102    ' Verificar se a coluna e a linha de referência foram encontradas
103    If nColuna <> -1 And nLinha <> -1 Then
104        ' Se foram, obter a célula na interseção da coluna e linha de referência

```

Fonte: Elaborada pelo autor.

regras estabelecidas para a execução da Fase 2 em DS. Este formulário vai além de uma simples ferramenta complementar, sendo uma parte integrante do processo e essencial para a preparação dos dados de entrada necessários para a segunda fase da aplicação do modelo proposto, que a partir desse ponto passa a se chamar Modelo Proposto com Dinâmica de Sistemas (MPDS). Sua relevância e contribuição para a eficácia do modelo como um todo são aspectos que merecem ser devidamente reconhecidos.

## 2.4 Dinâmica de Sistemas

A palavra "sistema" é abrangente e pode ser aplicada a várias áreas do conhecimento, como sistemas de computador, sistemas linguísticos e sistemas biológicos, entre outros. No entanto, ao abordar a DS, é relevante enfatizar a definição proposta por (Meadows, 2022). Segundo a autora, um sistema não é apenas uma mera coleção de coisas, mas um conjunto interligado de elementos organizados de maneira coerente, com o objetivo de alcançar um propósito específico.

De acordo com (Villela, 2005), a disciplina denominada DS (do termo em inglês: System Dynamics) foi proposta na década de 1950 pelo engenheiro eletricista Jay Forrester na Sloan School of Management do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Forrester aplicou esse conhecimento inicialmente na área militar, mas posteriormente percebeu o potencial de sua contribuição às ciências administrativas, econômicas e sociais. Segundo (Villela, 2005, p. 8):

O sucesso que as aplicações da metodologia Dinâmica de Sistemas vêm alcançando no mundo todo é inquestionável. Desde os famosos modelos urbanos e globais de Forrester e Collins nas décadas de 60 e 70 aos "simuladores de voos gerenciais", que vêm sendo usados nas grandes corporações ao redor do mundo, a disciplina Dinâmica de Sistemas vem provando seu potencial como ferramenta auxiliar em várias áreas do conhecimento.

Segundo (Fenner *et al.*, 2021a), o método utilizado pela DS baseia-se no reconhecimento de que a estrutura de qualquer sistema é tão importante na determinação de seu comportamento quanto seus próprios componentes individuais. Pode-se considerar a DS uma abordagem poderosa para o modelo proposto na Fase 2 de aplicação, uma vez que sua capacidade de simulação de sistemas complexos se mostrou bastante útil, considerando os vários processos e resultados esperados a serem analisados.

Para (Villela, 2005), a DS se presta à identificação de algumas características básicas em qualquer sistema, tais como: relações de causa e efeito, tempos de resposta e efeitos de

realimentação. Desta maneira, a presente proposta é baseada na representação de variáveis e relações de causa e efeito por meio de equações matemáticas que podem ser simples ou complexas, permitindo a análise de como as mudanças em um componente afetam o sistema como um todo. No contexto deste trabalho, a utilização da DS foi considerada uma ferramenta valiosa para simular e compreender o comportamento de sistemas complexos, como os processos de avaliação do nível de maturidade do MPS.BR.

Neste trabalho, mais especificamente na Fase 2 da aplicação do modelo proposto, a Dinâmica de Sistemas é considerada parte fundamental da proposta apresentada. Segundo (Radzicki, 1997 apud Bastos, 2003), todo comportamento dinâmico de um sistema baseia-se no princípio da acumulação. Isso significa que o comportamento dinâmico ocorre quando os fluxos se acumulam em estoques, ou seja, o comportamento dinâmico surge quando algum elemento flui através de um meio, acumulando-se (ou esgotando-se) de alguma forma. Portanto, é necessário compreender mais profundamente os conceitos de fluxos, estoques e conversores.

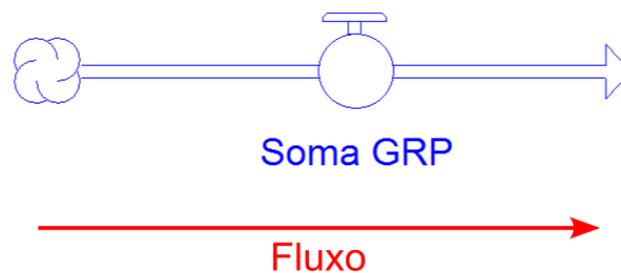
#### **2.4.1 Fluxos**

Segundo (Sannino, 2006), os fluxos em um sistema são o resultado das decisões tomadas pela gestão ou de forças exógenas fora do controle dos gestores. Por sua vez, (Meadows, 2022) considera que os fluxos, muitas vezes chamados de interconexões, podem ser físicos, como, por exemplo, no sistema que compõe uma árvore, onde as interconexões conduzem as reações químicas que regem seus processos metabólicos. Ainda segundo (Meadows, 2022), essas interconexões podem ser também fluxos de informação, representados por sinais que chegam a um ponto de decisão ou de ação dentro de um sistema.

Para (Villela, 2005), os fluxos na Dinâmica de Sistemas representam o transporte de diversos recursos, como água, dinheiro, prestígio pessoal, produtos químicos, entre outros, dentro do sistema. Esses fluxos são controlados por "vazões", reguladas por equações matemáticas. Na maioria das vezes, são representados visualmente por um ícone que lembra uma "torneira sobre um cano", simbolizando o controle que temos sobre o fluxo desses recursos. Além disso, os fluxos são medidos em unidades de uma determinada grandeza, como metros, ou em unidades de tempo, como segundos. É importante notar que os fluxos não operam isoladamente, mas interagem com outros componentes do sistema, influenciando e sendo influenciados por eles. Essas interações são fundamentais para a dinâmica geral do sistema e para a compreensão de como as mudanças em uma parte do sistema podem afetar o todo.

Como ilustrado na Figura 6, apresenta-se um fluxo correspondente a um componente específico proposto neste trabalho. A direção do fluxo é indicada por uma seta, demonstrando o caminho que o fluxo percorre. Esse fluxo passa por uma válvula central, cuja função é regular o fluxo. A regulação é realizada através da aplicação de fórmulas matemáticas, fundamentais para o controle do sistema como um todo. Esta válvula atua como um regulador, permitindo-nos manipular a "lógica" do modelo proposto. Durante a passagem das informações pelo fluxo, esse regulador é aplicado, controlando assim o comportamento do sistema de acordo com as necessidades do modelo.

Figura 6 – Exemplo de Fluxo "Soma GRP".



Fonte: Elaboradora pelo autor.

Na modelagem realizada através da Dinâmica de Sistemas, é comum se observar que o fluxo se inicia ou se encerra em uma representação gráfica conhecida como "nuvem", como podemos observar na Figura 6. Essa "nuvem" simboliza um ponto de limite do modelo, marcando o início ou o fim do fluxo no sistema em estudo. Tais "nuvens" funcionam como fontes ou saídas da estrutura do sistema, representando o conceito de infinitude. Elas são fundamentais para definir as fronteiras do modelo, indicando onde o sistema começa e termina. Assim, qualquer elemento que entra ou sai do sistema por essas "nuvens" está fora do escopo do modelo proposto.

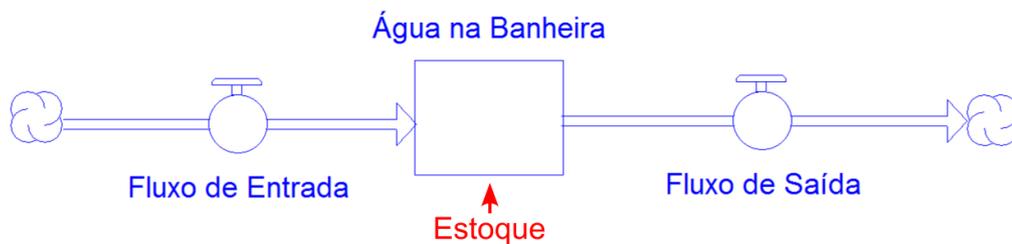
#### 2.4.2 Estoques

No cotidiano, encontra-se inúmeros exemplos de elementos que constantemente se acumulam ou se esgotam. Um exemplo prático é a caixa d'água instalada nas residências. A caixa d'água acumula água em um único local e a libera conforme é utilizada nas atividades diárias. Esse é um exemplo real de Estoque na Dinâmica de Sistemas. Segundo (Bastos, 2003), um Estoque é uma representação genérica de tudo que se acumula ou se esgota em um sistema. No contexto da Dinâmica de Sistemas, os Estoques são fundamentais, pois representam a quantidade

de recursos acumulados em um dado momento. Eles interagem com os Fluxos, que controlam a taxa de entrada e saída de recursos. Juntos, Estoques e Fluxos formam a estrutura básica de qualquer sistema dinâmico.

Pode-se ver em (Meadows, 2022, p. 35) outro exemplo prático de Estoque: uma banheira. Imagine uma banheira cheia de água, com o ralo tampado e as torneiras fechadas. Neste cenário, a água na banheira representa um Estoque. Agora, imaginando a remoção da tampa do ralo, tem-se que a água imediatamente começa a escorrer, representando um Fluxo. À medida que a água escoar, o nível na banheira, ou seja, o Estoque, diminui até que a banheira esteja completamente vazia. Este segundo exemplo ilustra claramente como Estoques e Fluxos interagem na Dinâmica de Sistemas, conforme observado na Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de Estoque "Água na Banheira".



Fonte: Adaptada da (Meadows, 2022, p. 35).

Os Estoques, conforme descrito por (Villela, 2005), representam acumulações ou desacumulações de recursos como água, dinheiro, prestígio pessoal e produtos químicos. Esses Estoques são variáveis especiais dentro da Dinâmica de Sistemas, cujo valor ou estado depende do histórico do sistema, ou seja, do que aconteceu no passado. Eles são fundamentais para entender a dinâmica do sistema, pois fornecem uma "memória" que pode influenciar o comportamento futuro.

Conforme explicitado por (Villela, 2005, p. 8), a equação de transição de um estoque no tempo  $T$  para o tempo  $T + dt$  é dada pela seguinte equação:

$$Estoque(T + dt) = Estoque(T) + Fluxo(dt) * dt \quad (2.1)$$

Conforme detalhado em (Villela, 2005, p. 8):

Normalmente, o intervalo de tempo  $dt$  é igual a uma unidade de tempo (segundo, minuto, hora, dia, semana, mês, trimestre, semestre, ano, década, século, milênio, etc.). Esta unidade de tempo comanda todo o processo de simulação do modelo ao longo do tempo, isto é, o sistema é mostrado na tela do computador de  $dt$  em  $dt$  unidades de tempo.

É importante observar que, na equação 2.1, o Fluxo é multiplicado pelo termo  $dt$ . Esse termo representa um pequeno intervalo de tempo e é fundamental para a compreensão da dinâmica do sistema. A multiplicação do Fluxo por  $dt$  é dimensionalmente correta e reflete a natureza do Fluxo como uma taxa de mudança ao longo do tempo. Em outras palavras, a unidade de medida do Fluxo é sempre uma "unidade qualquer" dividida por uma unidade de tempo, como metros por segundo, dólares por ano ou, no caso desta proposta, execuções por avaliação. Portanto, quando multiplicamos o Fluxo por  $dt$ , estamos efetivamente calculando a quantidade do recurso que flui para dentro ou para fora do Estoque durante esse pequeno intervalo de tempo  $dt$ . Isso é fundamental para entender como o estado do Estoque muda ao longo do tempo.

Os Estoques, segundo (Radzicki, 1997 apud Bastos, 2003), possuem três características básicas:

1. **Efeito memória dos Estoques:** Os Estoques possuem um efeito de memória, semelhante à resistência ou inércia. Se o Fluxo de um Estoque é interrompido, o nível ou a quantidade acumulada no Estoque permanece inalterada, refletindo o estado do sistema no exato momento da interrupção. Isso significa que um Estoque mantém um registro do passado e que o padrão de acumulação em um Estoque normalmente não reflete o padrão do Fluxo.
2. **Repartição de Fluxos pelos Estoques:** Os Estoques dividem os Fluxos em fluxos de entrada (ou alimentação) e fluxos de saída (ou drenagem). A diferença entre esses dois Fluxos resulta em um desequilíbrio dentro do Estoque, como ilustrado na Figura 7. Esta repartição é crucial para entender como os recursos são transferidos e acumulados dentro do sistema.
3. **Atrasos criados pelos Estoques:** Os Estoques introduzem atrasos (*delays*) no sistema. Quando há uma variação em qualquer Estoque dentro de um sistema, existe um intervalo de tempo  $dt$  antes que essa mudança se reflita no restante do sistema. Este atraso, que pode ser observado na equação 2.1, é fundamental para entender a dinâmica temporal do sistema e como as mudanças em uma parte do sistema podem afetar outras partes ao longo do tempo.

Segundo (Sannino, 2006), a identificação dos padrões de atraso é crucial na Dinâmica de Sistemas. Esses atrasos, inerentes aos Estoques, podem alterar o comportamento do sistema de várias maneiras, criando um descompasso entre causa e efeito. Esse descompasso pode tornar o diagnóstico e a tomada de decisões pelos gestores mais desafiadores, pois podem não perceber

imediatamente a conexão entre as ações tomadas (causas) e seus efeitos no sistema. Esse é um exemplo da complexidade inerente aos sistemas dinâmicos e destaca a importância de uma compreensão profunda dos Estoques e dos atrasos na modelagem e gestão desses sistemas.

### **2.4.3 Conversores**

De acordo com Maani (Maani; Cavana, 2000), no contexto da Dinâmica de Sistemas, os Conversores são considerados variáveis intermediárias. Essas variáveis podem substituir as equações de Fluxo, desde que o modelo tenha sido concebido para esse propósito. A função dos Conversores é inserir, manipular ou converter dados, o que proporciona flexibilidade adicional na modelagem de sistemas dinâmicos. Essa característica permite uma representação mais precisa e eficiente dos processos em estudo, facilitando a análise e compreensão do comportamento do sistema ao longo do tempo.

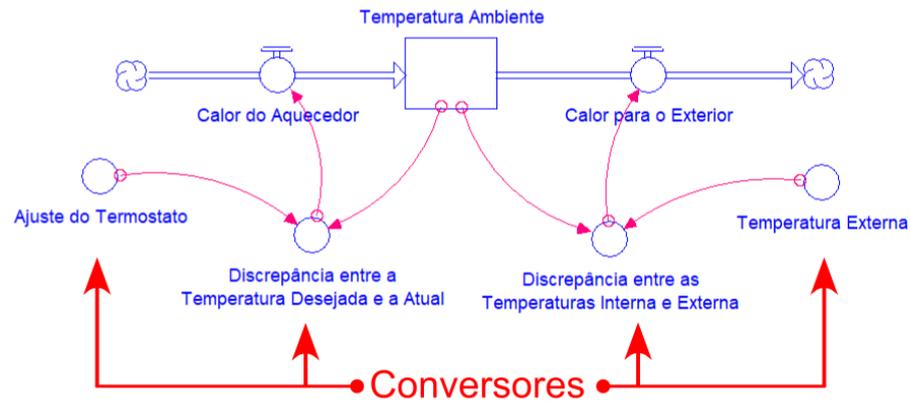
Muitas vezes, os Conversores assumem o papel de variáveis auxiliares ou de entrada de dados. O valor dessas variáveis é usado para combinar ou reformular informações. É através delas que se pode combinar estoques, taxas de fluxos e somatórios entre conversores. Uma particularidade é que, para alterar o valor de um estoque através de um Conversor, isso deve ser realizado através de um Fluxo de Entrada, tendo em vista que, intrinsecamente, os Estoques só podem ter seus valores alterados através dos Fluxos.

Na Figura 8, observa-se os Conversores "Ajuste do Termostato" e "Temperatura Externa" atuando como variáveis de entrada. Por outro lado, os Conversores "Discrepância entre a Temperatura Desejada e a Atual" e "Discrepância entre as Temperaturas Interna e Externa" atuam como variáveis intermediárias, recebendo dados do Estoque, processando-os e enviando os valores processados para os Fluxos de Entrada e Saída, respectivamente.

De acordo com Sannino (Sannino, 2006), a característica distintiva de um conversor reside na sua capacidade de modelar informações. Diferentemente dos estoques, os conversores não possuem o chamado "efeito memória", pois não lidam com fluxos de bens físicos ou quantidades. Em vez disso, operam no domínio da informação, transformando e transmitindo dados sem necessitar rastrear estados anteriores. Esta distinção fundamental entre conversores e estoques é crucial para a compreensão e aplicação eficaz da Dinâmica de Sistemas.

Em resumo, a compreensão dos conversores dentro da Dinâmica de Sistemas é essencial para a modelagem precisa e eficiente de processos complexos. Sua capacidade de transformar e transmitir informações sem o "efeito memória" diferencia-os significativamente dos

Figura 8 – Exemplo de Conversor "Ajuste do Termostato".



Fonte: Adaptada da (Meadows, 2022, p. 35).

estoques, permitindo uma análise mais detalhada e flexível dos sistemas. A aplicação adequada dos conversores facilita a análise de sistemas dinâmicos, promovendo uma melhor compreensão do comportamento dos processos ao longo do tempo e contribuindo para a tomada de decisões informada e eficaz.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, serão apresentados alguns trabalhos selecionados conforme a área de estudo aplicada. Esses trabalhos envolvem qualidade de *software*, MPS.BR e a aplicação de modelos utilizando Dinâmica de Sistemas.

O estudo de Fenner *et al.* (Fenner *et al.*, 2021a), intitulado "Um Modelo para Suporte ao Gerenciamento de Qualidade de *Software* com Base na Dinâmica de Sistemas", é um marco na análise de cenários de negócios que envolvem a qualidade do *software*. Este estudo destaca a necessidade de uma análise abrangente desses cenários, permitindo que os gestores tomem decisões mais informadas sobre o que deve ser testado para atender às necessidades das partes interessadas.

De acordo com Fenner, o autor não apenas identifica essa necessidade, mas também apresenta um novo modelo para simular e estimar quantitativamente a avaliação da qualidade de um *software* com base em cenários reais. O modelo proposto oferece suporte ao gerenciamento e à tomada de decisão, tornando-se um recurso valioso para os profissionais da área.

A pesquisa de (Fenner *et al.*, 2021a) foi uma inspiração para o modelo proposto neste trabalho. Embora Fenner proponha um modelo mais voltado para a qualidade de *software*, ele utiliza a Dinâmica de Sistemas para isso. A proposta apresentada neste trabalho é focada na aplicação de um modelo de avaliação, utilizando, assim como Fenner, Dinâmica de Sistemas.

A principal contribuição do trabalho de (Fenner *et al.*, 2021a), segundo o autor, é a possibilidade de realizar simulações de qualidade com base em cenários de negócios reais. Esta abordagem permite uma avaliação mais precisa e relevante da qualidade do software, levando a melhorias significativas na entrega do produto final.

A aplicação da DS em simulações para solução de problemas na área da Tecnologia da Informação (TI) tem sido referenciada na literatura como relevante, efetiva e útil, conforme podemos observar em (Fenner *et al.*, 2021b), (Bezerra *et al.*, 2014b), (Bezerra *et al.*, 2014c), (Bezerra *et al.*, 2014a) e (Nielsen; Nielsen, 2013).

A DS é uma metodologia amplamente aplicada em diversos campos, não se limitando apenas à Ciência da Computação. Um exemplo disso é o trabalho de (Silva *et al.*, 2023), intitulado "Proposta de um Modelo de Dinâmica de Sistemas da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares: Um Estudo Aplicado a Curitiba (Brasil) a Luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)", que considera o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos como um problema significativo para a gestão das cidades, exigindo soluções para o seu gerenciamento e

disposição ambientalmente segura.

Outro trabalho relevante é o de Silva (Silva *et al.*, 2023). Para o autor, a questão dos resíduos sólidos urbanos é global, e países em todo o mundo estão buscando diferentes formas de resolvê-la. O objetivo de seu trabalho foi propor um modelo em DS para a gestão de resíduos sólidos urbanos, aplicado especificamente ao município de Curitiba. A metodologia empregada incluiu um estudo descritivo e entrevistas semiestruturadas, além de pesquisa bibliográfica e documental para a obtenção de dados primários e secundários necessários para a elaboração do seu modelo proposto. A construção do modelo seguiu a metodologia da Dinâmica de Sistemas, incluindo a aplicação de um estudo de caso em Curitiba.

O estudo realizado por (Silva *et al.*, 2023) teve um papel fundamental em ampliar nossa compreensão sobre a aplicação da DS em uma área distinta da Qualidade de *Software* ou da Tecnologia da Informação. Através deste estudo, observamos como a DS foi aplicada para lidar com um problema real, transformando-o em um modelo dinâmico. A principal contribuição deste trabalho para nosso próprio modelo foi a análise detalhada da fase de *Design* da metodologia *Design Science Research* (DSR), aplicada a um contexto prático. Na seção de Metodologia, dedicaremos uma análise minuciosa a essa fase de *design* desta nossa proposta, destacando suas implicações e decisões aplicadas.

Assim como foi mostrado por (Fenner *et al.*, 2021a) e por (Silva *et al.*, 2023) este trabalho propõem um modelo utilizando a DS, no entanto, o modelo proposto é voltado para uma simulação de Avaliação do MPS.BR com base nas diretrizes fornecidas por (SOFTEX, 2023a) especificamente para os níveis de maturidade F e G.

Além disso, o trabalho de Rocha (Rocha, 2024) destaca a importância do MPS.BR na busca contínua pela excelência nos processos de desenvolvimento de *software* no Brasil. O MPS.BR, criado com base em práticas internacionais e adaptado à realidade nacional, oferece um conjunto de diretrizes e metas que visam elevar a qualidade dos produtos e serviços de *software*.

Uma das principais características do MPS.BR é a sua flexibilidade. Ao contrário de modelos rígidos, ele não impõe processos específicos, mas sim propósitos e resultados esperados. Isso permite que cada UO adapte os processos de acordo com suas necessidades, definindo atividades e tarefas relevantes para o seu contexto. A personalização é essencial para garantir que as práticas sejam aplicadas de maneira consistente e alinhadas aos objetivos da empresa. Para esta proposta, serão considerados os processos que pertencem aos níveis de maturidade F e G, juntamente com todos os seus Resultados Esperados.

O MPS.BR também oferece um processo de avaliação que permite às organizações medir seu nível de maturidade em relação aos processos. A certificação MPS.BR é reconhecida nacional e internacionalmente, o que demonstra o compromisso da empresa com a melhoria contínua. Essa abordagem sistemática e baseada em evidências contribui para elevar o padrão da indústria de *software* no Brasil, beneficiando tanto as empresas quanto a comunidade de desenvolvimento de *software*.

O trabalho de Oliveira *et al.*, (Oliveira *et al.*, 2007), intitulado "A Experiência da IA Estratégia em Avaliações MPS.BR", é uma contribuição significativa para o entendimento prático do MA-MPS. Os autores apresentam, de forma clara e objetiva, uma análise crítica das experiências de avaliação MPS.BR realizadas pela empresa Estratégia Tecnologia da Informação. O artigo detalha as principais dificuldades encontradas, como problemas com templates de documentos e questões de infraestrutura, bem como as lições aprendidas e melhores práticas adotadas pela Instituição Avaliadora (IA) ao longo de nove avaliações de diferentes níveis do MPS.BR. Além disso, o trabalho fornece uma visão consolidada das avaliações realizadas, incluindo informações sobre as organizações avaliadas e a competência da equipe de avaliadores, oferecendo insights valiosos para a melhoria contínua do processo de avaliação.

De acordo com Oliveira *et al.*, (Oliveira *et al.*, 2007), as boas práticas na avaliação de processos MPS.BR incluem o uso de templates padronizados fornecidos pela SOFTEX, apesar de algumas dificuldades de formatação identificadas. O estudo, embora não esteja atualizado com as versões mais recentes do MR-MPS-SW e do MA-MPS, fornece uma visão empírica importante baseada em nove avaliações realizadas. Os autores demonstram que o processo de avaliação do MPS.BR requer não apenas conhecimento técnico, mas também atenção a aspectos práticos como infraestrutura adequada, logística e preparação para imprevistos. O trabalho destaca a importância de uma equipe de avaliadores experiente e bem preparada, capaz de lidar com desafios como problemas de templates, questões de infraestrutura e compatibilidade de software. Essas lições aprendidas e melhores práticas contribuem para a realização de avaliações mais eficazes e eficientes, atendendo aos objetivos do processo de avaliação MPS.BR.

A principal contribuição identificada no trabalho de (Oliveira *et al.*, 2007) para o modelo proposto neste estudo foi fornecer um entendimento geral prático da aplicação de uma avaliação de nível de MPS.BR em um ambiente real, que pode ser alinhado com as diretrizes atualizadas para a aplicação de uma avaliação de nível, conforme visto em (SOFTEX, 2023a).

Os estudos analisados demonstram a ampla aplicabilidade e a relevância da DS e do

modelo MPS.BR em diferentes contextos, desde a qualidade de *software* até a gestão de resíduos sólidos urbanos. O trabalho de Fenner *et al.* (Fenner *et al.*, 2021a) destacou a importância de simulações baseadas em cenários reais para a tomada de decisões mais informadas no gerenciamento de qualidade de *software*. Da mesma forma, a pesquisa de Silva (Silva *et al.*, 2023) exemplificou o uso da DS para resolver problemas complexos na gestão de resíduos, oferecendo *insights* valiosos para a fase de *design* da metodologia DSR. O estudo de Oliveira e Souza (Oliveira *et al.*, 2007) proporcionou uma compreensão prática das avaliações MPS.BR, destacando a necessidade de uma equipe capacitada e bem preparada para uma aplicação eficaz dessas avaliações.

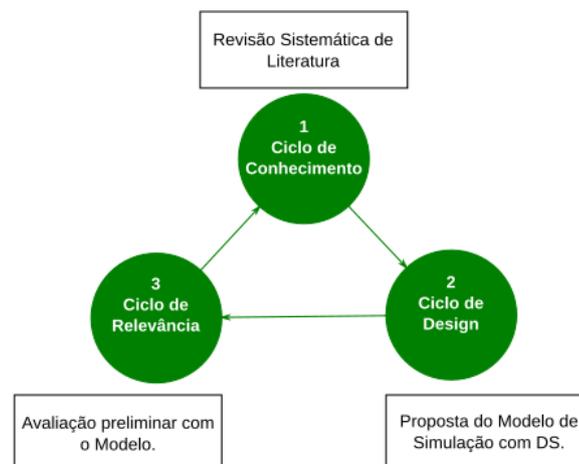
Esses trabalhos não apenas evidenciam a flexibilidade e eficácia da DS e do MPS.BR, mas também sublinham a importância de uma abordagem adaptada às necessidades específicas de cada organização. Com base nas diretrizes fornecidas por estudos anteriores e nas atualizações dos modelos MR-MPS-SW e MA-MPS, a presente pesquisa propõe um modelo de simulação para a Avaliação do MPS.BR, especificamente para os níveis de maturidade F e G, visando otimizar a qualidade dos processos de desenvolvimento de *software*. A síntese dessas contribuições estabelece uma base sólida para a aplicação prática e teórica das metodologias abordadas, ressaltando a pertinência do modelo proposto neste trabalho.

## 4 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, utilizou-se a metodologia DSR, que permite o desenvolvimento de conhecimento através de artefatos inovadores e tecnológicos, seguindo um conceito pré-definido baseado em ciclos. Segundo Pimentel *et al.* (Pimentel *et al.*, 2019), na DSR, o pesquisador precisa comprometer-se a resolver um problema prático em um contexto específico por meio de um artefato, gerando novo conhecimento científico. Oliveira e Neves (Oliveira; Neves, 2019) afirmam que a DSR busca, como método de pesquisa orientado à solução de problemas, a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos que possam transformar situações, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis.

Com base no estudo apresentado por Pimentel *et al.* (Pimentel *et al.*, 2019), entende-se que a DSR é composta por três grandes ciclos durante sua aplicação. São eles: (1) Ciclo de Conhecimento, (2) Ciclo de Design e (3) Ciclo de Relevância. Segundo Pimentel *et al.* (Pimentel *et al.*, 2019), o Ciclo de Conhecimento envolve a consolidação de teorias e a compreensão dos comportamentos humano, social e organizacional relacionados ao tema de pesquisa, embasado em uma revisão de literatura. O Ciclo de Design, por sua vez, se concentra na criação de um artefato que visa resolver um problema concreto dentro de um contexto específico. Finalmente, o Ciclo de Relevância está ligado ao contexto no qual o artefato é desenvolvido, sendo neste ciclo que se estabelecem os critérios para a aceitação dos resultados obtidos com o artefato. Para facilitar o entendimento, o relacionamento entre os ciclos pode ser visto na Figura 9:

Figura 9 – Ciclos da Design Science Research (DSR)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para este estudo, destaca-se que no Ciclo de Conhecimento foi realizada uma RSL;

no Ciclo de *Design*, foi proposto um Modelo de Simulação para Avaliação dos Níveis F e G do MPS.BR utilizando DS; e no Ciclo de Relevância, foi realizada uma avaliação preliminar (teste piloto) do modelo com três especialistas que atuavam na área de aplicação do modelo proposto, a qual obteve resultados iniciais promissores. Na sequência, foram realizadas pequenas melhorias metodológicas e implementado o modelo apresentado nesta dissertação.

#### 4.1 Primeiro Ciclo - Ciclo de Conhecimento

No primeiro ciclo, o de Conhecimento, foi realizada uma RSL nas bases de dados da Association for Computing Machinery (ACM), IEEE, Scopus e ScienceDirect. O principal objetivo deste ciclo foi identificar publicações primárias que contivessem modelos de simulação de avaliação para qualquer nível do MPS.BR, não apenas os níveis F e G. Essa busca resultou inicialmente em 94 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, seguindo as orientações de (Keele *et al.*, 2007), foram selecionados 8 artigos. A análise desses artigos revelou propostas para alguns modelos destinados a mensurar um índice de qualidade durante o processo de desenvolvimento de software. Foram encontrados também outros materiais sobre o MPS.BR e sua importância para o desenvolvimento de software com qualidade, mas nada tão específico quanto um modelo de simulação da avaliação para os níveis F e G, que é o foco deste trabalho.

Durante a execução da RSL, foram usados os termos de busca listados na Tabela 1, conforme as diretrizes apresentadas em (Keele *et al.*, 2007):

Tabela 1 – Termos de busca utilizados na RSL

Classificação	Palavras Relacionadas
<b>População</b>	T1: MPS.BR T2: Maturity Levels OR Level G OR Level F OR Software Quality OR Software Process Improvement
<b>Intervenção</b>	T3: System Dynamics OR Simulation Models OR Modeling T4: Simulation Tools OR Process Simulation OR Software Process Simulation T5: Software Engineering OR Software Development Process OR Software Process Assessment
<b>Modelo da String de Busca</b>	((T1 AND T2) AND (T3 OR T4 OR T5))

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode-se observar na Tabela 1, no campo **Modelo da String de Busca**, que, no contexto deste ciclo, a *String* de Busca refere-se a uma expressão fundamental em Revisões Sistemáticas de Literatura. Refere-se a um conjunto de termos ou palavras-chave utilizados para

buscar e selecionar estudos relevantes em bases de dados científicas. Essa *String* é criada com o objetivo de identificar artigos, teses, dissertações e outras publicações que abordem o tema de interesse do trabalho.

Utilizando as palavras-chave aplicadas ao modelo da *String* de Busca apresentado na Tabela 1 e seguindo as especificidades de cada base de dados selecionada, foram definidas as *Strings* de Busca apresentadas na Tabela 2 para cada base específica:

Tabela 2 – *String* de Busca utilizada na base de dados selecionadas

Base de Dados	<i>String</i> de Busca
<b>Biblioteca Digital da ACM</b>	("MPS.BR"AND ("Maturity Levels"OR "Level G"OR "Level F"OR "Software Quality"OR "Software Process Improvement") AND (("System Dynamics"OR "Simulation Models OR Modeling") OR ("Simulation Tools"OR "Process Simulation"OR "Software Process Simulation") OR ("Software Engineering"OR "Software Development Process"OR "Software Process Assessment")))
<b>Science Direct</b>	("MPS.BR"AND ("Maturity Levels"OR "Level G"OR "Level F"OR "Software Quality"OR "Software Process Improvement")
<b>SCOPUS</b>	(TITLE-ABS-KEY(("MPS.BR"AND ("Maturity Levels"OR "Level G"OR "Level F"OR "Software Quality"OR "Software Process Improvement") AND (("System Dynamics"OR "Simulation Models OR Modeling") OR ("Simulation Tools"OR "Process Simulation"OR "Software Process Simulation") OR ("Software Engineering"OR "Software Development Process"OR "Software Process Assessment")) AND (LIMIT-TO(PUBYEAR,2023) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2022) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2021) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2020) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2019) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2018))))
<b>IEEE</b>	((("Author Keywords":MPS.BR AND ("Author Keywords":Maturity Levels OR "Author Keywords":Level G OR "Author Keywords":Level F OR "Author Keywords":Software Quality OR "Author Keywords": Software Process Improvement) AND (("Author Keywords":System Dynamics OR "Author Keywords":Simulation Models OR Modeling) OR ("Author Keywords":Simulation Tools OR "Author Keywords": Process Simulation OR "Author Keywords":Software Process Simulation) OR ("Author Keywords": Software Engineering OR "Author Keywords":Software Development Process OR "Author Keywords": Software Process Assessment))) OR ("Document Title":MPS.BR AND ("Document Title":Maturity Levels OR "Document Title":Level G OR "Document Title":Level F OR "Document Title":Software Quality OR "Document Title":Software Process Improvement) AND (("Document Title":System Dynamics OR "Document Title":Simulation Models OR Modeling) OR ("Document Title":Simulation Tools OR "Document Title":Process Simulation OR "Document Title":Software Process Simulation) OR ("Document Title":Software Engineering OR "Document Title":Software Development Process OR "Document Title":Software Process Assessment))) OR ("Abstract":MPS.BR AND ("Abstract": Maturity Levels OR "Abstract":Level G OR "Abstract":Level F OR "Abstract":Software Quality OR "Abstract":Software Process Improvement) AND (("Abstract":System Dynamics OR "Abstract": Simulation Models OR Modeling) OR ("Abstract":Simulation Tools OR "Abstract":Process Simulation OR "Abstract":Software Process Simulation) OR ("Abstract":Software Engineering OR "Abstract":Software Development Process OR "Abstract":Software Process Assessment)))

Fonte: Elaborada pelo autor.

Um ponto importante a ser destacado sobre essa fase do Primeiro Ciclo foi que

durante o período de realização da RSL a pesquisa avançada na fonte de busca *Science Direct* estava limitada a um máximo de 8 operadores lógicos. Isso não foi suficiente, especialmente ao aplicar uma *String* de Busca dentro de uma RSL que é válida para outras fontes de busca, que são capazes de aceitar *strings* de pesquisa com mais operadores lógicos. Consideramos apenas a *String* de busca referente à População (T1 AND T2) para realizar a busca nesta fonte de dados.

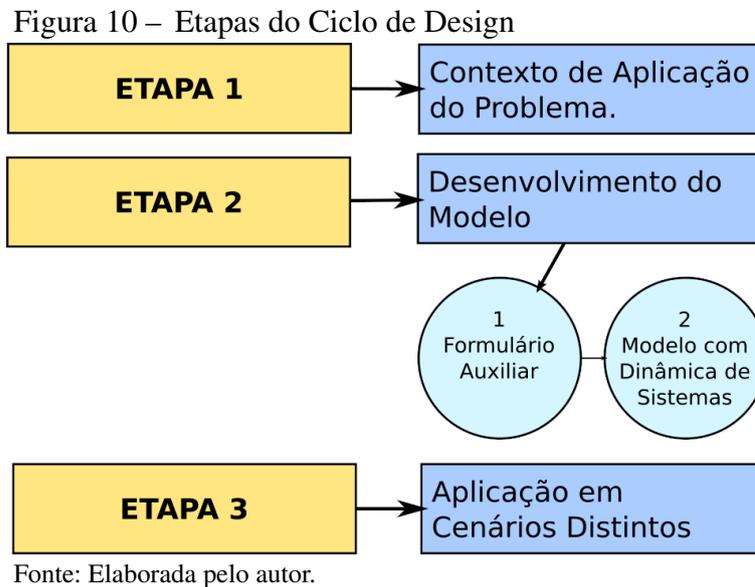
Após a análise dos principais estudos identificados na RSL, observamos que a literatura apresenta diversas abordagens para tratar a qualidade do desenvolvimento de *software*. Um exemplo é o estudo de (Fenner *et al.*, 2021a), que propõe modelos que utilizam DS. Também observamos o uso da Dinâmica de Sistemas em outros contextos, como na avaliação do nível de capacidade de um determinado serviço. No entanto, de acordo com os critérios estabelecidos para esta RSL, não foram encontrados estudos que pudessem ser comparados diretamente com o modelo proposto neste trabalho, ou seja, estudos que visam simular a avaliação para os Níveis F e G do MPS.BR utilizando Dinâmica de Sistemas.

## 4.2 Segundo Ciclo - Ciclo de Design

No segundo ciclo, o de *Design*, buscou-se desenvolver o modelo proposto seguindo os objetivos do DSR, que, segundo Pimentel *et al.* (Pimentel *et al.*, 2020), são: (1) desenvolver um artefato para resolver um problema prático em um contexto específico e (2) gerar novos conhecimentos técnicos e científicos. O problema prático que a presente proposta visou resolver foi a ausência de modelos para aplicação da avaliação do MPS.BR, constatada por meio da RSL realizada no Ciclo de Conhecimento. O contexto específico envolve a utilização da teoria de Dinâmica de Sistemas.

Este Ciclo de Design foi dividido em três Etapas, conforme ilustrado na Figura 10. Na **Etapa 1**, foi definido o contexto de aplicação do problema para o modelo proposto, realizado por meio do estudo da metodologia de aplicação da Avaliação do MPS.BR para os níveis F e G, conforme especificado no Guia de Avaliação do MPS.BR (SOFTEX, 2023a). Em seguida, na **Etapa 2**, foram levantadas as necessidades técnicas para o desenvolvimento do modelo utilizando a DS. Durante o estudo, identificou-se a necessidade de otimizar o modelo proposto mediante a aplicação de um formulário que condensa as definições para a Caracterização e Agregação de cada resultado esperado dos processos de cada nível proposto. Essa otimização deu-se através do mapeamento dos vários subprocessos do MA-MPS em dois artefatos distintos. Um deles focou em como realizar a conversão dos graus de implementação de cada RE, enquanto o outro tratou

das regras para caracterizar o grau de satisfação do nível de capacidade do processo. Por fim, na **Etapa 3**, os artefatos desenvolvidos foram aplicados em alguns cenários distintos para validar empiricamente o modelo, conforme ressalta Pimentel *et al.* (Pimentel *et al.*, 2020).



#### 4.2.1 Etapa 1 - Contexto de Aplicação do Problema

A simulação das avaliações dos níveis de maturidade F e G do MPS.BR em uma UO ainda carece de modelos robustos e validados. Os resultados da RSL evidenciam essa lacuna, indicando a necessidade de desenvolver novas abordagens que possam simular o processo de avaliação e seus resultados.

A ausência de tais modelos limita a capacidade de uma UO de prever e se preparar para os desafios associados ao alcance de níveis de maturidade do MPS.BR de forma autônoma. No entanto, isso não inviabiliza o trabalho, pois existem várias Instituições Avaliadoras (IAs) no mercado brasileiro que realizam essa função, como, por exemplo, a "IMPLEMENTUM", que atua no estado do Rio de Janeiro, e a "Techné Consultoria e Sistemas Ltda", que opera no estado do Ceará. Estes são apenas dois exemplos de uma lista oficial da SOFTEX, que pode ser consultada em seu site (SOFTEX, 2024). Além dessas IAs, existem também consultores independentes com expertise suficiente para realizar simulações com suas próprias metodologias.

A contribuição de especialistas, como a Professora Dra. Ana Regina Cavalcanti da Rocha e o Implementador Francisco Dione de Sousa Amâncio, foi vital para o aprimoramento do modelo proposto. As sugestões de melhoria, baseadas em anos de experiência prática e teórica,

forneceram *insights* valiosos que puderam ser incorporados ao modelo proposto para aumentar sua eficácia e precisão. A integração dessas sugestões pode resultar em um modelo mais alinhado com as complexidades das avaliações de maturidade dos níveis F e G do MPS.BR.

A complexidade inerente às avaliações de maturidade justifica a decisão de dividir o modelo em dois artefatos distintos. Essa abordagem permite uma análise mais detalhada e focada de cada aspecto do processo de avaliação, conforme evidenciado pelo Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a). Ao separar os componentes, é possível dedicar atenção especializada às variáveis e aos critérios que definem o nível de maturidade desejado, resultando em uma simulação mais precisa e informativa.

Nesta fase, também foi decidido que a aplicação prática do modelo proposto deve ser testada em diferentes contextos organizacionais para garantir sua adaptabilidade e robustez. A definição do contexto de aplicação do problema é crucial para compreender as variáveis específicas que influenciam o processo de avaliação em diferentes tipos de UO. A flexibilidade do modelo em se adaptar a essas variáveis é um indicador crucial de sua utilidade prática.

Na Etapa 2, foram desenvolvidos dois artefatos principais: o FAMP e o MPDS. A necessidade de uma ferramenta robusta e acessível para a coleta e análise de dados foi atendida com o uso do *LibreOffice Calc*. A escolha desse *software* de planilhas eletrônicas deve-se à sua robustez e facilidade de uso. Isso permitiu a criação do FAMP, que alinha as tarefas iniciais da avaliação do MPS.BR com o MPDS. O FAMP foi especialmente projetado para capturar as nuances das entrevistas iniciais aplicadas durante a avaliação oficial da SOFTEX, utilizando fórmulas e macros para processar as informações coletadas.

#### **4.2.2 Etapa 2 - Desenvolvimento do Modelo Proposto**

O FAMP foi desenvolvido para tratar as complexidades das fases de entrevistas apresentadas pelo Guia de Avaliação do MPS.BR (SOFTEX, 2023a), estruturando as informações coletadas em cinco perguntas-chave, apresentadas na Tabela 3. Essas perguntas foram cuidadosamente elaboradas para abranger as diversas possibilidades da Caracterização e Agregação dos RE de cada processo e projeto. O FAMP serve como um instrumento para condensar e organizar os dados, facilitando o passo subsequente dentro da estrutura apresentada e sua aplicação no MPDS, como ilustrado na Figura 10.

O FAMP foi alinhado com as diretrizes do MPS.BR conforme descrito no Guia de Avaliação do MPS.BR (SOFTEX, 2023a), garantindo que todas as tarefas e requisitos iniciais

Tabela 3 – As Cinco Perguntas Chaves do FAMP

Ordem	Pergunta Chave
1	O indicador direto necessário está presente e é considerado adequado para avaliar o Resultado Esperado?
2	Alguém na UO confirmaria a implementação desse Resultado Esperado durante uma entrevista formal?
3	Você identifica algum ponto fraco ou deficiência na implementação deste Resultado Esperado?
3.1	Se sim, o ponto fraco é considerado substancial o suficiente para afetar significativamente a implementação do Resultado Esperado?
4	Podemos inferir, a partir de evidências ou declarações, que partes do Resultado Esperado estão sendo implementadas?

Fonte: Elaborada pelo autor.

fossem contemplados. Isso garante que o modelo proposto esteja em conformidade com as práticas estabelecidas e reconhecidas para a avaliação de maturidade segundo o Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a), ao mesmo tempo que oferece uma abordagem inovadora para a simulação do processo de avaliação dos níveis de maturidade F e G do MPS.BR.

Para dar continuidade à Etapa 2, foi desenvolvido um sistema de pontuação introduzido para quantificar os resultados das perguntas-chave, vistas na Tabela 3, as quais equivalem às entrevistas e análises iniciais e finais do processo de avaliação detalhado pelo Guia de Avaliação do MPS.BR (SOFTEX, 2023a). Esse sistema de pontuação permite uma avaliação objetiva dos dados coletados pelo FAMP, gerando variáveis numéricas de saída. Essas variáveis serão a entrada para execução do MPDS, que foi projetado para ser integrado ao *software* Stella, proporcionando uma base sólida para a simulação e previsão de resultados.

O MPDS receberá como entrada as variáveis geradas pelo FAMP para serem implementadas no *software* Stella, uma ferramenta de modelagem de dinâmica de sistemas. O uso do Stella permitirá a simulação do comportamento dos processos ao longo da execução, fornecendo um resultado ao final deste processo.

#### 4.2.3 Etapa 3 - Aplicação em Cenários Distintos

A Etapa 3 se caracteriza pela validação preliminar dos artefatos desenvolvidos durante a Etapa 2 e ainda não faz parte da validação final com um profissional implementador ou profissionais especialistas, tendo em vista que ainda faz parte do ciclo de desenvolvimento do modelo proposto e apresentado na Etapa 2.

Durante a aplicação da Etapa 3, foram avaliados alguns cenários hipotéticos para a validação do modelo proposto. Isso incluiu desde cenários onde a UO se propõe a alcançar os

níveis de maturidade F e G, com resultados bem-sucedidos, até cenários onde a UO se propõe a alcançar apenas o nível de maturidade G e não é bem-sucedida nesse intuito.

A Tabela 4 apresenta os cenários validados nesta etapa de aplicação do modelo proposto em diferentes contextos:

Tabela 4 – Cenários Validados durante a Etapa 3 do Ciclo de Design

Cenário	Descrição
1	A UO se propõe a alcançar os níveis de maturidade F e G, obtendo sucesso em ambos os níveis.
2	A UO se propõe a alcançar os níveis de maturidade F e G, obtendo sucesso no nível G, mas não no nível F.
3	A UO se propõe a alcançar os níveis de maturidade F e G, mas não obtém sucesso.
4	A UO se propõe a alcançar apenas o nível de maturidade G, obtendo sucesso nesse nível.
5	A UO se propõe a alcançar apenas o nível de maturidade G, mas não obtém sucesso.

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 4.3 Terceiro Ciclo - Ciclo de Relevância

No Ciclo de Relevância, uma avaliação preliminar do modelo proposto foi conduzida. Por questões de confidencialidade, a empresa onde o estudo foi aplicado será referida como *Unidade Organizacional X (UOX)*. A avaliação foi realizada individualmente com três especialistas da UOX, representando as áreas de Desenvolvimento, Processos e Gerência de TI, denominados Especialista 1 (ESP1), Especialista 2 (ESP2) e Especialista 3 (ESP3), respectivamente.

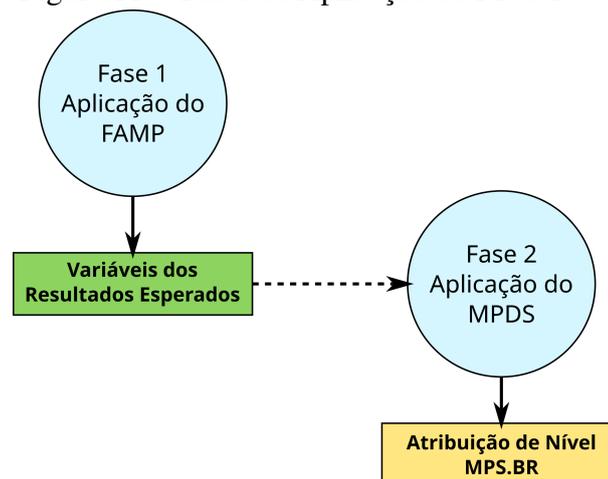
A Etapa 3, apresentada no Ciclo de Design, refere-se à validação do modelo desenvolvido durante este ciclo, conforme mostrado na Figura 10, que corresponde ao ciclo de design da metodologia DSR proposta neste estudo. No entanto, é importante não confundir esta validação intermediária no Ciclo de Relevância com a validação final do Modelo Proposto, que foi realizada por um profissional implementador convidado. A validação pelos especialistas citados acima considerou a experiência desses profissionais em suas respectivas áreas de atuação, relacionadas aos níveis de maturidade F e G do MPS.BR.

Para a avaliação do Ciclo de Relevância, utilizou-se a técnica *AD-HOC*, que, segundo (Leal *et al.*, 2022), consiste em um método espontâneo baseado no conhecimento empírico dos profissionais envolvidos. Cada especialista avaliou o modelo com base em sua experiência de trabalho na UOX. Durante a avaliação, cada especialista recebeu uma apresentação individual de aproximadamente 50 minutos, contextualizando o MPS.BR e o método de avaliação conforme definido por (SOFTEX, 2023a). Após a contextualização, foram apresentados o FAMP e o

MPDS, permitindo que os especialistas avaliassem a aplicabilidade do modelo proposto em situações que refletiam suas atividades profissionais cotidianas. A escolha dessa técnica foi apropriada, pois permitiu que os especialistas utilizassem suas próprias experiências para avaliar o modelo proposto.

A implementação do modelo é realizada em duas fases distintas: **Fase 1** e **Fase 2**. Na Fase 1, as variáveis são preparadas por meio da execução do FAMP, um instrumento essencial para a coleta e organização dos dados iniciais. Esta fase assegura que todos os dados necessários estejam prontos e estruturados para a análise subsequente. Na Fase 2, o MPDS é executado para determinar o nível de maturidade do MPS.BR, utilizando uma abordagem aplicada à DS, conforme ilustrado na Figura 11. Esta simulação permite uma avaliação criteriosa dos processos e práticas em conformidade com os requisitos do modelo proposto.

Figura 11 – Fases de Aplicação do Modelo



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para a análise da aplicação do modelo proposto, foi disponibilizado um formulário *on-line* no *Google Forms*, contendo perguntas relacionadas à confiabilidade, utilidade, precisão, acurácia e ao alcance dos objetivos propostos. A escolha do *Google Forms* deveu-se à sua acessibilidade e facilidade de uso. As respostas, baseadas em uma escala *Likert*, abrangiam desde "concordo totalmente" até "discordo totalmente". Posteriormente, os dados foram tabulados e analisados utilizando o *LibreOffice Calc*, conforme as técnicas apresentadas por Fanning *et al.* (Fanning *et al.*, 2020), devido à sua robustez e compatibilidade com diversos formatos de dados.

#### 4.4 Avaliação e Validação do Modelo Proposto

Para validar o modelo proposto, conduzimos uma avaliação inicial com especialistas cuidadosamente selecionados. Selecionamos 10 profissionais com mais de cinco anos de experiência significativa em gestão de processos, análise de sistemas, desenvolvimento e gestão de TI em diversas empresas de tecnologia do mercado. A seleção criteriosa visou obter *feedback* qualificado sobre o modelo. Utilizamos o questionário "Questionário Avaliativo da Aplicação do Modelo de Simulação para Avaliação dos Níveis F e G do MPS.BR com Dinâmica de Sistemas"(ver Apêndice B) para coletar as opiniões dos especialistas. Além disso, realizamos entrevistas semiestruturadas para aprofundar a compreensão das avaliações, utilizando o instrumento "Entrevista com Especialistas: Avaliação do Modelo de Simulação para os Níveis F e G do MPS.BR com Dinâmica de Sistemas"(ver Apêndice C).

Em seguida, conduzimos a validação por pares. Participaram dois profissionais certificados em MPS.BR pela SOFTEX, cada um com mais de seis anos de experiência na implantação dos níveis de maturidade F e G do modelo MPS-SW. Utilizamos o mesmo questionário previamente aplicado aos especialistas. A metodologia incluiu a análise de quatro projetos reais: dois em andamento sob a gestão dos profissionais e dois já concluídos. Para cada projeto, realizou-se uma avaliação detalhada com base nos RE de cada Processo, verificando se há aderência ou não de cada projeto a esses resultados. Após essa avaliação, agregaram-se os resultados dos projetos e inseriram-se as variáveis geradas pelo FAMP no MPDS, na aba Interface. Ao clicar no botão "Executar", foi possível verificar a aderência dos projetos aos níveis F e G do modelo MPS.BR.

Quanto aos instrumentos de pesquisa, aplicamos o "Questionário Avaliativo da Aplicação do Modelo de Simulação para Avaliação dos Níveis F e G do MPS.BR com Dinâmica de Sistemas" aos especialistas e aos pares. Além disso, realizamos entrevistas semiestruturadas exclusivamente com os especialistas, utilizando o guia "Entrevista com Especialistas: Avaliação do Modelo de Simulação para os Níveis F e G do MPS.BR com Dinâmica de Sistemas", proporcionando *insights* qualitativos sobre a aplicação do modelo.

As avaliações com os especialistas e os pares foram conduzidas separadamente. Utilizamos uma análise detalhada dos resultados, comparando as respostas obtidas para identificar pontos fortes e áreas de melhoria do modelo proposto. A comparação entre os *feedbacks* dos especialistas e dos pares nos permitiu obter uma visão abrangente e holística da aderência dos projetos aos níveis F e G do modelo MPS.BR. Essa abordagem garantiu uma validação

robusta, integrando perspectivas variadas e proporcionando uma avaliação crítica e aprofundada do modelo proposto.

## 5 MODELO PROPOSTO

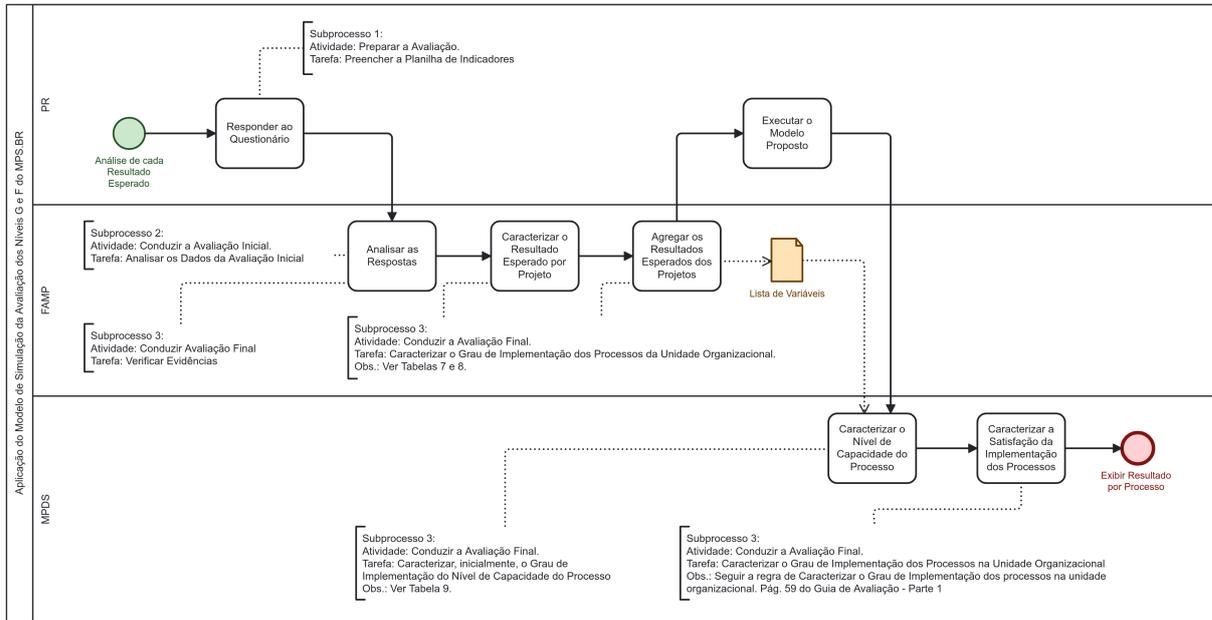
O Modelo de Simulação de Avaliação dos Níveis F e G do MPS.BR com Dinâmica de Sistemas é uma proposta acadêmica inovadora. Este modelo pode ser utilizado por qualquer UO que deseje avaliar o alinhamento de seus processos internos com os processos exigidos para os níveis F e/ou G do MPS.BR e disponham de um profissional com conhecimentos básicos em engenharia de software no modelo MPS-SW, antes de contratar uma avaliação oficial junto à SOFTEX. A metodologia empregada neste modelo permite uma análise aprofundada, oferecendo às UOs uma base sólida para a tomada de decisões. Os resultados esperados incluem uma maior eficiência operacional e uma melhor preparação para a avaliação oficial. Este modelo se distingue de outros, como, por exemplo, o apresentado por Fenner *et al.* (Fenner *et al.*, 2021a), pelo fato de seu foco ser na simulação da avaliação dos níveis F e G, e não um modelo para atender a um contexto mais geral. Conforme esclarece Pimentel *et al.* (Pimentel *et al.*, 2020), ele é um conjunto de artefatos que se aplica a um problema prático em um contexto específico, e pela sua abordagem sistemática ao usar a DS, uma metodologia poderosa para entender e melhorar os processos complexos. Para ilustrar a aplicação e a eficácia do modelo proposto, será apresentado um estudo de caso aplicado em uma UO com três especialistas durante a fase de validação do desenvolvimento e uma validação final do modelo proposto com dois grupos, especialistas e profissionais certificados.

De acordo com o Guia Geral MPS de Software (SOFTEX, 2023b), um RE do processo é um resultado observável quando o propósito do processo é alcançado com sucesso. É importante salientar que, de acordo com a metodologia de avaliação vista no Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a), pode-se afirmar que a base da avaliação do MPS.BR são os Resultados Esperados (REs) de cada projeto em seus respectivos processos e que uma declaração de RE, conforme deixa claro o Guia Geral MPS de Software (SOFTEX, 2023b), descreve um dos seguintes itens:

1. Produção de um artefato;
2. Uma mudança significativa no estado;
3. Atendimento das especificações especificadas.

A aplicação do modelo proposto neste trabalho pode ser resumida através da Figura 12, que indica a presença de três atores importantes ao longo da execução do processo. Esses atores são: o PR, que é a pessoa responsável pela execução do modelo na UO, o FAMP e o MPDS.

Figura 12 – Processo de Aplicação do Modelo em uma Unidade Organizacional



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 5.1 Formulário Auxiliar do Modelo Proposto - FAMP

Conforme pode ser observado na Figura 12, a primeira tarefa consiste em "Responder ao Questionário". O PR é o ator responsável por realizar o preenchimento do FAMP, de acordo com os critérios vistos no Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a), para cada RE, espera-se a avaliação de quatro projetos. O *status* atual de cada projeto a ser escolhido para a aplicação deste modelo proposto fica a critério do PR, mas o ideal é que ao menos dois Projetos estejam com o *status* concluído e os outros dois não podem estar em estado de cancelamento. Para esta tarefa inicial, o FAMP tem uma área específica para esse fim, conforme visto na Figura 13. Tem-se o Processo, o Nível onde esse processo será avaliado, o Resultado Esperado sendo avaliado, a Descrição do Resultado Esperado, a Categoria a qual o processo pertence, o Projeto que está sendo avaliado e a Caracterização atribuída ao Projeto/Resultado Esperado/Projeto.

### 5.1.1 Processos Considerados nesta Proposta

O FAMP disponibiliza, no campo **Processo**, as seguintes opções para o preenchimento do Processo o qual o PR estará realizando a avaliação naquele momento:

- Gerência de Projetos (GPR);
- Engenharia de Requisitos (REQ);
- Gerência de Configuração (GCO);

Figura 13 – Avaliação do Resultado Esperado por Projeto

<b>Processo:</b> Gerência de Projetos – GPR	<b>Nível:</b> G/F	<b>Projeto</b>	<b>Caracterização</b>
<b>Res. Esp.:</b> GPR 6	<b>Categoria:</b> Projeto	01	<b>N</b>
<b>Descrição</b> Os recursos humanos para o projeto são planejados considerando as habilidades e os conhecimentos necessários para executá-lo.		<p>Controle do Formulário</p> <p>Limpar    Caracterizar</p> <p>Limpar Agregação</p> <p><b>Agregar Projetos</b></p>	
Nota 1	(item informativo) Caso não existam na organização recursos humanos com as habilidades e conhecimentos necessários, estes podem ser contratados ou serem realizados treinamentos para superar as deficiências.		
Nota 2			

Fonte: Elaborado pelo autor

- Gerência Organizacional (ORG);
- Gerência de Processos (GCP);
- Medição (MED);
- Aquisição (AQU).

Após seleção do Processo pelo PR, o FAMP disponibiliza, através do campo **Res. Esp.**, uma lista personalizada por Processo dos Resultados Esperados de cada Processo. Dentre os quais um deles deve ser selecionado pelo PR para dar continuidade à tarefa de Responder ao Questionário.

### 5.1.2 Resultados Esperados dos Processos

Para Rocha (Rocha, 2024), os processos no modelo MPS.BR são estabelecidos com base nos objetivos e nos resultados esperados de sua implementação, conhecidos como Resultados Esperados. É responsabilidade de cada organização especificar seus próprios processos, definindo as atividades e tarefas necessárias. Este processo deve ser detalhadamente documentado para garantir sua aplicação consistente.

Agora, vamos explorar os Resultados Esperados de cada processo selecionado do MPS.BR para este modelo proposto. Esses resultados são cruciais para a Fase 2 da aplicação do modelo, conforme visto na seção 4.2, tendo em vista que é através da Caracterização e Agregação dos cada Resultado Esperado, que poderemos traçar o resultado final do nível de maturidade alcançado pela UO.

### 5.1.2.1 Resultados Esperados do Processo Gerência de Projetos (GPR)

O Processo **Gerência de Projetos (GPR)** tem os seguintes Resultados Esperados a serem considerados pelo PR:

- **GPR1** - O escopo do trabalho para o projeto é estabelecido, mantido atualizado e utilizado.
- **GPR2** - O processo a ser utilizado para a execução do projeto é descrito, mantido atualizado e utilizado.
- **GPR3** - Estimativas de dimensão de tarefas e produtos de trabalho do projeto são estabelecidas e mantidas atualizadas.
- **GPR4** - Estimativas de esforço, duração e custo para a execução das tarefas e dos produtos de trabalho do projeto são estabelecidas e justificadas.
- **GPR5** - O orçamento e o cronograma do projeto, incluindo a definição de marcos, são estabelecidos e mantidos atualizados.
- **GPR6** - Os recursos humanos para o projeto são planejados considerando as habilidades e os conhecimentos necessários para executá-lo.
- **GPR7** - Os recursos materiais e o ambiente de trabalho necessários para executar o projeto são estabelecidos e mantidos atualizados.
- **GPR8** - A estratégia de transição para operação e suporte do produto, incluindo as tarefas e o cronograma, é planejada.
- **GPR9** - O envolvimento das partes interessadas no projeto é planejado.
- **GPR10** - Os riscos ou oportunidades do projeto são identificados e o seu impacto, probabilidade de ocorrência e prioridade de tratamento são determinados e documentados.
- **GPR11** - A viabilidade de atingir as metas do projeto é avaliada considerando restrições e recursos disponíveis. Se necessário, ajustes são realizados.
- **GPR12** - Um plano geral para a execução do projeto é estabelecido com a integração consistente dos planejamentos realizados, e é mantido atualizado.
- **GPR13** - O Plano do Projeto é revisado com todos os interessados e o compromisso com ele é obtido.
- **GPR14** - O escopo, as tarefas, as estimativas, o orçamento, o cronograma, os recursos materiais e humanos e o ambiente de trabalho são monitorados em relação ao planejado.
- **GPR15** - O envolvimento das partes interessadas no projeto é monitorado e tratado em relação ao planejado.
- **GPR16** - A transição para a etapa de operação e suporte do produto é monitorada em

relação ao planejado.

- **GPR17** - Os riscos ou oportunidades do projeto são monitorados e seus resultados são comunicados às partes interessadas.
- **GPR18** - Ações para corrigir desvios em relação ao planejado são identificadas, implementadas e acompanhadas até o seu fechamento.

#### 5.1.2.2 *Resultados Esperados do Processo Engenharia de Requisitos (REQ)*

Por sua vez o Processo **Engenharia de Requisitos (REQ)** tem os seguintes Resultados Esperados a serem considerados pelo PR:

- **REQ1** - As necessidades, expectativas e restrições das partes interessadas, tanto em relação ao produto quanto a suas interfaces, são identificadas.
- **REQ2** - Os requisitos são especificados, priorizados e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.
- **REQ3** - Os requisitos são entendidos e analisados junto aos fornecedores de requisitos.
- **REQ4** - Os requisitos são aprovados pelos fornecedores de requisitos.
- **REQ5** - O compromisso da equipe técnica com a implementação dos requisitos é obtido.
- **REQ6** - A rastreabilidade bidirecional entre requisitos, atividades e produtos de trabalho do projeto é estabelecida e mantida.
- **REQ7** - Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos

#### 5.1.2.3 *Resultados Esperados do Processo Gerência de Configuração (GCO)*

O Processo **Gerência de Configuração (GCO)** tem os seguintes Resultados Esperados a serem considerados pelo PR:

- **GCO1** - Itens de configuração são identificados e seus níveis de controle são estabelecidos.
- **GCO2** - Um sistema para gerência de configuração e controle de mudanças é estabelecido, mantido atualizado e utilizado.
- **GCO3** - *Baselines* são estabelecidas considerando entregáveis e liberações aos interessados.
- **GCO4** - Registros de itens de configuração e de modificações realizadas nestes itens são estabelecidos, mantidos atualizados e utilizados.
- **GCO5** - Auditorias de configuração são executadas para avaliar as baselines e o conteúdo

do sistema de gerência de configuração.

#### *5.1.2.4 Resultados Esperados do Processo Gerência Organizacional (ORG)*

Já o Processo **Gerência Organizacional (ORG)** tem os seguintes Resultados Esperados a serem considerados pelo PR:

- **ORG1** - Diretrizes para definição e melhoria de processos são definidas, mantidas atualizadas e comunicadas pela gerência da organização, a partir das necessidades e objetivos da organização.
- **ORG2** - Recursos e treinamento para definição, apoio, execução, avaliação da aderência e melhoria dos processos são garantidos pela gerência da organização.
- **ORG3** - As informações necessárias para garantir à gerência da organização visibilidade sobre os processos são identificadas e utilizadas.
- **ORG4** - O alinhamento dos colaboradores às diretrizes organizacionais e à implementação dos processos é assegurado pela gerência da organização.

#### *5.1.2.5 Resultados Esperados do Processo Gerência de Processos (GPC)*

O Processo **Gerência de Processos (GPC)** tem os seguintes Resultados Esperados a serem considerados pelo PR:

- **GPC1** - Os processos necessários são desenvolvidos e mantidos atualizados.
- **GPC2** - Uma estratégia que inclua escopo e procedimentos de garantia da qualidade e o(s) plano(s) para garantia da qualidade são desenvolvidos, executados e mantidos atualizados, com base em dados históricos de qualidade.

#### *5.1.2.6 Resultados Esperados do Processo Medição (MED)*

O Processo **Medição (MED)** tem os seguintes Resultados Esperados a serem considerados pelo PR:

- **MED1** - Objetivos organizacionais de medição e de desempenho, derivados dos objetivos de negócio e das necessidades de informação, são definidos e mantidos atualizados.
- **MED2** - Medidas são identificadas a partir dos objetivos organizacionais de medição e de desempenho, são documentadas por meio de definições operacionais, mantidas atualizadas e disponibilizadas de acordo com os processos pertinentes.

- **MED3** - Medidas são coletadas, verificadas e armazenadas de acordo com as definições operacionais.
- **MED4** - Medidas são analisadas e os resultados da análise são armazenados de acordo com as definições operacionais.
- **MED5** - A partir do resultado da análise das medidas, ações corretivas são realizadas visando alcançar os objetivos de desempenho estabelecidos.
- **MED6** - Resultados de desempenho são periodicamente comunicados à organização.

#### 5.1.2.7 Resultados Esperados do Processo Aquisição (AQU)

Por fim, mas não menos importante, temos o Processo **Aquisição (AQU)** com os seguintes Resultados Esperados a serem considerados pelo PR:

- **AQU1** - Um acordo que expresse claramente as expectativas, responsabilidades e obrigações de ambas as partes (cliente e fornecedor) é estabelecido.
- **AQU2** - O fornecedor é monitorado de forma que as condições especificadas no acordo sejam atendidas gerando, quando necessário, ações corretivas e atualizações do acordo.
- **AQU3** - As obrigações do adquirente definidas no acordo, incluindo a gestão financeira, são satisfeitas.
- **AQU4** - As entregas do fornecedor são avaliadas em relação ao acordado e o resultado (aceite ou rejeição) é documentado.

Ao todo somam-se 46 Resultados Esperados que deverão ter sua Caracterização realizada por Projeto.

O próximo campo a ser considerado para a tarefa de "Responder ao Questionário" é o campo **Nível**. Ele é um campo informativo, que tem como principal função deixar claro ao PR a qual Nível de maturidade do MPS.BR aquele Processo estará relacionado, se somente ao Nível G, para aquelas UO que optarem pela avaliação somente deste nível ou se ao Nível G e ao Nível F para as UO que optarem pela avaliação do grau de maturidade F.

O campo **Categoria**, faz referência a qual categoria o Processo selecionado pelo PR está relacionada. Conforme visto na Figura 1, temos dois tipo de categorias, são elas:

- Processos de Projeto.
- Processos Organizacionais.

Além disso, como campo informativo, temos um local no FAMP dedicado a maiores explicações do Resultado Esperado selecionado pelo PR através do campo **Descrição**. Aqui

temos a descrição de cada Resultado Esperado e eventuais notas explicativas, conforme definido pelo Guia Geral MPS de Software (SOFTEX, 2023b). Através da Figura 14, temos um resumo geral do que foi apresentado até o momento.

Figura 14 – Descrição do Resultado Esperado e Notas

<b>Processo:</b>	Gerência de Configuração – GCO	<b>Nível:</b> F
<b>Res. Esp.:</b>	GCO 1	<b>Categoria:</b> Organizacional
<b>Descrição</b>		
Itens de configuração são identificados e seus níveis de controle são estabelecidos.		
Nota 1	(item requerido) Devem ser identificados itens de configuração tanto em nível de projeto quanto organizacional.	
Nota 2	(item requerido) As informações sobre os itens de configuração devem incluir: identificação única, tipo a que se refere, descrição, situação em que se encontra e relação com outros itens de configuração.	

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.1.3 *Projetos, Caracterização e Botões de Controle*

Outro aspecto importante a ser abordado nesta seção do Formulário é o espaço no FAMP onde o PR é responsável por selecionar quatro Projetos, um por vez, para cada Processo e RE previamente selecionados. Através das respostas fornecidas na área do questionário dos RE e Projetos, o FAMP é capaz de gerar uma Caracterização para cada Projeto específico. Essa Caracterização é então armazenada para futura utilização no processo de Agregação dos Resultados Esperados.

Conforme ilustrado na Figura 15, estes campos **Projeto** e **Caracterização** são de particular importância. O campo Projeto deve ser preenchido pelo PR de acordo com o RE que está sendo analisado. O campo Caracterização é determinado pelo conjunto de respostas fornecidas pelo PR às perguntas relativas a cada RE. De acordo com as diretrizes apresentadas na Tabela 5, cada RE em questão será caracterizado como **N**, **P**, **L**, ou **T**, que representam o **grau de implementação** do RE para o Projeto.

Quando seleciona o RE de um determinado Processo e o Projeto no qual esse RE está sendo associado, o PR deve responder certas perguntas para se chegar a um grau de implementação, isto é, a Caracterização daquele RE, conforme visto na Figura 15. Para este

Tabela 5 – Escala para caracterização do grau de implementação de um resultado esperado do processo nos projetos

Grau de implementação	Caracterização
Totalmente implementado (T)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O indicador direto está presente e é julgado adequado.</li> <li>– Existe pelo menos uma afirmação confirmando a implementação.</li> <li>– Não foi notado nenhum ponto fraco substancial na avaliação inicial ou na avaliação final.</li> </ul>
Largamente implementado (L)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O indicador direto está presente e é julgado adequado.</li> <li>– Existe pelo menos uma afirmação confirmando a implementação.</li> <li>– Foi notado um ou mais pontos fracos substanciais na avaliação inicial ou na avaliação final.</li> </ul>
Parcialmente implementado (P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O indicador direto não está presente ou é julgado inadequado.</li> <li>– Artefatos/afirmações sugerem que alguns aspectos do resultado esperado estão implementados.</li> <li>– Foi notado um ou mais pontos fracos substanciais.</li> </ul>
Não implementado (N)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualquer situação diferente das acima.</li> </ul>
Não avaliado (NA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O projeto não está na fase de desenvolvimento que permite atender ao resultado ou não faz parte do escopo do projeto atender ao resultado.</li> </ul>
Fora do escopo (F)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O resultado esperado está fora do escopo da avaliação, conforme documentado na Planilha de Avaliação.</li> </ul>

Fonte: Adaptada pelo autor do Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a)

modelo, dentre os Resultados Esperados apresentados por (SOFTEX, 2023a), trabalhou-se com os seguintes graus de implementação:

- Totalmente implementado (**T**);
- Largamente implementado (**L**);
- Parcialmente implementado (**P**);
- Não implementado (**N**).

Conforme descrito no Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a), existem mais dois graus de implementação para os RE, que são: Não Avaliado (NA) e Fora de Escopo (F); entretanto, foram descartados porque por ser uma proposta focada nos níveis F e G do MPS.BR, os RE de cada Processo que estavam fora do escopo dos níveis F e G não alterariam o resultado final da

Figura 15 – Projetos, Caracterização e Botões de Controle do FAMP

Projeto	Caracterização
01	N
<p>Controle do Formulário</p> <p>Limpar      Caracterizar</p> <p>Limpar Agregação</p> <p><b>Agregar Projetos</b></p>	

Fonte: Elaborada pelo autor.

aplicação.

#### 5.1.4 *Questionário dos Resultados Esperado por Projeto*

O Questionário dos RE por Projeto, que faz parte do FAMP, é um resumo da escala para caracterização do grau de implementação de um resultado esperado do processo nos projetos, conforme apresentado na Tabela 5 do Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a). Este questionário permite que o PR responda apenas "sim" ou "não" para de quatro a cinco perguntas de cada RE e Projeto. As perguntas, que são o foco das respostas do PR, foram baseadas na Tabela 5 e passaram por um processo de síntese. Este processo permitiu resumir os diferentes Graus de Implementação de cada Projeto vista na Tabela 5 em perguntas concisas e diretas. Tanto as perguntas quanto o processo de síntese estão claramente descritos na Figura 16. Este método de trabalho segue rigorosamente as diretrizes vistas no Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a).

#### 5.1.5 *Indicador Direto*

Indicadores diretos, no contexto deste trabalho e do MPS.BR, estão relacionados às evidências de um RE, sendo uma medida ou um sinal que demonstra se o RE de um processo específico foi alcançado. O FAMP, através da área **Sobre o indicador direto para comprovar o Resultado Esperado**, permite ao PR uma visão mais ampla do que pode ser considerado como indicador direto, através de três exemplos claros para cada Resultado Esperado selecionado por

Figura 16 – Perguntas sobre os Resultados Esperados nos Projetos

Para cada Resultado Esperado e Projeto, responda o questionário abaixo	Resposta
1. O indicador direto necessário está presente e considerado adequado para avaliar o Resultado Esperado?	Sim
2. Alguém na UO confirmaria a implementação desse Resultado Esperado durante uma entrevista formal?	Sim
3. Você identifica algum ponto fraco ou deficiência na implementação deste Resultado Esperado?	Não
3.1 Se sim, o ponto fraco é considerado substancial o suficiente para afetar significativamente a implementação do Resultado Esperado?	-
4. Podemos inferir, a partir de evidências ou declarações, que partes do Resultado Esperado estão sendo implementadas?	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor.

ele. Na Figura 17, podemos observar como essas informações são apresentadas ao PR pelo FAMP.

Figura 17 – Exemplo da área do indicador direto AQU4 para comprovar o RE

Sobre o indicador direto para comprovar o Resultado Esperado AQU 4	
Um pouco mais sobre as evidências possíveis para AQU 4.	
<b>Exemplo 1:</b>	Registros de Aceitação: Documentos que registram a aceitação ou rejeição das entregas do fornecedor. Isso pode incluir uma lista de verificação de aceitação, um relatório de inspeção ou um certificado de aceitação.
<b>Exemplo 2:</b>	Documentação de Avaliação: Documentos que detalham a avaliação das entregas do fornecedor em relação ao que foi acordado. Isso pode incluir relatórios de teste, relatórios de revisão de código ou relatórios de auditoria.
<b>Exemplo 3:</b>	Comunicações com o Fornecedor: Registros de comunicação com o fornecedor que demonstram a avaliação das entregas. Isso pode incluir e-mails, atas de reuniões ou correspondência formal indicando a aceitação ou rejeição das entregas.
<b>Responda:</b>	
1. Existe evidência da existência de alguns desses indicadores?	Sim
1.1. Caso sim: Qual é a Evidência?	<i>Documentação de Avaliação</i>
Outra:	<i>Caso outra Evidência, digite o nome da evidência aqui</i>
<b>Sugestão:</b>	<i>Registros de Aceitação; Documentação de Avaliação; Documentação de Comunicações com o Fornecedor.</i>
<b>Legenda:</b>	
T: Totalmente implementado   L: Largamente implementado   P: Parcialmente implementado   N: Não implementado	
NA: Não Avaliado   F: Fora do Escopo	

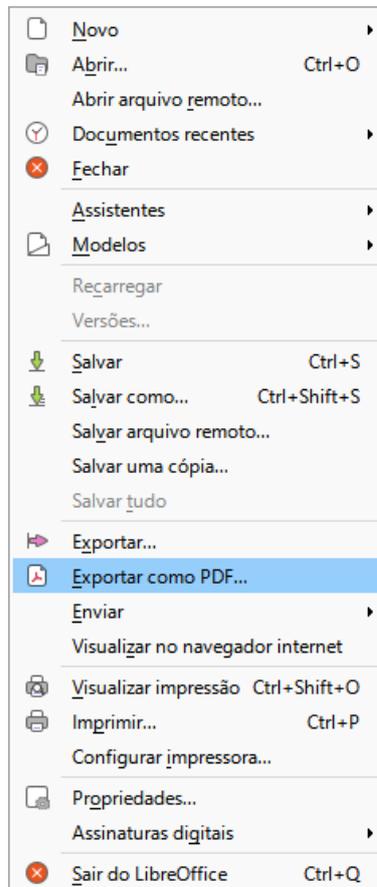
Fonte: Elaborada pelo autor.

Esses exemplos foram construídos e validados junto a um Profissional Implantador credenciado pela SOFTEX com mais de seis anos de experiência na função. Conforme visto na Figura 17, temos três exemplos para o RE, AQU4, o número de exemplos é o mesmo para cada RE, como temos ao todo um total de 46 RE nesta proposta, isso nos dá um total de 138 exemplos reais de indicadores diretos que o PR pode considerar ao aplicar o FAMP em uma UO.

Porém, essa área do FAMP não está limitada a somente esses exemplos, caso a UO apresentar outro indicador direto que não esteja nesse conjunto de 138 possibilidades, o PR pode considerar o campo **Outra** da pergunta **1.1 Caso sim: Qual é a Evidência**, conforme podemos observar na Figura 17, e informar qual evidência satisfaz o indicador direto daquele Projeto.

Como prática recomendada durante a execução do FAMP após responder às perguntas apresentadas e antes da caracterização do RE do projeto, é recomendável que o PR documente as avaliações dos REs em formato PDF antes de prosseguir para a próxima avaliação. Esta documentação, gerada a partir da exportação de planilhas do *LibreOffice Calc*, conforme pode ser visto na Figura 18, garante a preservação das respostas às avaliações e facilita a consulta futura para tomada de decisões estratégicas relacionadas à otimização dos processos. No entanto, esta abordagem apresenta a limitação da necessidade de exportação manual das planilhas e ainda não está disponível um botão de controle no FAMP que possa automatizar esse processo.

Figura 18 – Exportar como PDF



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após completar o preenchimento das perguntas apresentadas nas Figuras 16 e 17, o PR deve concluir o processo clicando no botão "Caracterizar", conforme ilustrado na Figura 15.

Este ato marca o início das tarefas subsequentes do "Processo de Aplicação do Modelo em uma Unidade Organizacional". O PR deve realizar este procedimento para os quatro Projetos para cada RE de todos os processos dos níveis F e G.

O FAMP é responsável pela realização das etapas “Analisar as Respostas”, “Caracterizar os Resultados Esperados por Projeto” e “Agrupar os Resultados Esperados dos Projetos”, conforme mostrado na Figura 12. Após a conclusão destas etapas, o PR deve agregar os resultados da caracterização de todos os Projetos através do botão “Agrupar Projetos”, conforme visto na Figura 15. Assim o FAMP gera uma Lista de Variáveis que serão usadas como entrada no processo pelo MPDS.

## **5.2 Modelo Proposto em Dinâmica de Sistemas - MPDS**

O MPDS, desenvolvido especificamente para aplicar a abordagem da DS, é um modelo formal que recebe como entrada as variáveis geradas pelo FAMP. A principal função do MPDS neste estudo é analisar essas variáveis para determinar se a UO atingiu, está se aproximando de atingir ou não atingiu o nível de maturidade desejado. As tarefas de "Caracterizar o Nível de Capacidade do Processo" e "Caracterizar a Satisfação da Implementação do Processo", ilustradas na Figura 12, são realizadas diretamente no âmbito do MPDS. Esta abordagem proporciona uma análise integrada e eficiente, alinhando a avaliação proposta pelo MPS.BR à metodologia de Dinâmica de Sistemas.

### **5.2.1 *Ranking de Pontuação dos Processos do MPS.BR***

Visando estabelecer uma congruência entre a avaliação proposta pelo Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a), cuja característica principal é a mensuração do grau de implementação de cada RE, e a metodologia de DS, este estudo propõe uma conversão desses graus de implementação em uma escala numérica. Esta conversão, detalhada na Tabela 6, permite uma quantificação mais precisa e adequada aos métodos analíticos empregados pela DS, aumentando a eficácia da avaliação. Esta abordagem busca harmonizar estas duas metodologias, ampliando as possibilidades de análise e interpretação dos resultados obtidos.

Como discutido na seção 5.1.2, este estudo utiliza uma série de RE por Processo, conforme explicitado por (SOFTEX, 2023c). Assim, a cada Processo do MPS.BR analisado neste estudo é atribuída uma pontuação mínima e máxima. Essas pontuações são determinadas

Tabela 6 – Pontuação por Grau de Implementação

<b>Grau de Implementação</b>	<b>Pontuação Relacionada</b>
<b>Totalmente implementado (T)</b>	10
<b>Largamente implementado (L)</b>	5
<b>Parcialmente implementado (P)</b>	2
<b>Não implementado (N)</b>	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

com base no número de REs associados a cada Processo em questão. A distribuição dessas pontuações para cada Processo é detalhada na Tabela 7.

Tabela 7 – Pontuação Mínima e Máxima por Processo

<b>Processo</b>	<b>Número de REs</b>	<b>Pontuação Mínima</b>	<b>Pontuação Máxima</b>
<b>Gerência de Projetos (GPR)</b>	18	0	180
<b>Engenharia de Requisitos (REQ)</b>	7	0	70
<b>Gerência de Configuração (GCO)</b>	5	0	50
<b>Gerência Organizacional (ORG)</b>	4	0	40
<b>Gerência de Processos (GPC)</b>	2	0	20
<b>Medição (MED)</b>	6	0	60
<b>Aquisição (AQU)</b>	4	0	40

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.2 Caracterização do Nível de Capacidade do Processo

Utilizando as estruturas de programação fornecidas pelo *software* Stella, alinhadas a uma Metodologia de Pontuação Sugerida, o MPDS é capaz de simular quantos pontos, dentro desta proposta, cada processo obteve e, com isso, caracterizar o nível de capacidade do processo, conforme orienta o Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a). Essa pontuação é informada claramente ao PR no MPDS através do quadro informativo "Pontuação Geral por Processo", conforme mostrado na Figura 19.

A Tabela 8 apresenta os valores em pontos que cada Processo deve alcançar para se enquadrar em um grau de implementação específico. Esses valores são calculados com base na coluna "Porcentagem de Implementação dos Resultados Relacionados" da Tabela 9. Cada Processo é avaliado de acordo com uma escala de pontos que reflete o grau de implementação dos REs associados. A pontuação máxima que cada Processo pode alcançar é determinada pelo somatório de todos os graus de implementação T de cada RE associado a esse Processo que poderão ser alcançados, conforme mostrado na Tabela 7. Dessa forma, a caracterização de cada Processo é realizada por faixas de pontuação, permitindo uma avaliação quantitativa do grau de

Figura 19 – Pontuação Geral por Processo

<b>Pontuação Geral por Processo</b>	
GPR	86.00
REQ	60.00
GCO	45.00
ORG	30.00
GPC	10.00
MED	42.00
AQU	35.00

Fonte: Elaborada pelo autor.

implementação. Esse método de avaliação proporciona uma visão mais detalhada do progresso na implementação dos Processos, facilita a identificação de áreas que requerem atenção adicional e permite a implementação de ações corretivas de forma mais direcionada.

Tabela 8 – Definição da Caracterização dos Processos Através de Faixas de Pontuação

Processos	Pont. Máxima	Grau de Implementação do Processo			
		N (0 a 15%)	P (>15% a 50%)	L (>50% a 85%)	T (>85% a 100)
Gerência de Projetos (GPR)	180	0 a 27	28 a 90	91 a 153	154 a 180
Engenharia de Requisitos (REQ)	70	0 a 10	11 a 35	36 a 59	60 a 70
Gerência de Configuração (GCO)	50	0 a 7	8 a 25	26 a 42	43 a 50
Gerência Organizacional (ORG)	40	0 a 6	7 a 20	21 a 34	35 a 40
Gerência de Processos (GPC)	20	0 a 3	4 a 10	11 a 17	18 a 20
Medição (MED)	60	0 a 9	10 a 30	31 a 51	52 a 60
Aquisição (AQU)	40	0 a 6	7 a 20	21 a 34	35 a 40

Fonte: Elaborada pelo autor com base em (SOFTEX, 2023a, p. 56) e na Tabela 7.

Conforme ilustrado na Tabela 8, cada Processo é caracterizado por uma faixa de pontuação máxima. Essa faixa é subdividida em diferentes graus de implementação que cada Processo pode alcançar. A determinação desses graus é feita por meio de cálculos efetuados pelo MPDS. A comparação desses cálculos com as colunas T, L, P e N da Tabela 7 possibilita uma avaliação precisa do grau de implementação alcançado por cada Processo.

A principal finalidade dessa pontuação é oferecer um método rápido e prático, alinhado com as demais informações visuais fornecidas pelo MPDS, para que o PR possa identificar os processos nos quais a UO está se saindo melhor e aqueles que necessitam de melhorias. Isso permite a tomada de decisões adequadas para aprimorar os processos que apresentam pontuações baixas.

Tabela 9 – Regras para caracterizar o grau de implantação do nível de capacidade do processo

Grau de implementação	Caracterização	Porcentagem de implementação dos resultados relacionados
Totalmente implementado (T)	Existe evidência de um enfoque completo e sistemático para a capacidade do processo avaliado e de sua plena implementação. Não existem pontos fracos relevantes para esta capacidade de processo no processo avaliado.	> 85% a 100%
Largamente implementado (L)	Existe evidência de um enfoque sistemático e de um grau significativo de implementação da capacidade do processo no processo avaliado. Existem pontos fracos para esta capacidade de processo no processo avaliado.	> 50% a 85%
Parcialmente implementado (P)	Existe alguma evidência de um enfoque para a capacidade de processo e de alguma implementação da capacidade do processo avaliado. Alguns aspectos de implementação não são possíveis de prever.	> 15% a 50%
Não implementado (N)	Existe pouca ou nenhuma evidência de implementação da capacidade do processo no processo avaliado.	> 0 a 15%

Fonte: (SOFTEX, 2023a, p. 56)

### 5.2.3 Atribuição de Nível

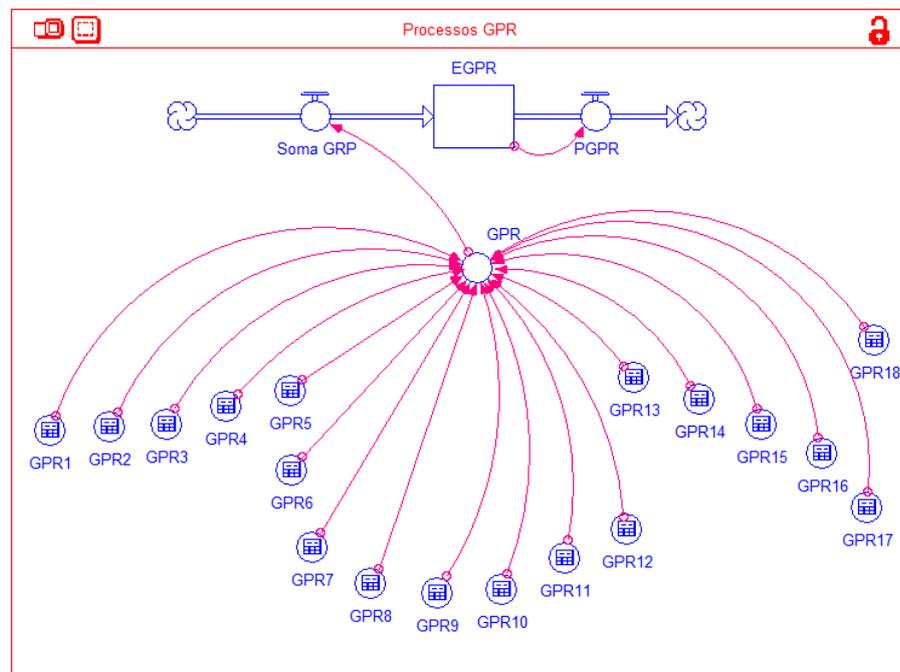
A atribuição dos níveis de maturidade F e G é realizada por meio de um modelo detalhado que incorpora conceitos da Dinâmica de Sistemas. Para alcançar essa atribuição de nível, o MPDS foi estruturado para refletir os mesmos Processos apresentados na Figura 2, que compõem os níveis de maturidade F e G. São eles:

- Processos do Nível de Maturidade G:
  - Gerência de Projetos (GPR);
  - Engenharia de Requisitos (REQ).
- Processos do Nível de Maturidade F:
  - Gerência de Projetos (GPR);
  - Engenharia de Requisitos (REQ);

- Gerência de Configuração (GCO);
- Gerência Organizacional (ORG);
- Gerência de Processos (GPC);
- Medição (MED);
- Aquisição (AQU).

Cada um desses Processos, que são essenciais para a obtenção dos níveis de maturidade propostos neste trabalho, foi cuidadosamente modelado em *Sector Frames* no *software* Stella. Essa modelagem, visualizada na Figura 20, permite uma análise detalhada e precisa do progresso em direção aos níveis de maturidade desejados.

Figura 20 – Resultados Esperados do Processo Gerência de Processos no Stella



Fonte: *Software* Stella.

Na Figura 20, podemos observar os componentes básicos da DS sendo empregados em prol do objetivo desta proposta. A Figura apresenta um Estoque (EGRP), um Fluxo de Entrada (Soma GPR), um Fluxo de Saída (PGPR) e vários Conversores (variáveis) que representam a pontuação obtida pelo grau de implementação de cada RE do Processo em questão, além de outro Conversor que representa o somatório desses valores (GPR). O Conversor GPR utiliza a fórmula apresentada na Figura 21. Essa figura representa um totalizador da pontuação de um determinado processo já avaliado no FAMP. Por exemplo, caso algum grau de implementação agregado de qualquer Resultado Esperado tenha sido  $N$ , ou seja, tenha recebido uma pontuação

0 (zero) no FAMP, então o conversor GPR é zerado. Caso contrário, ele recebe o valor do somatório referente ao grau de implementação de todos os resultados esperados do processo em questão. No caso da Figura 20, esse processo é o Gerência de Projetos.

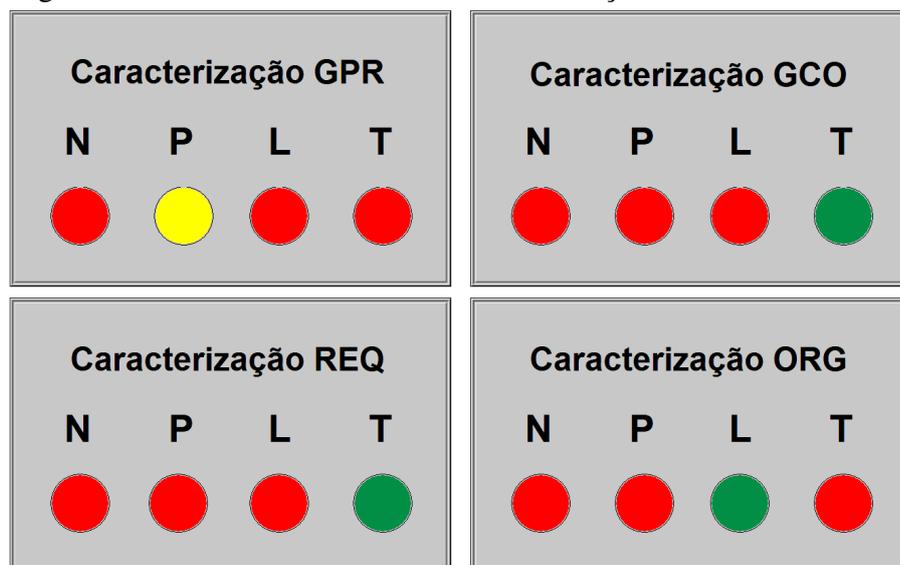
Figura 21 – Somatório do Conversor GPR

```
IF(GPR1 = 0 OR GPR2 = 0 OR GPR3 = 0 OR GPR4 = 0 OR GPR5 = 0 OR GPR6 = 0 OR
GPR7 = 0 OR GPR8 = 0 OR GPR9 = 0 OR GPR10 = 0 OR GPR11 = 0 OR GPR12 = 0 OR
GPR13 = 0 OR GPR14 = 0 OR GPR15 = 0 OR GPR16 = 0 OR GPR17 = 0 OR GPR18 = 0
) THEN(0)
ELSE(GPR1 + GPR2 + GPR3 + GPR4 + GPR5 + GPR6 +
GPR7 + GPR8 + GPR9 + GPR10 + GPR11 + GPR12 +
GPR13 + GPR14 + GPR15 + GPR16 + GPR17 + GPR18)
```

Fonte: Software Stella.

Ao realizar a caracterização do grau de implementação do nível de capacidade de processo, o modelo exibe os resultados por meio de painéis informativos, conforme ilustrado na Figura 22. Nesses painéis, podemos observar a caracterização de cada processo, contendo os quatro valores (N, P, L, T) considerados neste trabalho. Por exemplo, na Figura 22, o Processo Gerência de Projetos (GPR) foi caracterizado como "P". De acordo com a definição fornecida pelo Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a) e apresentada na Tabela 9, isso indica que existe alguma evidência de enfoque na capacidade, mas alguns aspectos da implementação são imprevisíveis. Optamos por representar o grau de implementação "P" de qualquer Processo pela cor amarela, pois indica um *status* de atenção. Para a satisfação do nível de capacidade do processo, é necessário ter um grau de implementação "T" ou "L".

Figura 22 – Painel Informativo de Caracterização do Processo

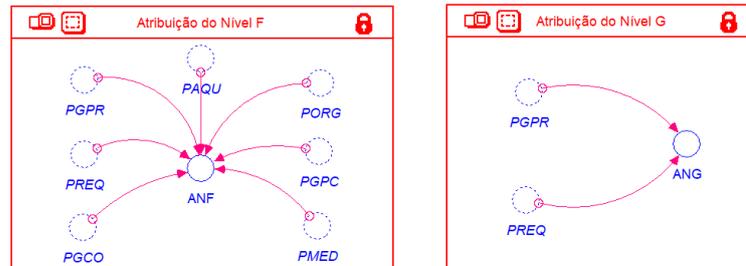


Fonte: Software Stella.

Para realizar a caracterização do nível de capacidade do processo por meio da

Dinâmica de Sistemas, utilizamos a modelagem demonstrada na Figura 23, a qual avalia o resultado obtido em cada processo individualmente, conforme indicado na Figura 20 e seguindo as recomendações do Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a, p. 59).

Figura 23 – Caracterização do Nível de Capacidade com Dinâmica de Sistemas



Fonte: *Software Stella*.

Por fim, o MPDS apresenta se a UO satisfaz ou não o nível desejado. Conforme definido pelo Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a, p. 59), um nível é considerado satisfeito quando possui nível de capacidade T ou L, e todos os resultados esperados para o processo são T ou L. O resultado final do modelo proposto é exibido em um painel adicional, ilustrado na Figura 24, onde a cor verde indica se o nível foi atribuído.

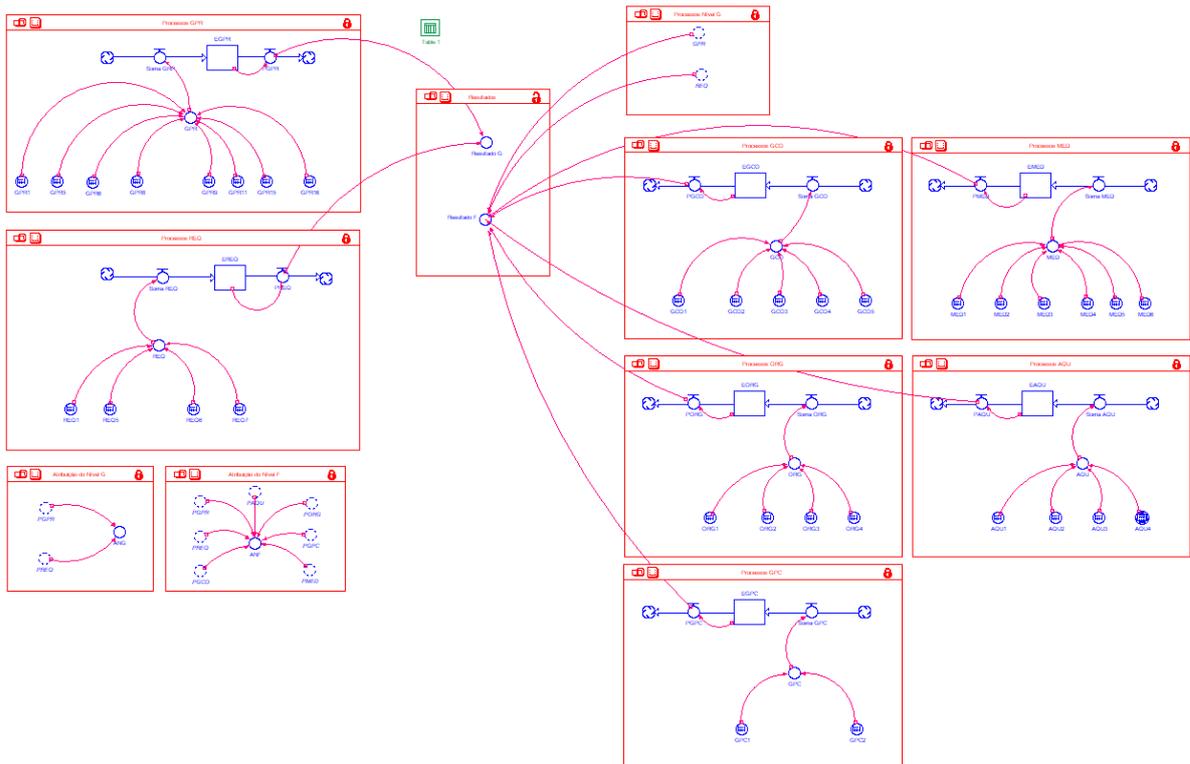
Figura 24 – Atribuição de Nível



Fonte: *Software Stella*.

Na Figura 25, podemos observar um panorama da proposta modelada em DS. Esta proposta divide cada Processo em *Frames* dinâmicos composto por *Converters* (as variáveis que são os agrupamentos de cada RE tratado nas tarefas anteriores), por *Flows* de entrada e de saída e *Stocks* (que representam os processos em avaliação).

Figura 25 – Modelo proposto em Dinâmica de Sistemas



Fonte: *Software Stella*.

#### 5.2.4 Acessos ao Modelo Proposto

Como mencionado nas seções anteriores, este modelo é composto por dois artefatos que, juntos, realizam a proposta deste trabalho, que é simular uma avaliação dos níveis F e G do MPS.BR. Através do link abaixo, fornecemos acesso ao FAMP e ao MPDS.

Acesse os artefatos produzidos por esta pesquisa pelo seguinte link: <https://bit.ly/FAMPeMPDS>, ou pelo *QR Code* localizado no Apêndice E.

Para executar o FAMP, o PR deve instalar o *LibreOffice Calc*, que faz parte da suíte de escritório LibreOffice, e habilitar a execução de macros. Para executar o MPDS, o PR deve ter o Stella instalado em seu computador. Após instalar esses dois *softwares*, baixe o arquivo acima, descompacte-o e execute primeiro o FAMP para gerar as variáveis de entrada. Em seguida, execute o MPDS para verificar o nível de maturidade alcançado conforme as variáveis de entrada.

## 6 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta um estudo de caso realizado na *UOX*, uma instituição educacional com uma área de TI própria dividida em vários setores. Esses setores incluem gerência de TI, suporte técnico, gerência de processos, gerência de redes, desenvolvimento de software e gerência de Enterprise Resource Planning (ERP). O estudo visa validar o modelo produzido na Etapa 2 do Ciclo de Design da DSR. Em seguida, são apresentados os resultados da validação final do modelo proposto, avaliados por 10 especialistas da área e por dois profissionais certificados pela SOFTEX em implantação dos níveis de maturidade do MPS.BR.

No estudo de caso realizado na *UOX*, a proposta foi apresentar um Modelo para Simulação da Avaliação de Maturidade nos Níveis F e G do MPS.BR com Dinâmica de Sistemas. Para coletar dados relevantes, foi aplicado um questionário na escala *Likert* aos membros da equipe de TI após a contextualização do MPS.BR e a apresentação do FAMP e do MPDS. A análise dos resultados obtidos com este questionário será discutida em detalhes nas seções subsequentes deste capítulo.

Na validação final foram utilizados dois instrumentos de pesquisa. Utilizamos com os especialistas o mesmo questionário utilizado com os profissionais da *UOX* e uma entrevista semiestruturada com o intuito de melhorar a qualidade dos dados coletados, bem como sugestões de melhorias propostas por esses profissionais. O segundo instrumento de pesquisa foi a Avaliação por Pares realizada com os profissionais certificados, que teve o intuito de comparar projetos reais aplicados ao modelo proposto, os dados com esses profissionais foram coletados através do questionário já aplicado aos especialistas e através de um documento com os principais apontamentos desses profissionais quanto ao uso e aplicabilidade do modelo proposto.

### 6.1 Estudo de Caso Realizado

Para garantir a confidencialidade dos dados, os especialistas envolvidos na avaliação da empresa objeto do nosso estudo de caso serão referidos como ESP1, ESP2 até . Cada um desses especialistas avaliou o modelo proposto dentro de sua respectiva área de expertise: Desenvolvimento, Processos e Gerência de TI.

A avaliação foi conduzida com o objetivo de alinhar o domínio de cada especialista com as expectativas de cada Processo, avaliado por Resultado Esperado e por Projeto, conforme descrito em (SOFTEX, 2023a). Este alinhamento ainda representa um desafio para nós, uma

vez que não encontramos na literatura um modelo que se adequasse perfeitamente aos nossos propósitos. Portanto, esta proposta foi elaborada quase que inteiramente com base nas orientações apresentadas no Guia Geral MPS de Software (SOFTEX, 2023b), no Guia de Avaliação (SOFTEX, 2023a) e no trabalho de Fenner *et al.* (Fenner *et al.*, 2021a).

O modelo proposto foi desenvolvido com o intuito de servir como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão, antes da implementação de uma avaliação real aplicada por uma instituição autorizada pela SOFTEX. O objetivo era promover uma maior congruência entre os processos internos da empresa e as exigências da SOFTEX. Através da simulação de diversos cenários, procurou-se avaliar o grau de alinhamento dos processos internos da UO, utilizando como referência as diretrizes vistas em (SOFTEX, 2023a). Para isso, foi empregado um formulário auxiliar e métodos fundamentados na Dinâmica de Sistemas.

Para avaliar o modelo proposto, foi aplicado um formulário *on-line* no *Google Forms* com os especialistas, que incluiu as seguintes perguntas: (1) Em sua opinião, o modelo proposto apresenta um alto grau de confiabilidade? (2) Você considera o modelo proposto uma ferramenta útil para o propósito a que se destina? (3) Você acredita que o modelo proposto fornece resultados precisos e acurados? (4) O modelo proposto atende efetivamente aos objetivos que se propõe a alcançar? As respostas foram registradas usando a escala Likert, e os resultados serão discutidos em detalhes na seção seguinte.

## 6.2 Análise dos Resultados do Estudo de Caso

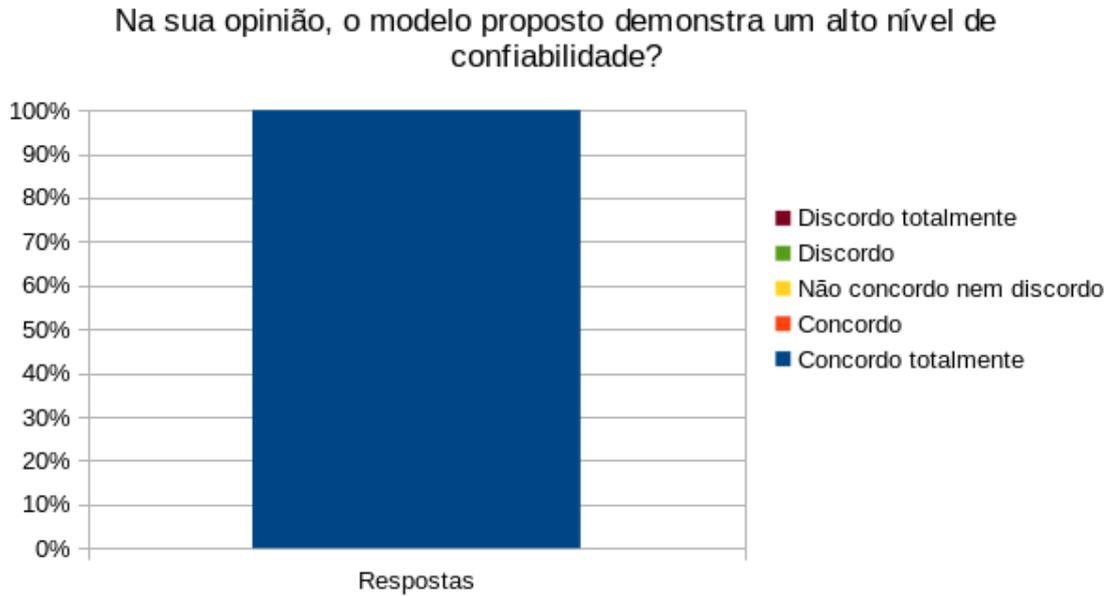
Quanto a hipótese de confiabilidade, os resultados ilustrados na Figura 26 indicam que 100% dos especialistas consideram o modelo proposto confiável.

Em relação à hipótese de utilidade do modelo proposto, os resultados obtidos indicaram que 67% dos respondentes concordam totalmente que o modelo foi útil e os demais concordam parcialmente, indicando que os 100% dos respondentes concordam totalmente ou parcialmente, conforme visto na Figura 27.

Já em relação à precisão, os resultados obtidos indicam que 67% dos respondentes concordam totalmente que o modelo proposto fornece resultados precisos, quanto os demais concordam parcialmente, indicando que 100% dos respondentes concordam totalmente ou parcialmente, de acordo com o que podemos ver na Figura 28.

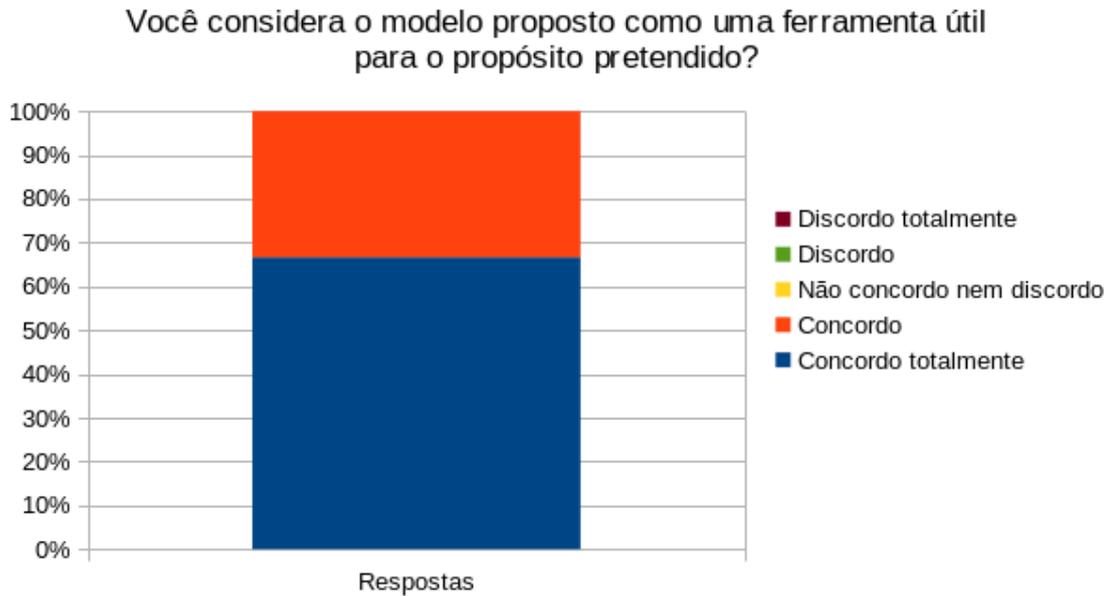
Os resultados apresentados na Figura 29 indicam que 100% dos especialistas respondentes consideram que o modelo atende aos objetivos propostos.

Figura 26 – Confiabilidade do Modelo Proposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27 – Utilidade do Modelo Proposto

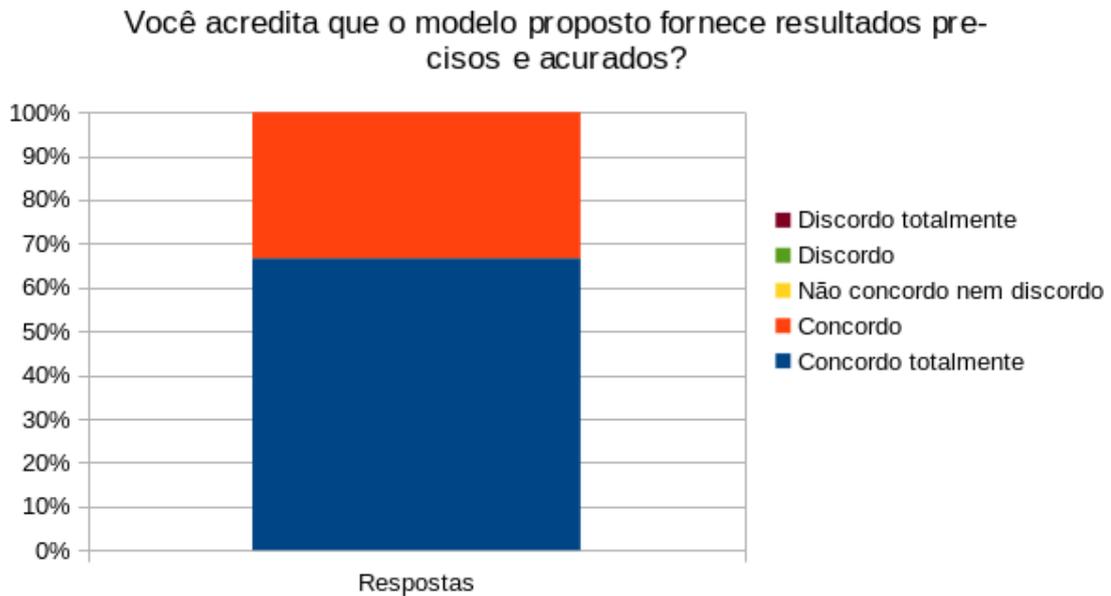


Fonte: Elaborada pelo autor.

### 6.3 Validação Final

Para a validação final, utilizou-se dois grupos de usuários distintos. Tivemos, novamente, a participação de especialistas, desta vez em um número maior, totalizando 11 especialistas, cada um com seu nicho de trabalho específico, tais como: desenvolvedores, gestores, analistas de sistemas e analistas de processos com vasto conhecimento em engenharia de software. O outro grupo foi composto por profissionais com certificação em implementação do nível de

Figura 28 – Precisão do Modelo Proposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29 – Objetividade do Modelo Proposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

maturidade do MPS.BR em UO; utilizou-se dois profissionais com esse perfil.

Para o grupo de especialistas, apresentou-se a versão final do modelo proposto, composto pelos artefatos FAMP e MPDS. Após essa apresentação, os especialistas foram convidados a responder ao questionário e à entrevista. O questionário foi elaborado para obter uma visão abrangente sobre a percepção dos especialistas em relação ao modelo proposto. Este instrumento abrangeu diversas dimensões, como a confiabilidade, a utilidade, a acurácia

e a objetividade. As questões foram elaboradas de forma a capturar respostas quantitativas por meio da aplicação da escala Likert, conforme já mostrado no estudo de caso realizado. Complementando o questionário, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas adicionais com os especialistas. Este método qualitativo permitiu explorar em maior profundidade as respostas obtidas no questionário, proporcionando um entendimento mais rico e detalhado das percepções dos especialistas. As entrevistas reforçaram os questionamentos realizados por meio do formulário, porém utilizando respostas abertas, permitindo que os especialistas contribuíssem com suas próprias palavras sobre tais pontos.

Para o grupo de profissionais certificados, foi enviado o modelo proposto para que eles pudessem, através do uso real do modelo verificar sua eficácia por meio de cenários reais, através da comparação com projetos existentes, sendo que dois projetos já encerrados e dois em andamento. Profissionais certificados foram convidados a participar deste processo, contribuindo com suas experiências práticas e críticas construtivas. Como avaliação, foram utilizados dois instrumentos de coleta de dados: um questionário semelhante ao aplicado aos especialistas, utilizado para obter uma avaliação estruturada dos profissionais certificados sobre o modelo proposto, e um documento de apontamentos. O questionário visava capturar tanto aspectos técnicos quanto operacionais do modelo, facilitando a comparação direta com os projetos em andamento. Cada profissional certificado foi solicitado a elaborar um documento destacando os principais pontos observados durante a aplicação do modelo em seus respectivos projetos, incluindo análises críticas, sugestões de melhorias e exemplos de boas práticas.

### ***6.3.1 Verificação da Validação Final***

Para a verificação final da validação, recorreremos ao uso de dois testes estatísticos. A principal função desses testes é avaliar, de maneira formal e quantitativa, o quão próximo o comportamento observado durante a execução do modelo proposto se aproxima de uma aplicação real de uma avaliação dos níveis de maturidade F e G do MPS.BR. Conforme citado por Bezerra (Bezerra, 2015 apud Barlas, 1989):

A validação de um modelo pode ser definida como "estabelecer confiança na utilidade do modelo com respeito ao seu propósito". Assim, o processo de verificação e validação deve se preocupar com a criação de confiança suficiente em um modelo de simulação para que os seus resultados sejam aceitos pelos usuários *stakeholders*.

Com base na citação de Bezerra (Bezerra, 2015 apud Barlas, 1989), a validação

de um modelo é um processo essencial para estabelecer a confiança na utilidade do modelo em relação ao seu propósito. Nesse sentido, a análise dos dados de entrada e o tratamento desses dados por meio de testes estatísticos são etapas fundamentais para a validação do modelo proposto por este trabalho.

No contexto do nosso estudo, os dados de entrada serão submetidos a dois testes estatísticos específicos: o Percentual de Erro na Média (E1) e o Percentual de Erro no Desvio Padrão (E2). Esses testes têm como objetivo quantificar o grau de precisão do nosso modelo em relação a uma aplicação real, permitindo-nos avaliar se o comportamento do modelo está alinhado com as expectativas.

O teste **E1** é definido pela seguinte equação:

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \quad (6.1)$$

O qual temos que:

- $\bar{S}$  - Média dos valores simulados;
- $\bar{A}$  - Média dos valores reais.

Para o teste **E2**, temos sua definição de acordo com a equação abaixo:

$$E2 = \frac{|S_S - S_A|}{S_A} \quad (6.2)$$

Onde,

- $S_S$  - Desvio padrão dos valores simulados;
- $S_A$  - Desvio padrão dos valores reais.

Na próxima seção, detalharemos o processo de análise dos dados de entrada, explicando como os testes E1 e E2 são aplicados e interpretados. Além disso, discutiremos os resultados desses testes, fornecendo uma análise aprofundada de suas implicações para a validação do nosso modelo. Ao final, esperamos que os resultados desses testes estatísticos forneçam a confiança necessária para que os resultados do nosso modelo sejam aceitos.

### 6.3.1.1 *Dados de Entrada*

Os dados de entrada empregados pelo MPDS são originados do FAMP. Esses dados são gerados progressivamente à medida que o PR responde às perguntas relacionadas aos REs

para cada Processo, conforme ilustrado na Figura 16. As respostas fornecidas contribuem para a determinação do grau de implementação de cada RE no Projeto avaliado.

A Tabela 10, que será apresentada a seguir, exhibe os dados simulados pelo PR para todos os REs do Processo de Gerência de Projetos nos quatro projetos simulados. Nesta tabela, cada linha representa um RE distinto dentro do mesmo Processo. As quatro primeiras colunas, denominadas como P1, P2, P3 e P4, indicam um Projeto diferente. Além disso, temos as colunas FN e Valor. A coluna FN representa o grau de implementação agregado dos quatro Projetos para aquele RE específico. A coluna Valor, por sua vez, representa a pontuação atribuída ao grau de implementação agregado daquele RE, conforme definido na Tabela 6.

Tabela 10 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Projeto

<b>Resultado Esperado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>FN</b>	<b>Valor</b>
<b>GPR1</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR2</b>	T	T	T	L	L	5
<b>GPR3</b>	T	L	T	T	L	5
<b>GPR4</b>	T	T	T	L	L	5
<b>GPR5</b>	T	T	T	L	L	5
<b>GPR6</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR7</b>	L	T	T	T	L	5
<b>GPR8</b>	T	T	L	T	L	5
<b>GPR9</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR10</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR11</b>	T	T	L	T	L	5
<b>GPR12</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR13</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR14</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR15</b>	T	L	T	T	L	5
<b>GPR16</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR17</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPR18</b>	T	T	T	T	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

A seguir, apresentamos os dados simulados pelo PR para todos os REs do Processo de Engenharia de Requisitos nos quatro projetos simulados. Cada projeto tem um grau de implementação agregado e uma pontuação atribuída correspondente a esse grau de implementação conforme podemos observar na Tabela 11:

Em seguida, apresentamos os dados simulados pelo PR para todos os REs do Processo de Gerência de Configuração nos quatro projetos simulados. Cada projeto tem um grau de implementação agregado e uma pontuação atribuída correspondente a esse grau de implementação, de acordo com a Tabela 12:

Tabela 11 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Engenharia de Requisitos

<b>Resultado Esperado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>FN</b>	<b>Valor</b>
<b>REQ1</b>	T	T	T	T	T	10
<b>REQ2</b>	T	T	T	T	T	10
<b>REQ3</b>	T	L	T	T	L	5
<b>REQ4</b>	T	T	T	T	T	10
<b>REQ5</b>	T	T	T	T	T	10
<b>REQ6</b>	T	T	T	T	T	10
<b>REQ7</b>	T	T	T	T	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 12 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Configuração

<b>Resultado Esperado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>FN</b>	<b>Valor</b>
<b>GCO1</b>	T	T	L	T	L	5
<b>GCO2</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GCO3</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GCO4</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GCO5</b>	T	T	T	T	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em continuidade, apresentamos os dados simulados pelo PR para todos os REs do Processo de Gerência Organizacional nos quatro projetos simulados. Cada projeto tem um grau de implementação agregado e uma pontuação atribuída correspondente a esse grau de implementação, conforme visto na Tabela 13

Tabela 13 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência Organizacional

<b>Resultado Esperado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>FN</b>	<b>Valor</b>
<b>ORG1</b>	T	T	T	T	T	10
<b>ORG2</b>	T	T	T	T	T	10
<b>ORG3</b>	T	T	T	T	T	10
<b>ORG4</b>	T	T	T	T	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Prosseguindo, apresentamos os dados simulados pelo PR para todos os REs do Processo de Gerência de Processos nos quatro projetos simulados. Cada projeto tem um grau de implementação agregado e uma pontuação atribuída correspondente a esse grau de implementação, como podemos ver na Tabela 14

A seguir, apresentamos os dados simulados pelo PR para todos os REs do Processo de Medição nos quatro projetos simulados. Cada projeto tem um grau de implementação agregado e uma pontuação atribuída correspondente a esse grau de implementação, de acordo com a Tabela

Tabela 14 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Processos

<b>Resultado Esperado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>FN</b>	<b>Valor</b>
<b>GPC1</b>	T	T	T	T	T	10
<b>GPC2</b>	T	T	T	T	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

15

Tabela 15 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Medição

<b>Resultado Esperado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>FN</b>	<b>Valor</b>
<b>MED1</b>	T	T	T	T	T	10
<b>MED2</b>	T	T	T	T	T	10
<b>MED3</b>	T	L	T	T	L	5
<b>MED4</b>	T	T	T	T	T	10
<b>MED5</b>	T	T	T	T	T	10
<b>MED6</b>	T	T	T	T	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, apresentamos os dados simulados pelo PR para todos os REs do Processo de Aquisição nos quatro projetos simulados. Cada projeto tem um grau de implementação agregado e uma pontuação atribuída correspondente a esse grau de implementação, conforme observado na Tabela 16

Tabela 16 – Dados Simulados dos Resultados Esperados do Processo Aquisição

<b>Resultado Esperado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>FN</b>	<b>Valor</b>
<b>AQU1</b>	T	T	T	T	T	10
<b>AQU2</b>	T	T	T	T	T	10
<b>AQU3</b>	T	T	T	T	T	10
<b>AQU4</b>	T	T	T	T	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 6.3.1.2 *Dados Reais dos Projetos*

Para realizar a validação estatística, conforme mencionado no início desta Seção, faremos uma comparação entre os resultados esperados agregados de cada RE simulado e o indicador correspondente em cada projeto real. Devido à confidencialidade desses projetos, este trabalho não divulgará dados sensíveis. Em vez disso, nos limitaremos a apresentar o resultado esperado já agregado para cada RE através de seu grau de implementação e de sua pontuação

correspondente.

Os resultados esperados agregados de cada Projeto real foram cuidadosamente coletados e analisados. O processo de coleta seguiu as diretrizes estabelecidas na planilha oficial fornecida pela SOFTEX, que é amplamente utilizada por implementadores na área. Esta planilha serve como um padrão eficaz para a coleta e análise de dados neste contexto. Um exemplo de como os dados são apresentados nesta planilha pode ser visto na Figura 30.

Figura 30 – Planilha Oficial da SOFTEX com Dados de Projetos Reais

<b>Gerência de Projetos</b>						
PREENCHIDO PELA EMPRESA						
Resultado esperado / evidências	Fonte da evidência	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Final
O propósito do processo Gerência de Projetos é estabelecer e manter atualizados planos que definam as atividades, recursos, riscos, prazos e responsabilidades do projeto. Também é propósito deste processo prover informações sobre o andamento do projeto que permitam a realização de correções quando houver desvios significativos no desempenho do projeto, incluindo análise de causa-raiz.						
GPR 1 (A partir do nível G) O escopo do trabalho para o projeto é estabelecido, mantido atualizado e utilizado.						
[Projeto 1] Planeamento do Escopo é realizado na FCP - Ferramenta de Controle do Projeto, onde é possível verificar o escopo planejado e seu devido acompanhamento.	Ferramenta de Controle do Projeto	X				
[Projetos 2, 3 e 4] Acompanhamento, priorização e gestão de escopo está presente no backlog do projeto, onde é possível identificar os principais marcos de entrega, descrição das atividades, status e estimativa das atividades.	Backlog do projeto		X	X	X	
	(T,L,P,N,NA)	T	T	T	T	T

Fonte: Projeto real avaliado pelo implementador.

De acordo com o que é visto na Figura 30, é possível observar a caracterização do grau de implementação de cada projeto para o RE GPR1. Nas linhas onde a fonte está em azul, encontramos a justificativa aplicada a cada projeto. Isso é seguido pela fonte de evidência e pela caracterização de cada Projeto. Finalmente, a agregação desse RE é demonstrada na coluna "Final".

Para garantir o alinhamento na aplicação dos testes estatísticos E1 e E2, demonstrados através das equações 6.1 e 6.2, adotamos a mesma escala de pontuação utilizada pelo modelo proposto para o grau de implementação do resultado esperado agregado real. Esta escala, conforme estabelecido na Tabela 6, é a seguinte: um grau de implementação "T" corresponde a 10 pontos; "L" a 5 pontos; "P" a 2 pontos; e "N" a 0 pontos. É importante ressaltar que, se qualquer RE obtiver um grau de implementação "N", ou seja, 0 pontos, isso resultará na anulação do resultado total daquele processo.

A seguir, na Tabela 17, apresentamos os dados reais coletados para o Processo de Gestão de Projetos. Nesta tabela, e nas subsequentes que contêm os valores reais de cada projeto, mostraremos o grau de implementação agregado de cada RE e seu respectivo valor, conforme definido anteriormente.

Tabela 17 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gestão de Projetos

<b>Resultado Esperado</b>	<b>Grau de Implementação Agregado</b>	<b>Valor</b>
<b>GPR1</b>	T	10
<b>GPR2</b>	T	10
<b>GPR3</b>	L	5
<b>GPR4</b>	L	5
<b>GPR5</b>	L	5
<b>GPR6</b>	T	10
<b>GPR7</b>	L	5
<b>GPR8</b>	L	5
<b>GPR9</b>	T	10
<b>GPR10</b>	T	10
<b>GPR11</b>	L	5
<b>GPR12</b>	T	10
<b>GPR13</b>	T	10
<b>GPR14</b>	T	10
<b>GPR15</b>	T	5
<b>GPR16</b>	T	10
<b>GPR17</b>	T	10
<b>GPR18</b>	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dando continuidade, os dados reais coletados para o Processo de Engenharia de Requisitos são apresentados. A Tabela 18 ilustra o grau de implementação agregado de cada RE e seu valor correspondente.

Tabela 18 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Engenharia de Requisitos

<b>Resultado Esperado</b>	<b>Grau de Implementação Agregado</b>	<b>Valor</b>
<b>REQ1</b>	T	10
<b>REQ2</b>	T	10
<b>REQ3</b>	L	5
<b>REQ4</b>	T	10
<b>REQ5</b>	T	10
<b>REQ6</b>	T	10
<b>REQ7</b>	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Avançando para o Processo de Gerência de Configuração, os dados coletados são expostos na Tabela 19. Podemos observar claramente o grau de implementação agregado de cada RE e seu valor associado.

No que diz respeito ao Processo de Gerência Organizacional, os dados coletados são detalhados na Tabela 20, onde o grau de implementação agregado de cada RE e seu valor respectivo são evidenciados.

Tabela 19 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gerência de Configuração

<b>Resultado Esperado</b>	<b>Grau de Implementação Agregado</b>	<b>Valor</b>
<b>GCO1</b>	L	5
<b>GCO2</b>	T	10
<b>GCO3</b>	T	10
<b>GCO4</b>	T	10
<b>GCO5</b>	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 20 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gerência Organizacional

<b>Resultado Esperado</b>	<b>Grau de Implementação Agregado</b>	<b>Valor</b>
<b>ORG1</b>	T	10
<b>ORG2</b>	T	10
<b>ORG3</b>	T	10
<b>ORG4</b>	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com relação ao Processo de Gerência de Processos, a Tabela 21 apresenta os dados coletados, destacando o grau de implementação agregado de cada RE e seu valor pertinente.

Tabela 21 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Gerência Processos

<b>Resultado Esperado</b>	<b>Grau de Implementação Agregado</b>	<b>Valor</b>
<b>GPC1</b>	T	10
<b>GPC2</b>	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

No contexto do Processo de Medição, a Tabela 22 traz à tona os dados coletados, enfatizando o grau de implementação agregado de cada RE e seu valor associado.

Tabela 22 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Medição

<b>Resultado Esperado</b>	<b>Grau de Implementação Agregado</b>	<b>Valor</b>
<b>MED1</b>	T	10
<b>MED2</b>	T	10
<b>MED3</b>	L	5
<b>MED4</b>	T	10
<b>MED5</b>	T	10
<b>MED6</b>	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, no Processo de Aquisição, os dados coletados são revelados na Tabela 23,

demonstrando o grau de implementação agregado de cada RE e seu valor apropriado.

Tabela 23 – Dados Reais dos Resultados Esperados do Processo Aquisição

<b>Resultado Esperado</b>	<b>Grau de Implementação Agregado</b>	<b>Valor</b>
<b>AQU1</b>	T	10
<b>AQU2</b>	T	10
<b>AQU3</b>	T	10
<b>AQU4</b>	T	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 6.3.2 *Análise Gráfica do Comportamento*

Os resultados obtidos das simulações foram postos lado a lado com os dados reais para uma comparação efetiva. Nesta comparação, focamos nos graus de implementação agregados dos Processos de Gestão de Projetos e Engenharia de Requisitos. Levamos em consideração todos os RE desses dois processos durante o período de simulação e a aplicação real dos projetos pelo implementador.

A primeira comparação é baseada na Tabela 24, que apresenta lado a lado os valores dos REs reais e dos REs simulados atribuídos ao Processo Gerência de Projetos. Esta tabela permite uma comparação linha a linha do grau de implementação agregado atribuído pelo implementador aos projetos reais, em contraste com o valor atribuído aos mesmos projetos quando simulados através do modelo proposto.

A Figura 31 ilustra uma comparação entre o comportamento real e o simulado, conforme descrito pelos REs do Processo de Gerência de Projetos. Uma observação visual revela uma consistência notável entre a dinâmica e a magnitude de cada valor referente ao grau de implementação agregado, tanto nos resultados reais quanto nos simulados.

A segunda comparação é realizada com base na Tabela 25, que exhibe os valores dos REs reais e dos REs simulados, todos atribuídos ao Processo de Engenharia de Requisitos. Semelhante à comparação anterior, esta tabela possibilita uma análise linha a linha do grau de implementação agregado, atribuído pelo implementador aos projetos reais, em contraste com o valor atribuído aos mesmos projetos quando simulados pelo modelo proposto.

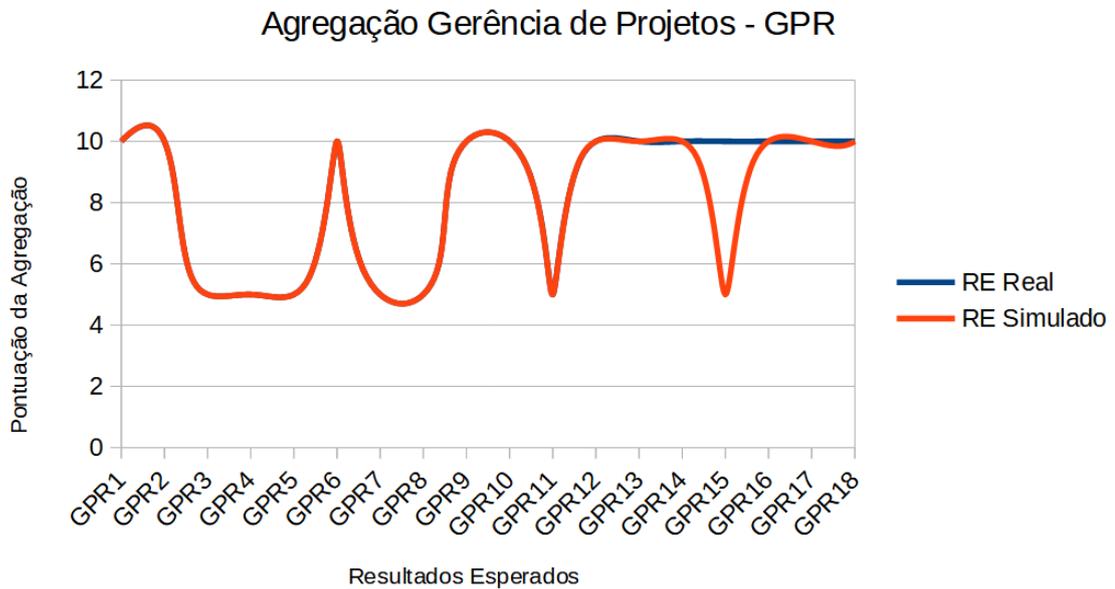
Da mesma forma, a Figura 32 traça uma comparação entre o comportamento real e o simulado, conforme descrito pelos REs do Processo de Engenharia de Requisitos. Uma análise visual indica que os valores referentes ao grau de implementação agregado apresentados pelos

Tabela 24 – Comparação entre Valores Reais e Simulados do Processo Gerência de Projetos

Resultado Esperado	RE Real	RE Simulado
GPR1	10	10
GPR2	10	10
GPR3	5	5
GPR4	5	5
GPR5	5	5
GPR6	10	10
GPR7	5	5
GPR8	5	5
GPR9	10	10
GPR10	10	10
GPR11	5	5
GPR12	10	10
GPR13	10	10
GPR14	10	10
GPR15	10	5
GPR16	10	10
GPR17	10	10
GPR18	10	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 31 – Comparação Visual do entre Resultados Reais e Simulados do Processo de Gerência de Projetos



Fonte: Elaborada pelo autor.

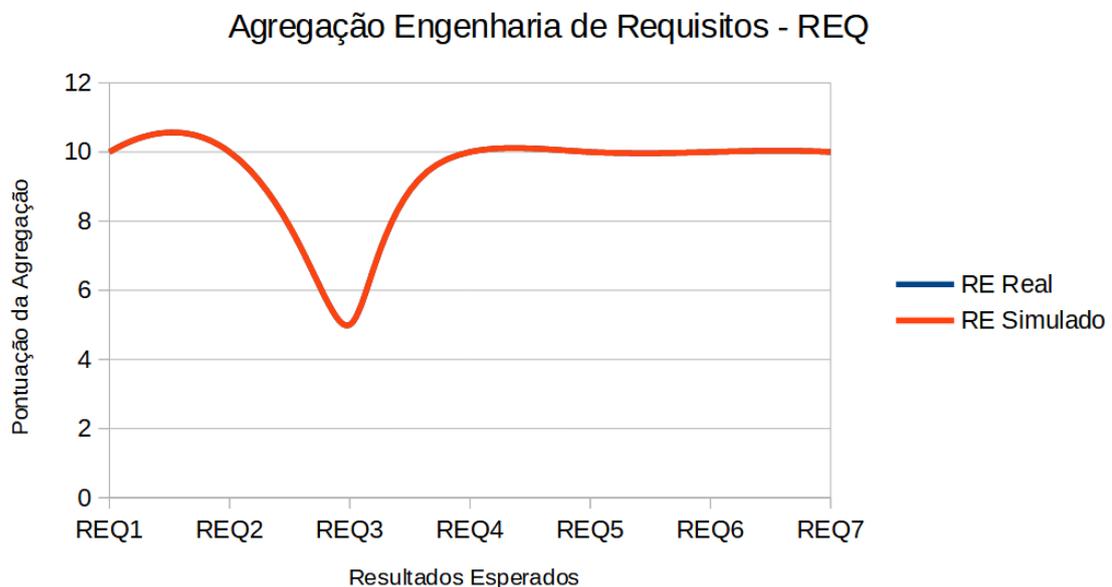
resultados reais e pelos simulados são quase idênticos

Tabela 25 – Comparação entre Valores Reais e Simulados do Processo Engenharia de Requisitos

Resultado Esperado	RE Real	RE Simulado
REQ1	10	10
REQ2	10	10
REQ3	5	5
REQ4	10	10
REQ5	10	10
REQ6	10	10
REQ7	10	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 32 – Comparação Visual do entre Resultados Reais e Simulados do Processo Engenharia de Requisitos



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 6.3.3 Análise Estatística

A análise estatística foi conduzida considerando o Percentual de Erro na Média (E1) e o Percentual de Erro no Desvio Padrão (E2). As fórmulas para esses cálculos podem ser consultadas nas equações 6.1 e 6.2 apresentadas no início da desta seção. Essa análise foi baseada nos resultados gerados pelo MPDS em DS, cujos detalhes podem ser vistos na Tabela 26.

Com base na Tabela 26 e conforme indicado por Barlas (Barlas, 1989), quando aplicamos o teste E1 à série de Agregação dos Resultados Esperados de cada Processo para os níveis de maturidade F e G do MPS.BR, obtemos um valor de 0,012. Isso equivale a uma taxa de erro médio de 1,2% para E1. De acordo com Barlas, percentuais de erro na média abaixo de 5%

Tabela 26 – Comparação dos Valores Finais por Processo

<b>Processo</b>	<b>Pontuação Real</b>	<b>Pontuação Simulado</b>
<b>GPR</b>	150	145
<b>REQ</b>	65	65
<b>GCO</b>	45	45
<b>ORG</b>	40	40
<b>GPC</b>	20	20
<b>MED</b>	55	55
<b>AQUI</b>	40	40

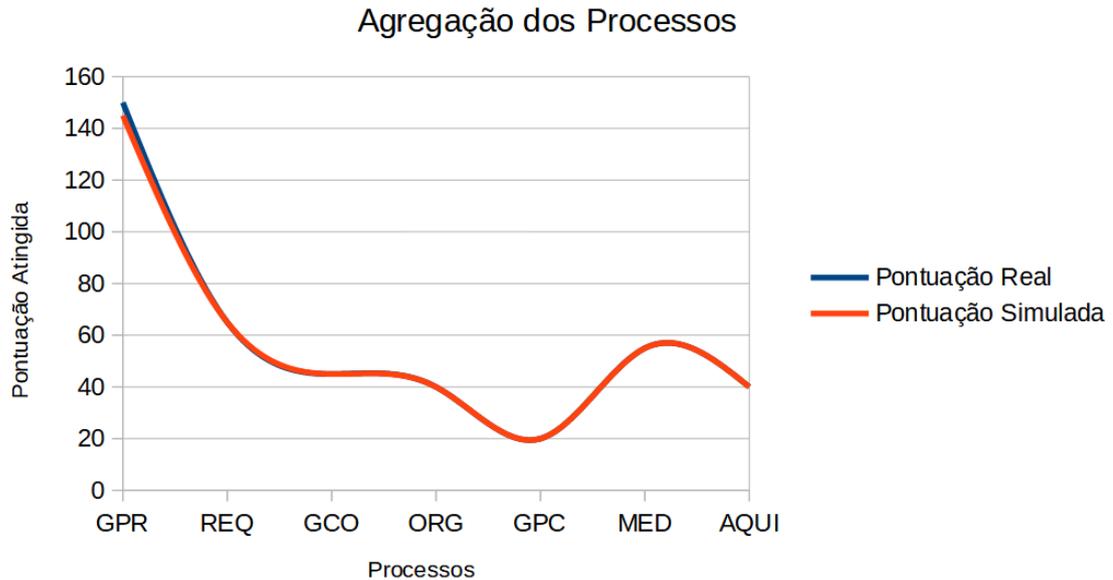
Fonte: Elaborada pelo autor.

sugerem a ausência de erros sistemáticos no modelo.

Ao aplicar o teste E2 à série de Agregação dos Resultados Esperados de cada Processo para os níveis de maturidade F e G do MPS.BR, obtemos um valor de 0,0420. Isso corresponde a um percentual de erro no desvio padrão de aproximadamente 4,2%. Segundo Barlas (Barlas, 1989), percentuais de erro no desvio padrão inferiores a 30% sugerem a ausência de erros sistemáticos no modelo proposto.

Através da análise da Figura 33, que apresenta um gráfico comparativo entre os valores reais e simulados de cada Processo considerados neste trabalho e seus respectivos REs, podemos observar um destacado alinhamento entre eles. Este alinhamento não apenas reforça os resultados observados nos dois testes estatísticos realizados (E1 e E2), mas também evidencia a precisão e a acurácia do modelo proposto. A consistência entre o valor simulado pelo modelo e o valor real, obtido a partir de resultados de projetos reais conduzidos por um profissional certificado, destaca a robustez e a confiabilidade do modelo. Este alinhamento sugere que o modelo proposto pode ser uma ferramenta valiosa para a simulação de avaliação dos níveis de maturidade F e G do MPS.BR.

Figura 33 – Gráfico Comparativo entre Valores Reais e Simulados dos Processos



Fonte: Elaborada pelo autor.

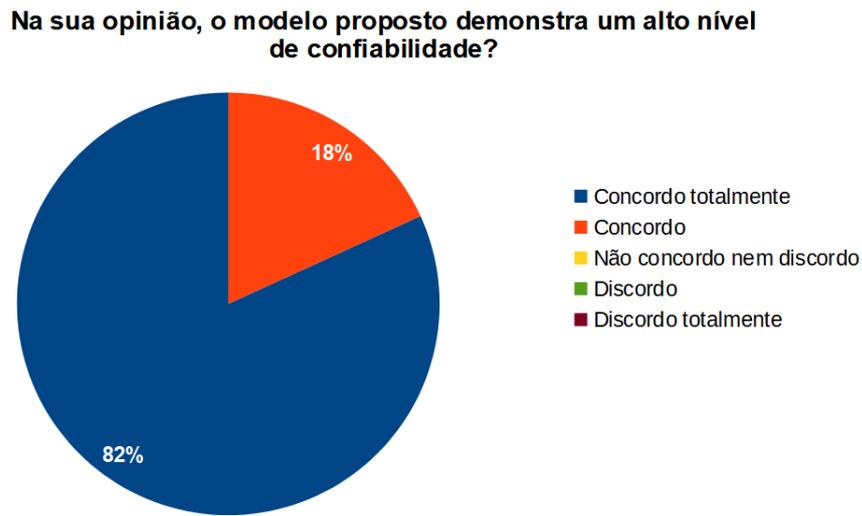
#### 6.4 Análise dos Resultados da Validação Final

Os resultados derivados dos questionários e entrevistas foram submetidos a análises quantitativas e qualitativas. A análise quantitativa possibilitou a identificação de tendências e padrões nas respostas dos participantes. Paralelamente, a análise qualitativa forneceu *insights* mais detalhados e contextuais sobre as experiências e percepções dos especialistas e profissionais certificados. A avaliação dos questionários revelou uma visão geral positiva do modelo proposto, destacando-se sua aplicabilidade prática e o aprimoramento da eficiência dos processos em cada nível de maturidade almejado.

No entanto, através da análise qualitativa, foram identificadas algumas áreas de melhoria, como a necessidade de maior flexibilidade em certos processos do FAMP. Por exemplo, foi sugerida a possibilidade de o PR consolidar os quatro projetos em uma única avaliação dentro de um contexto mais amplo, além da importância do apoio contínuo durante a implementação do modelo proposto por um membro da UO familiarizado com a realidade de cada processo dessa Unidade Organizacional. As entrevistas semiestruturadas corroboraram os resultados dos questionários, proporcionando uma compreensão mais profunda das dificuldades e dos sucessos relatados pelos especialistas. As sugestões de aprimoramento incluíram a possibilidade de "manter o registro histórico dos projetos" por meio do arquivamento das avaliações realizadas pelo FAMP e a necessidade de capacitação contínua para os profissionais envolvidos na aplicação do modelo proposto.

Em relação à hipótese de confiabilidade do modelo proposto, os dados obtidos revelam que 82% dos especialistas concordam plenamente com a confiabilidade do modelo, enquanto os 18% restantes concordam parcialmente. Dessa forma, verifica-se que a totalidade dos respondentes, ou seja, 100%, manifestou concordância total ou parcial quanto à confiabilidade do modelo, conforme evidenciado na Figura 34.

Figura 34 – Avaliação Final Confiabilidade do Modelo Proposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

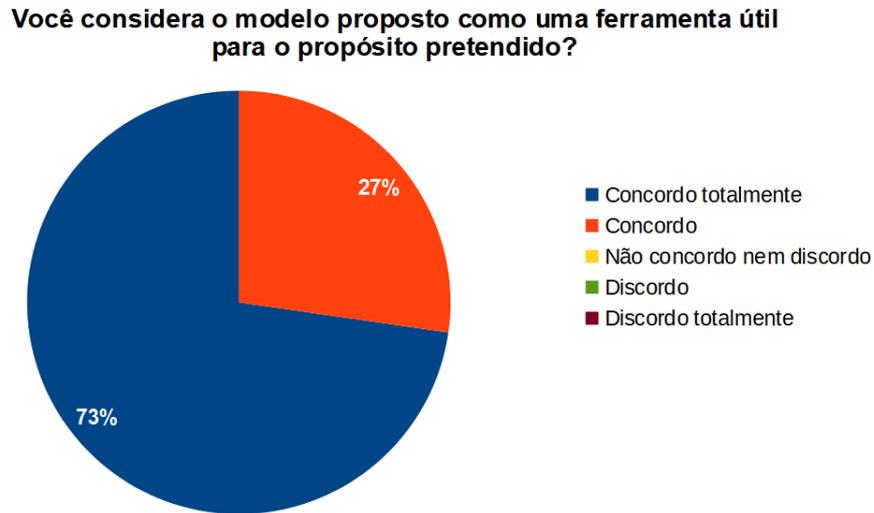
No que tange à utilidade do modelo proposto, os resultados indicam que 73% dos especialistas o consideram plenamente útil, enquanto os demais 27% demonstram concordância parcial. Assim, pode-se inferir que a unanimidade dos participantes, representando 100% dos respondentes, reconhece a utilidade do modelo, conforme ilustrado na Figura 35.

Em relação à hipótese de precisão e acurácia do modelo proposto, os dados obtidos indicam que 73% dos especialistas concordam plenamente, enquanto os 27% restantes concordam parcialmente. Assim, verifica-se que 100% dos respondentes manifestaram concordância total ou parcial quanto à exatidão do modelo, conforme ilustrado na Figura 36

Os resultados apresentados na Figura 37 revelam que 91% dos especialistas concordam plenamente que o modelo proposto atende aos objetivos estabelecidos, enquanto os 9% restantes concordam parcialmente. Esse consenso, que totaliza 100% de aprovação entre os especialistas, evidencia a eficácia do modelo em atingir as metas delineadas.

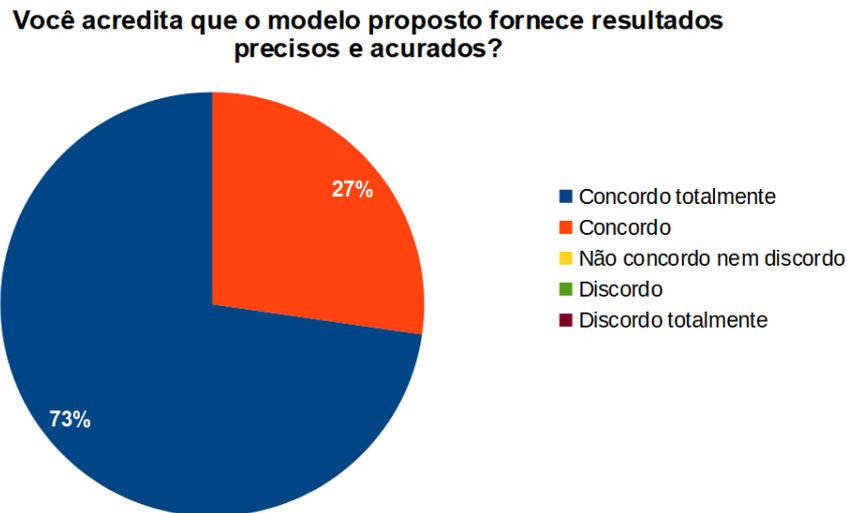
A Avaliação dos profissionais certificados destacou a eficácia do modelo em diversos contextos reais, com os profissionais relatando que a ferramenta possa, de fato, apoiar o processo de avaliação da implementação do MPS.BS em UOs. As críticas construtivas e sugestões de

Figura 35 – Avaliação Final Utilidade do Modelo Posposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 36 – Avaliação Final Precisão e Acurácia do Modelo Posposto

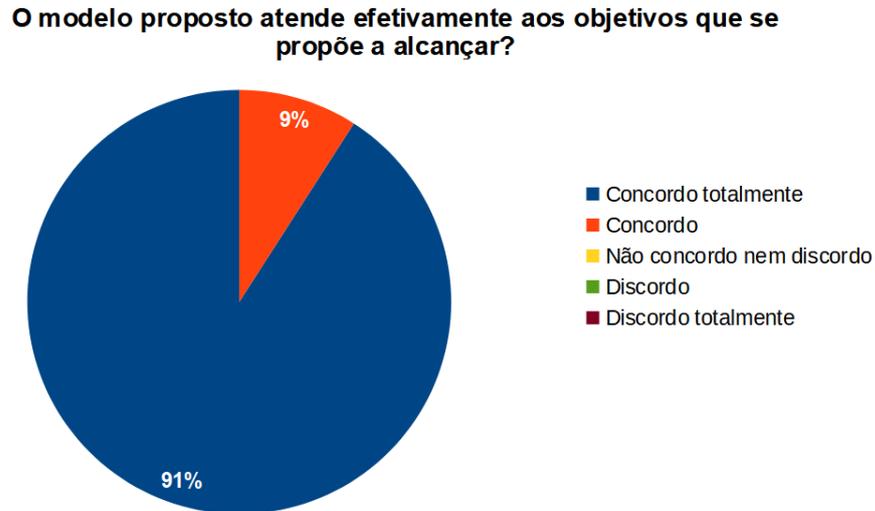


Fonte: Elaborada pelo autor.

melhoria fornecidas pelos profissionais foram fundamentais para refinar ainda mais o modelo, garantindo sua adaptabilidade e aplicabilidade em diferentes cenários. A validação final do modelo, através dos instrumentos de pesquisa aplicados, demonstrou sua eficácia e relevância. As sugestões e críticas recebidas foram essenciais para aprimorar o modelo, tornando-o mais robusto e adaptável às necessidades dos profissionais da área. Os resultados obtidos corroboram a hipótese inicial de que o modelo proposto pode trazer melhorias significativas nos processos analisados, contribuindo para o avanço na área de estudo.

Podemos destacar algumas frases dos especialistas em relação à confiabilidade dos projetos, tais como: "Devido à validação realizada com projetos reais, a proposta se mostrou

Figura 37 – Avaliação Final Objetivos Propostos do Modelo Posposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

com alto nível de confiabilidade, pois os resultados da proposta bateram com os resultados do MPS.BR."Por sua vez, outro profissional destacou que "como demonstrado no modelo proposto, os resultados finais são bem coerentes, pois os parâmetros de avaliação (pontuação) são bem definidos, assim chegando a um resultado fidedigno". Através destas e de outras respostas à entrevista sobre a confiabilidade do modelo proposto, bem como dos resultados demonstrados no formulário, conforme visto na Figura 34, podemos concluir que sim, o modelo proposto é confiável naquilo que se propõe.

Por sua vez, sobre a utilidade do modelo proposto, destacamos alguns relatos da entrevista submetida aos especialistas, tais como: "A criação da ferramenta auxiliar (FAMP) com pontuação se mostrou interessante e útil, pois podemos ter uma avaliação mais clara da capacidade de um processo."Por sua vez, outro especialista destacou que "é uma ferramenta útil. Um dos aspectos que a tornam útil é a inserção e exportação dos dados, que podem ser usados para extrair e gerar resultados esperados."Essas opiniões, alinhadas aos resultados mostrados na Figura 35, nos garantem que o modelo proposto se mostrou útil naquilo que se propõe a fazer.

No que diz respeito à precisão dos resultados, podemos destacar o que diz o profissional certificado: "para cada um dos projetos, realizou-se a avaliação de acordo com os resultados esperados de cada processo, sempre verificando sua aderência ou não a cada respectivo resultado esperado. Após a avaliação e agregação dos projetos, inseriram-se as variáveis geradas pelo 'Formulário Proposto' ao Modelo Proposto na aba Interface, onde, ao clicar no botão 'Executar', é possível verificar a aderência ou não aos níveis F e G do Modelo."Corroborando esse profissional, podemos ver o que diz um dos especialistas sobre esse mesmo ponto: "fornece resultados

precisos e acurados, pois, diante das métricas de caracterização dos projetos e da capacidade do processo, se mostrou preciso na entrega deles."Essas opiniões reforçam o que foi visto na Figura 36, o que nos permite concluir que a precisão do modelo proposto em alcançar os resultados alinhados a uma avaliação real se mostrou bastante eficaz.

Por fim, sobre o alinhamento aos objetivos desta proposta, podemos destacar o que diz um dos especialistas: "A criação da ferramenta auxiliar com pontuação fornece o suporte necessário para uma melhor medição da capacidade do processo/sistema."Outro, por sua vez, deixa claro que "diante do que foi mostrado, o modelo atende bem ao que foi proposto."Essas respostas positivas, alinhadas aos resultados tabulados sobre os objetivos da proposta, como demonstrado na Figura 37, indicam claramente que os objetivos do modelo proposto foram alcançados com sucesso.

Considerando as evidências apresentadas e os testemunhos dos especialistas e profissionais certificados, fica evidente que o modelo proposto não só atende aos requisitos iniciais, mas também proporciona uma plataforma robusta para a avaliação precisa e eficaz dos níveis de maturidade F e G do MPS.BR por meio de seus processos de projetos e organizacionais. A integração do FAMP com a possibilidade de inserção e exportação de dados demonstrou ser um diferencial significativo junto ao MPDS, permitindo ao PR realizar uma análise detalhada e contínua das capacidades dos processos. Esse aspecto foi essencial para garantir que os resultados fossem não apenas confiáveis, mas também replicáveis em diferentes contextos e projetos, especialmente na simulação para avaliação dos níveis F e G do MPS.BR com Dinâmica de Sistemas.

Por fim, ao refletir sobre os objetivos iniciais deste estudo, podemos afirmar que todos foram alcançados com êxito. O modelo proposto mostrou-se capaz de oferecer um suporte concreto na avaliação e melhoria dos processos analisados, alinhando-se perfeitamente às necessidades e expectativas da UO. A capacidade de simular e avaliar os níveis F e G do MPS.BR utilizando Dinâmica de Sistemas mostrou-se particularmente eficaz, proporcionando *insights* valiosos para a gestão de processos de projetos e organizacionais. Além disso, a utilização de métodos qualitativos e quantitativos para a validação final do modelo reforça sua aplicabilidade prática e robustez teórica. Assim, conclui-se que o modelo não apenas cumpre seu propósito, mas também se configura como uma ferramenta útil para futuros trabalhos na avaliação dos níveis de maturidade F e G do MPS.BR.

## 7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Para iniciar os trabalhos e o desenvolvimento realizado nesta pesquisa, algumas metodologias foram aplicadas a tecnologias já existentes e difundidas em outras áreas e na própria Ciência da Computação, como é o caso da Dinâmica de Sistemas. Neste capítulo, serão apresentados os resultados deste trabalho, assim como um vislumbre dos trabalhos futuros.

### 7.1 Conclusões

Para a realização deste estudo, foi utilizada a metodologia *Design Science Research*, na qual se aplicaram três ciclos: o Ciclo do Conhecimento, o Ciclo de Design e o Ciclo de Relevância. No Ciclo do Conhecimento, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura. No Ciclo de Design, o modelo proposto foi desenvolvido com o uso de dois artefatos. No Ciclo de Relevância, foi realizada a avaliação preliminar dos modelos propostos através da coleta de informações com especialistas. Para a validação final do modelo proposto, foram realizadas duas validações. A primeira validação foi com 10 especialistas em Tecnologia da Informação, cujas habilidades variam de desenvolvedor a gestor de TI, incluindo Analistas de Sistemas e Analistas de Processo, todos com vasto conhecimento em processos e engenharia de software. A segunda validação contou com dois profissionais certificados pela SOFTEX na implantação de níveis de maturidade do MPS.BR.

No estudo de caso aplicado ao Ciclo de Relevância da DSR, cada especialista avaliador atuava em sua respectiva área de trabalho. Os especialistas foram apresentados ao modelo em suas duas fases: aplicação do formulário auxiliar e das variáveis no modelo proposto, utilizando a Dinâmica de Sistemas. Os especialistas foram expostos a diversos cenários distintos, no contexto da avaliação dos níveis F e G do MPS.BR.

O processo de validação realizado para esta etapa do trabalho incluiu a apresentação do FAMP, a geração das variáveis de entrada para o MPDS, e a apresentação de diversos cenários distintos que poderiam resultar em uma atribuição positiva ou negativa do nível de maturidade almejado. Por fim, os especialistas responderam a um formulário com uma escala *Likert*.

Após a validação no Ciclo de Relevância da DSR, o modelo proposto foi avaliado por dois profissionais certificados na implementação dos níveis de maturidade do MPS.BR em estudo. A primeira profissional conta com mais de 20 anos de experiência na área e contribuiu com vários aprimoramentos ao modelo proposto, uma vez que sua vasta experiência prática

facilitou a identificação de alguns pontos falhos na primeira versão do modelo. A partir dessa avaliação foi desenvolvida uma nova versão dos dois artefatos do modelo proposto e submetida ao outro profissional certificado, este com mais de seis anos de experiência na área. Sua avaliação contou com casos reais de quatro projetos avaliados, os quais foram submetidos ao modelo proposto e, através da analogia com esses projetos reais, pode-se concluir que o modelo proposto reproduziu a avaliação alcançada, também, nos casos reais.

Os resultados obtidos no estudo indicam que os respondentes consideraram o modelo proposto como altamente confiável e eficaz em alcançar seu propósito, com 82% deles concordando totalmente com essas afirmações. No entanto, a utilidade do modelo para o propósito pretendido e a precisão dos resultados foram consideradas ligeiramente inferiores, com cerca de 73% dos respondentes concordando totalmente e o restante concordando parcialmente, indicando que 100% dos respondentes concordam, em algum grau, com a utilidade e precisão do modelo. Pode-se concluir que, embora o modelo esteja sólido em sua concepção e execução, ainda há espaço para melhorias no sentido de aumentar sua utilidade e precisão.

O modelo proposto oferece uma contribuição significativa para a área de Sistemas de Informação (SI). Sua distinção reside na abordagem pragmática e na aplicabilidade direta. O modelo incorpora vários aspectos metodológicos que se mostraram essenciais durante o seu desenvolvimento. Além disso, ele introduz uma ferramenta que utiliza a Dinâmica de Sistemas, uma técnica amplamente reconhecida em diversas áreas, não apenas na computação, mas que foi adaptada especificamente para o contexto dos Sistemas de Informação e, mais especificamente, para a qualidade do software. Acreditamos que este modelo tem o potencial de aprimorar a maneira como os profissionais de SI avaliam e aperfeiçoam seus processos, especialmente no contexto de avaliação dos níveis F e G do MPS.BR, proporcionando resultados mais consistentes e uma compreensão mais profunda.

Uma das limitações deste trabalho, apresentada no Ciclo de Relevância da DSR, era que o modelo proposto ainda não havia sido avaliado por um profissional certificado na área de aplicação da Avaliação do MPS.BR vinculado à SOFTEX. Esta limitação foi superada nesta fase da pesquisa, com a validação do modelo por dois profissionais certificados com vasta experiência na área de implementação, sendo um com mais de 20 anos de experiência e outro com mais de 6 anos. Além disso, uma nova aplicação do modelo proposto foi realizada em um contexto adequado, com 11 especialistas em desenvolvimento, gestão de processos e gerência de TI, alinhada à técnica AD-HOC. Isso permitiu a adequação do modelo para

cenários reais, com alguns fatores de melhoria aplicados à versão final dos dois artefatos entregues, garantindo a melhoria do modelo proposto antes de sua aplicação por um público mais geral, como implementadores de Instituições Implementadoras ou mesmo por implementadores independentes na técnica de avaliação do MPS.BR. Mesmo assim, é de importância ímpar continuar a melhoria e o aprimoramento do modelo, aplicando as ideias de trabalhos futuros.

## 7.2 Trabalhos Futuros

Por meio da análise qualitativa dos profissionais certificados e das entrevistas com os especialistas, podemos identificar *insights* mais detalhados e contextuais sobre suas experiências e percepções e, através disso, sugerimos algumas melhorias futuras para o modelo proposto.

Permitir que o PR agrupe os quatro projetos em uma única avaliação em contextos mais gerais. Isso também se aplica a alguns resultados esperados de Medição, mas não a todos. Quando o modelo proposto for utilizado por profissionais implementadores, customizar o FAMP para sugerir o preenchimento automático do documento oficial da SOFTEX. Isso ajudará a empresa a se preparar e estruturar a documentação necessária para a auditoria.

Além destas melhorias, planejamos conduzir estudos adicionais para incorporar variáveis que abordem as habilidades interpessoais (*soft skills*) dos profissionais envolvidos em todos os processos avaliados, bem como da própria UO, que pretende se submeter a uma avaliação de nível do MPS.BR. Isso incluiria aspectos como a cultura empresarial orientada a processos e o comprometimento dos colaboradores da UO, em executar suas tarefas conforme os processos definidos pela organização. Além disso, pretendemos expandir a capacidade do modelo para simular avaliações em níveis mais avançados, possivelmente os níveis E, D e C, do MPS.BR. Outra direção importante para a pesquisa futura é a realização de estudos de caso em empresas de vários portes, a fim de validar e refinar o modelo proposto. Esses aprimoramentos permitirão uma avaliação mais abrangente e precisa, considerando não apenas as competências técnicas, mas também as habilidades interpessoais e a cultura organizacional.

## REFERÊNCIAS

- BARLAS, Y. Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models. **European Journal of Operational Research**, v. 42, n. 1, p. 59–87, 1989.
- BASTOS, A. A. P. **A Dinâmica de Sistemas e a compreensão de estruturas de negócios**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2003.
- BEZERRA, T. R. **Capturando a Dinâmica da Gestão do Suprimento de Capacidades Essenciais de Tecnologia da Informação para o Apoio a Decisões Orientadas a Riscos e Benefícios**: Uma aplicação no contexto de organizações públicas no estado de alagoas. Tese (Tese de doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.
- BEZERRA, T. R.; BULLOCK, S.; MOURA, A. A simulation model for risk management support in it outsourcing. In: **4th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications SIMULTECH 2014**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 339–351.
- BEZERRA, T. R.; MOURA, A.; BULLOCK, S.; PFAHL, D. A system dynamics simulator for decision support in risk-based it outsourcing capabilities management. In: SPRINGER. **Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications**. Cham, Switzerland, 2014. v. 402, p. 131–152.
- BEZERRA, T. R.; MOURA, A.; S., L. A. A system dynamics model to support strategic decision making on it outsourcing: A case study at a state revenue agency in brazil. In: **Proceedings of 2014 IEEE NOMS**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 1–4.
- CETIC.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros**: pesquisa tic domicílios (edição covid-19 - metodologia adaptada), ano 2020. [s. n.], 2020. Disponível em: [https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20211124201233/tic\\_domicilios\\_2020\\_livro\\_eletronico.pdf](https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20211124201233/tic_domicilios_2020_livro_eletronico.pdf). Acesso em: 13 fev. 2024.
- FANNING, S.; NGUYEN, A.; HALLOT, O.; BATES, G.; VIGGIANO, F.; WEBER, J. H.; KRIEK, K.; HAMILTON, S. **LibreOffice. Guia do LibreOffice Calc**. <https://documentation.libreoffice.org/assets/Uploads/Documentation/pt-br/CG70/CG70-CalcGuide-Master.pdf>, 2020. Acesso em: 15 mai. 2024.
- FENNER, G.; LIMA, A. S.; FILHO, J. M. d. S. M.; ROCHA, L. S.; MOURA, J. A. B.; SOUSA, J. N. de. Um modelo para suporte ao gerenciamento de qualidade de software com base na dinâmica de sistemas. **Sistemas & Gestão**, v. 16, n. 1, p. 19–33, maio 2021. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1625>. Acesso em: 18 out. 2023.
- FENNER, G.; LIMA, A. S.; SOUZA, J. N. de; MOURA, J. A. B.; BEZERRA, T. R. Business-driven support for infrastructure as a service capacity management through system dynamics simulations. **IEEE Transactions on Network and Service Management**, v. 18, n. 2, p. 2063–2076, June 2021.
- FERREIRA, N. A.; CAVALCANTE, S. M. D. A. O uso de formulários como ferramenta da função organização, sistemas e métodos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 9, n. 5, p. 133–146, 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/uso-de-formularios>. Acesso em: 18 out. 2023.

KEELE, S. *et al.* **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. [S. l.]: Technical report, ver. 2.3 ebse technical report. ebse, 2007.

LEAL, V. L.; ALVES, G.; JULICH, J.; DAHMER, M.; VIÑA, R. F. S.; MORAES, J. A. R.; KIPPER, L. M. O método ad hoc na avaliação de impactos ambientais. **Tecno-Lógica**, v. 26, n. 1, 2022.

MAANI, K. E.; CAVANA, R. Y. **System Dynamic and Modeling**: Understanding change and complexity. Nova Zelândia: Pearson Education, 2000.

MEADOWS, D. H. **Pensando em Sistemas**: Como o pensamento sistêmico pode ajudar a resolver os grandes problemas globais. [S. l.]: Sextante, 2022.

NIELSEN, S.; NIELSEN, E. H. Transcribing the balanced scorecard into system dynamics: from idea design. **International Journal of Business and System Research**, v. 7, n. 1, p. 25–50, 2013.

OLIVEIRA, J. L. d.; GALARRAGA, O.; SOUZA, A. S. d. **A Experiência da IA Estratégia em Avaliações MPS.BR**. [S. l.: s. n.], 2007.

OLIVEIRA, P. C. de; NEVES, N. Aplicação do design science research (dsr) em cursos superiores de tecnologia. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 5, n. 13, 2019.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTORO, F. M. Design science research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. **Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Concepção da Pesquisa**, Porto Alegre: SBC, 2019.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTOS, T. M. dos. Design science research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. **RE@ D-Revista de Educação a Distância e eLearning**, v. 3, n. 1, p. 37–61, 2020.

ROCHA, A. R. **O Nível G do MPS-Software: 2023**: Diretrizes para compreensão e implementação. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://implementum.com.br/wp-content/uploads/2022/07/O-Ni%CC%81vel-G-do-MPS-SW-2023.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2024.

ROZA, R. H. O papel das tecnologias da informação e comunicação na atual sociedade. **Ciência da Informação**, v. 49, n. 1, jan. 2020. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/4755>. Acesso em: 18 out. 2023.

SANNINO, F. **A Dinâmica em um Projeto de Tecnologia de Grande Porte**. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, C. L. da; FUGII, G. M.; SANTOYO, A. H. Proposta de um modelo de dinâmica de sistemas da gestão de resíduos sólidos urbanos domiciliares: Um estudo aplicado a Curitiba (Brasil) a luz da política nacional de resíduos sólidos (PNRS). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 19, n. 1, abr. 2023. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/6602>. Acesso em: 18 out. 2023.

SOFTTEX. **Guia de Avaliação: 2023 – parte i**. [S.l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://softtex.br/download/guia-de-avaliacao2023-parte-i/>. Acesso em: 18 out. 2023.

SOFTEX. **Guia Geral MPS de Software**. [S.l: s. n.], 2023. Disponível em: <https://softex.br/download/guia-geral-mps-de-software2023/>. Acesso em: 18 out. 2023.

SOFTEX. **Modelo MPS para software - MPS-SW**. [S.l: s. n.], 2023. Modelos de Referência. Disponível em: <https://softex.br/mpsbr/modelos/#mpssw>. Acesso em: 18 out. 2023.

SOFTEX. **Lista de Instituições Autorizadas - MPS.BR**. [S.l: s. n.], 2024. Disponível em: <https://softex.br/mpsbr/instituicoes-autorizadas/lista/>. Acesso em: 15 mai. 2024.

VILLELA, P. R. **Introdução à dinâmica de sistemas**. Juíz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2005.

## APÊNDICE A – EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA CARACTERIZAÇÃO DO NÍVEL DE CAPACIDADE DE CADA PROCESSO NO MPDS

Este documento apresenta as equações desenvolvidas para a caracterização dos processos no contexto do MPS.BR. O objetivo principal é simular a avaliação dos níveis de maturidade F e G do MPS.BR, utilizando conceitos da Dinâmica de Sistemas. A seguir, detalharemos as equações e componentes essenciais desse modelo.

**Modelagem dos Processos** As equações que serão apresentadas foram desenvolvidas no *software* Stella e são responsáveis por caracterizar cada processo considerado neste estudo. Estes processos são representados por um conjunto de componentes, incluindo Estoques, Fluxos de Entrada e Saída, Conversores (variáveis) que representam a pontuação de cada Resultados Esperados e o somatório desta pontuação.

**Componentes da Dinâmica de Sistemas** Ao analisar as equações, observamos que cada componente da Dinâmica de Sistemas desempenha um papel fundamental na caracterização dos processos. Esses componentes são interligados e influenciam diretamente o grau de implementação dos resultados esperados. O modelo busca capturar a dinâmica complexa que ocorre durante a aplicação de uma avaliação de Nível do MPS.BR.

**Regras de Somatório** Uma decisão importante foi tomada em relação ao somatório dos pontos atribuídos a cada Resultado Esperado. Caso qualquer um destes resultados obtenha o valor N (representado pela pontuação zero no FAMP), o somatório é zerado. Essa abordagem reflete a premissa de que, para atingir um determinado nível de maturidade, não podemos ter resultados esperados não implementados.

## Equações Desenvolvidas no Software Stella

### Processos GPR

- $EGPR(t) = EGPR(t - dt) + (Soma\_GRP - PGPR) * dt$
- INIT EGPR = 0
- INFLOWS:
  - Soma\_GRP = GPR
- OUTFLOWS:
  - PGPR = EGPR
- $GPR = IF(GPR1 = 0 OR GPR2 = 0 OR GPR3 = 0 OR GPR4 = 0 OR GPR5 = 0 OR GPR6 = 0 OR GPR7 = 0 OR GPR8 = 0 OR GPR9 = 0 OR GPR10 = 0 OR GPR11 = 0 OR GPR12 = 0 OR GPR13 = 0 OR GPR14 = 0 OR GPR15 = 0 OR GPR16 = 0 OR GPR17 = 0 OR GPR18 = 0) THEN(0)$
- ELSE( $GPR1 + GPR2 + GPR3 + GPR4 + GPR5 + GPR6 + GPR7 + GPR8 + GPR9 + GPR10 + GPR11 + GPR12 + GPR13 + GPR14 + GPR15 + GPR16 + GPR17 + GPR18$ )
- GPR1 = 0
- GPR10 = 0
- GPR11 = 0
- GPR12 = 0
- GPR13 = 0
- GPR14 = 0
- GPR15 = 0
- GPR16 = 0
- GPR17 = 0
- GPR18 = 0
- GPR2 = 0
- GPR3 = 0
- GPR4 = 0
- GPR5 = 0
- GPR6 = 0
- GPR7 = 0
- GPR8 = 0
- GPR9 = 0

### Processos REQ

- $EREQ(t) = EREQ(t - dt) + (Soma\_REQ - PREQ) * dt$
- INIT EREQ = 0
- INFLOWS:
  - Soma\_REQ = REQ
- OUTFLOWS:
  - PREQ = EREQ
- $REQ = IF(REQ1 = 0 OR REQ2 = 0 OR REQ3 = 0 OR REQ4 = 0 OR REQ5 = 0 OR REQ6 = 0 OR REQ7 = 0) THEN(0)$
- ELSE( $REQ1 + REQ2 + REQ3 + REQ4 + REQ5 + REQ6 + REQ7$ )
- REQ1 = 0
- REQ2 = 0
- REQ3 = 0
- REQ4 = 0
- REQ5 = 0
- REQ6 = 0
- REQ7 = 0

**Processos GCO**

- $EGCO(t) = EGCO(t - dt) + (Soma\_GCO - PGCO) * dt$
- INIT EGCO = 0
- INFLOWS:
  - Soma\_GCO = GCO
- OUTFLOWS:
  - PGCO = EGCO
- $GCO = IF(GCO1 = 0 OR GCO2 = 0 OR GCO3 = 0 OR GCO4 = 0 OR GCO5 = 0) THEN(0)$   
ELSE(GCO1+GCO2+GCO3+GCO4+GCO5)
- GCO1 = 0
- GCO2 = 0
- GCO3 = 0
- GCO4 = 0
- GCO5 = 0

**Processos ORG**

- $EORG(t) = EORG(t - dt) + (Soma\_ORG - PORG) * dt$
- INIT EORG = 0
- INFLOWS:
  - Soma\_ORG = ORG
- OUTFLOWS:
  - PORG = EORG
- $ORG = IF(ORG1 = 0 OR ORG2 = 0 OR ORG3 = 0 OR ORG4 = 0) THEN(0)$   
ELSE(ORG1+ORG2+ORG3+ORG4)
- ORG1 = 0
- ORG2 = 0
- ORG3 = 0
- ORG4 = 0

**Processos GPC**

- $EGPC(t) = EGPC(t - dt) + (Soma\_GPC - PGPC) * dt$
- INIT EGPC = 0
- INFLOWS:
  - Soma\_GPC = GPC
- OUTFLOWS:
  - PGPC = EGPC
- $GPC = IF(GPC1 = 0 OR GPC2 = 0) THEN(0)$   
ELSE(GPC1+GPC2)
- GPC1 = 0
- GPC2 = 0

**Processos MED**

- $EMED(t) = EMED(t - dt) + (Soma\_MED - PMED) * dt$
- INIT EMED = 0
- INFLOWS:
  - Soma\_MED = MED
- OUTFLOWS:
  - PMED = EMED
- $MED = IF(MED1 = 0 OR MED2 = 0 OR MED3 = 0 OR MED4 = 0 OR MED5 = 0 OR MED6 = 0) THEN(0)$   
ELSE(MED1+MED2+MED3+MED4+MED5+MED6)
- MED1 = 0
- MED2 = 0
- MED3 = 0
- MED4 = 0
- MED5 = 0
- MED6 = 0

**Processos AQU**

- $EAQU(t) = EAQU(t - dt) + (Soma\_AQU - PAQU) * dt$
- INIT EAQU = 0
- INFLOWS:
  - ↔ Soma\_AQU = AQU
- OUTFLOWS:
  - ↔ PAQU = EAQU
- AQU = IF(AQU1 = 0 OR AQU2 = 0 OR AQU3 = 0 OR AQU4 = 0) THEN(0)  
ELSE(AQU1+AQU2+AQU3+AQU4)
- AQU1 = 0
- AQU2 = 0
- AQU3 = 0
- AQU4 = 0

**Atribuição do Nível F**

- ANF = IF((PGPR + PREQ + PGCO + PAQU + PGPC + PMED + PORG >= 237) AND  
(PGPR >= 91 AND PREQ >= 36 AND PAQU >= 21 AND PGPC >= 11 AND PMED >= 31 AND PORG >= 21)) THEN (2)  
ELSE IF ( (PGPR + PREQ + PGCO + PAQU + PGPC + PMED + PORG >= 75) AND  
(PGPR >= 28 AND PREQ >= 11 AND PAQU >= 7 AND PGPC >= 4 AND PMED >= 10 AND PORG >= 8) ) THEN (1)  
ELSE (0)

**Atribuição do Nível G**

- ANG = IF((PGPR + PREQ >= 127) AND (PGPR >= 91 AND PREQ >= 36))THEN (2)  
ELSE IF ((PGPR + PREQ >= 39) AND (PGPR >= 28 AND PREQ >= 11)) THEN (1)  
ELSE (0)

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DA APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS F E G DO MPS.BR COM DINÂMICA DE SISTEMAS

Prezado(a) especialista, este é um questionário de pesquisa conduzido pelo aluno de mestrado Paulo Ramon Nogueira de Freitas do Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Ceará (UFC) (PCOMP). O objetivo deste questionário é avaliar a eficácia do modelo proposto em nosso estudo recente sobre Simulação de uma Avaliação dos Níveis F e G do MPS.BR utilizando Dinâmica de Sistemas. Sua participação é voluntária e todas as suas respostas serão mantidas em estrita confidencialidade.

Por favor, leia cada pergunta cuidadosamente e selecione a opção que melhor reflete sua opinião. Agradecemos antecipadamente por seu tempo e contribuição.

**Questão 1.** Na sua opinião, o modelo proposto demonstra um alto nível de confiabilidade?

- (a) Concordo totalmente
- (b) Concordo
- (c) Não concordo nem discordo
- (d) Discordo
- (e) Discordo totalmente

**Questão 2.** Você considera o modelo proposto como uma ferramenta útil para o propósito pretendido?

- (a) Concordo totalmente
- (b) Concordo
- (c) Não concordo nem discordo
- (d) Discordo
- (e) Discordo totalmente

**Questão 3.** Você acredita que o modelo proposto fornece resultados precisos e acurados?

- (a) Concordo totalmente
- (b) Concordo
- (c) Não concordo nem discordo
- (d) Discordo
- (e) Discordo totalmente

**Questão 4.** O modelo proposto atende efetivamente aos objetivos que se propõe a alcançar?

- (a) Concordo totalmente
- (b) Concordo
- (c) Não concordo nem discordo
- (d) Discordo
- (e) Discordo totalmente

**APÊNDICE C – GUIA PARA ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS: AVALIAÇÃO  
DO MODELO DE SIMULAÇÃO PARA OS NÍVEIS F E G DO MPS.BR COM  
DINÂMICA DE SISTEMAS**

**1. Confiabilidade do Modelo:**

Na sua opinião, o modelo proposto demonstra um alto nível de confiabilidade? Por quê?

**2. Utilidade do Modelo:**

Considerando o propósito pretendido, você acredita que o modelo proposto é uma ferramenta útil? Quais aspectos o tornam útil ou não?

**3. Precisão dos Resultados:**

O modelo fornece resultados precisos e acurados? Se sim, quais evidências ou características o sustentam? Se não, quais áreas podem ser melhoradas?

**4. Alinhamento com Objetivos:**

O modelo atende efetivamente aos objetivos que se propõe a alcançar? Caso contrário, quais ajustes ou refinamentos seriam necessários?

**APÊNDICE D – CÓDIGOS-FONTES UTILIZADOS NO FAMP**

## Código-fonte 1 – Limpar Célula do Cabeçalho em VBA

```
1 Sub LimparCelulaCabeçalho(oEvent As Object)
2   Dim oPlanilha As Object
3   Dim oCelula As Object
4
5   ' Obter a planilha pelo nome
6   oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByNamed("
7       Caracterizando o Grau de Implementação do Resultado
8       Esperado")
9
10  ' Obter a célula B1
11  oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("B1")
12
13  ' Definir o valor da célula como vazio
14  oCelula.String = ""
15
16  ' Obter a célula B2
17  oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("B2")
18
19  ' Definir o valor da célula como vazio
20  oCelula.String = ""
21
22  ' Obter a célula E2
23  oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("E2")
24
25  ' Definir o valor da célula como vazio
26  oCelula.String = ""
27
28  Call LimparPerguntas
29  Call LimparEvidencias
```

```
28  
29 End Sub
```

## Código-fonte 2 – Limpar Evidências em VBA

```
1 Sub LimparEvidencias()  
2     Dim oPlanilha As Object  
3     Dim oCelula As Object  
4  
5     ' Obter a planilha pelo nome  
6     oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByName("Caracterizando o Grau de Implementação do Resultado Esperado")  
7  
8     ' Obter a célula F25  
9     oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("F25")  
10  
11    ' Definir o valor da célula como vazio  
12    oCelula.String = "Não"  
13  
14    ' Obter a célula C26  
15    oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("C26")  
16  
17    ' Definir o valor da célula como vazio  
18    oCelula.String = ""  
19  
20    ' Obter a célula C27  
21    oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("C27")  
22  
23    ' Definir o valor da célula como vazio  
24    oCelula.String = "Caso outra Evidência, digite o nome da evidência aqui"
```

```
25  
26 End Sub
```

### Código-fonte 3 – Limpar Perguntas em VBA

```
1 Sub LimparPerguntas()  
2     Dim oPlanilha As Object  
3     Dim oCelula As Object  
4  
5     ' Obter a planilha pelo nome  
6     oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByName("Caracterizando o Grau de Implementação do Resultado Esperado")  
7  
8     ' Obter a célula F9  
9     oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("F9")  
10  
11     ' Loop para mover quatro células para baixo  
12     For i = 1 To 5  
13         ' Mover uma célula para baixo  
14         oCelula = oPlanilha.getCellByPosition(oCelula.CellAddress.Column, oCelula.CellAddress.Row + 1)  
15  
16         ' Na terceira célula, mudar o valor  
17         If i = 4 Then  
18             oCelula.String = "-"  
19         Else  
20             ' Para valores diferentes de 3, definir como "n  
21             ão"  
22             oCelula.String = "Não"  
23         End If  
24     Next i
```

```
24  
25  
26 End Sub
```

#### Código-fonte 4 – Limpar Projeto em VBA

```
1 Sub LimparProjeto()  
2     Dim oPlanilha As Object  
3     Dim oCelula As Object  
4  
5     ' Obter a planilha pelo nome  
6     oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByName("  
        Caracterizando o Grau de Implementação do Resultado  
        Esperado")  
7  
8     ' Obter a célula F9  
9     oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("E2")  
10  
11    ' Definir o valor da célula como vazio  
12    oCelula.String = ""  
13  
14 End Sub
```

#### Código-fonte 5 – Agregar em VBA

```
1 Sub Agregar()  
2     ' Na Planilha de Caractarezaição:  
3     Dim oPlanilha As Object  
4     Dim oCelula As Object  
5     Dim oResultEsperado As Variant  
6     Dim oProjeto As Variant  
7     Dim oCaracterizacao As Variant
```

```
8
9
10 ' Obter a planilha pelo nome
11 oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByName("
    Caracterizando o Grau de Implementação do Resultado
    Esperado")
12
13 ' 1 - Pegar o Resultado Esperado
14 oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("B2")
15 oResultEsperado = oCelula.String
16
17 ' 2 - Pegar o Projeto
18 oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("E2")
19 oProjeto = oCelula.String
20 oProjeto = "P" & CInt(oProjeto)
21
22 ' 3 - Pegar a Caracterização
23 oCelula = oPlanilha.getCellRangeByName("F2")
24 oCaracterizacao = oCelula.String
25
26 ' Chama o Sub para Agregação
27 Call AgregarCaracterizacao(oProjeto, oResultEsperado,
    oCaracterizacao)
28 End Sub
```

#### Código-fonte 6 – Agregar Caracterização em VBA

```
1 Sub AgregarCaracterizacao(sConteudoColuna As String,
    sConteudoLinha As String, sConteudo As String)
2     Dim oPlanilha As Object
3     Dim oCelula As Object
4     Dim i As Integer
```

```
5 Dim j As Integer
6 Dim nColuna As Integer
7 Dim nLinha As Integer
8
9 ' Obter a planilha pelo nome
10 oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByName("Agregação
    T8")
11
12 ' Inicializar as variáveis de coluna e linha como -1 (n
    ão encontrado)
13 nColuna = -1
14 nLinha = -1
15
16 ' Loop para percorrer as células na primeira linha para
    encontrar a coluna de referência
17 For i = 0 To oPlanilha.Columns.getCount() - 1
18     ' Obter a célula atual
19     oCelula = oPlanilha.getCellByPosition(i, 0) '
        Primeira linha
20
21     ' Verificar se o conteúdo da célula é o que você
        está procurando
22     If oCelula.String = sConteudoColuna Then
23         ' Se for, armazenar o número da coluna e sair
            do loop
24         nColuna = i
25         Exit For
26     End If
27 Next i
28
29 ' Loop para percorrer as células na primeira coluna
    para encontrar a linha de referência
```

```
30 For j = 0 To oPlanilha.Rows.getCount() - 1
31     ' Obter a célula atual
32     oCelula = oPlanilha.getCellByPosition(0, j) '
33         Primeira coluna
34     ' Verificar se o conteúdo da célula é o que você
35         está procurando
36     If oCelula.String = sConteudoLinha Then
37         ' Se for, armazenar o número da linha e sair do
38             loop
39         nLinha = j
40         Exit For
41     End If
42 Next j
43
44 ' Verificar se a coluna e a linha de referência foram
45     encontradas
46
47 If nColuna <> -1 And nLinha <> -1 Then
48     ' Se foram, obter a célula na interseção da coluna
49         e linha de referência
50     oCelula = oPlanilha.getCellByPosition(nColuna,
51         nLinha)
52
53     ' Preencher a célula com o conteúdo desejado
54     oCelula.String = sConteudo
55
56     ' Realiza a limpeza para a próxima avaliação
57     Call LimparProjeto
58     Call LimparPerguntas
59     Call LimparEvidencias
60     Call LimparProjeto
```

```

56     ' Mensagem de Sucesso!
57     MsgBox "Valor caracterizado com sucesso!", 0, "
        Sucesso"
58 Else
59     ' Se não foram, imprimir uma mensagem de erro
60     Print "Coluna ou linha de referência não encontrada
        "
61 End If
62 End Sub

```

### Código-fonte 7 – Imprimir Área Definida em VBA

```

1 Sub ImprimirAreaDefinida(oEvent As Object)
2     Dim oDoc As Object
3     Dim oPlanilha As Object
4     Dim oIntervalo As Object
5
6     ' Obter o documento atual
7     oDoc = ThisComponent
8
9     ' Obter a planilha pelo nome
10    oPlanilha = oDoc.Sheets.getByname("Caracterizando o
        Grau de Implementação do Resultado Esperado")
11
12    ' Obter o intervalo nomeado que representa a área de
        impressão
13    oIntervalo = oPlanilha.getCellRangeByName("
        IntervaloImpressao")
14
15    ' Definir a área de impressão para o intervalo nomeado
16    oPlanilha.setPrintAreas(Array(oIntervalo.RangeAddress))
17

```

```
18     ' Imprimir a planilha
19     oDoc.print(Array())
20
21 End Sub
```

#### Código-fonte 8 – Limpar Agregação em VBA

```
1 Sub LimparAgregacao()
2     Dim oPlanilha As Object
3
4     ' Obter a planilha pelo nome
5     oPlanilha = ThisComponent.Sheets.getByName("Agregação
6         T8")
7
8     ' Limpa intervalo pré-determinado
9     oPlanilha.getCellRangeByName("B2:E47").ClearContents(7)
10
11     ' Mensagem de Sucesso
12     MsgBox "Valores Agregados limpos com sucesso!", 0, "
13         Sucesso"
```

## APÊNDICE E – QR CODE PARA BAIXAR OS ARTEFATOS DO MODELO PROPOSTO

Figura 38 – QR Code dos Artefatos Produzidos



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do site <https://bit.ly/>.