

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CCT
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - LEPROD

**PROPOSTA DE MODELAGEM EMPRESARIAL UML DE
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E O
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM**

GABRIEL RISO OLIVEIRA

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

26 de abril 2019

GABRIEL RISO OLIVEIRA

PROPOSTA DE MODELAGEM EMPRESARIAL UML DE
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E O
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM

Dissertação apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção

Orientador: Ailton da Silva Ferreira, D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

26 de abril 2019

PROPOSTA DE MODELAGEM EMPRESARIAL UML DE PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA PRODUÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE
ENSINO-APRENDIZAGEM

GABRIEL RISO OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção

Avaliada em 26 de abril de 2019.

Comissão Examinadora:

Manuel Antonio Molina Palma, D. Sc. - UENF

Dalessandro Soares Viana, D. Sc. - UFF

Leonard Barreto, D. Sc - UFF

Ailton da Silva Ferreira, D.Sc. - UFF/UENF (Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, minha avó e meus irmãos pelo esforço incondicional que sempre fizeram para que eu pudesse ter acesso à educação e estar aonde estou hoje. Sem vocês, absolutamente nada disto seria possível.

A minha namorada, Sofia Forestieri, pela companhia, pela boa energia e pelo suporte nos inúmeros momentos difíceis de minha jornada no mestrado.

Aos amigos do curso de Engenharia de Produção da UENF pela parceria de anos, o que certamente tornou o clima mais leve e produtivo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento da bolsa de mestrado.

Aos professores Manuel Antonio Molina, Leonard Barreto e André Luis Policani: tanto pelo apoio adicional à dissertação; quanto por motivarem e engajarem os alunos aprendizes através de postura competente e dedicada dentro de sala de aula. Isto, mesmo apesar do tratamento lastimável à classe por parte do governo do estado do Rio de Janeiro.

E, por fim, ao meu orientador Ailton da Silva Ferreira, pelos constantes direcionamentos no tema da dissertação, aconselhamento na metodologia utilizada, indicação de fontes para aprofundamento na literatura científica de Planejamento e Controla da Produção e notação UML e auxílio fundamental na confecção dos artigos submetidos e publicados.

RESUMO

O estudo de modelos empresariais fornece subsídios para se promover uma visão simplificada de uma realidade complexa. A notação de diagramação UML (*Unified Modeling Language*) é o meio utilizado na presente dissertação para se criar abstração dos temas inerentes ao PCP (Planejamento e Controle da Produção) no processo de ensino-aprendizagem da matéria nas universidades brasileiras, expondo assim uma lacuna ainda a ser explorada na literatura científica do tema. O objetivo principal de tal abstração ou modelagem é priorizar e explorar os pontos chave e seus respectivos inter-relacionamentos do conteúdo de ensino dos diferentes níveis hierárquicos de planejamento componentes do PCP como: *Sales and Operations Management* (S&OP), Planejamento Agregado, Planejamento Mestre, MRP I (Material Requirement Planning), e Programação da Produção. Desta forma, modela-se uma estrutura de conteúdo que visa contribuir para o ensino-aprendizagem dos conceitos base da matéria por parte dos alunos. Na metodologia, a pesquisa faz o uso de bibliometria, gerada a partir da base de dados *Web of Science*, para fomentar sua relevância teórica a respeito dos temas da linguagem UML e da literatura científica de PCP. Na aplicação, a notação UML 1.4 é utilizada para formulação dos diagramas de classe que representam os modelos dos planejamentos de PCP. Para operacionalização destes modelos conceituais UML é proposto um protótipo de *software* educacional *web* em formato AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) formulado a partir do conteúdo estruturado pelos diagramas de classes. Tal software, por sua vez, é avaliado partir de aplicação de questionário de qualidade fundamentados metodologicamente, isto como etapa complementar à pesquisa. Na etapa de resultados, obteve-se um estruturado arcabouço teórico acerca dos temas de UML e PCP. Como considerações finais, fomentou-se também a relevância do diagrama de classes da UML como notação eficiente para a modelagem empresarial de temas de analogia prática como o PCP visando o a estruturação de conteúdos para protótipos de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: UML; PCP; Modelagem Empresarial; *Software* Educacional; Ensino-Aprendizagem

ABSTRACT

The study of conceptual models provides insights to promote a simplified view of a complex reality. The UML (Unified Modeling Language) diagramming notation is the means used in this dissertation to create an abstraction of the themes inherent to the PPC (Production Planning and Control) in the teaching-learning process of the subject in the Brazilian universities, thus exposing a gap still to be explored in the scientific literature of the subject. The main objective of such abstraction or modeling is to prioritize and explore the key points and their respective interrelationships of teaching content of the different hierarchical levels of planning components of the PPC such as Sales and Operations Management (S&OP), Aggregate Planning, Master Program Schedule, MRP I (Material Requirement Planning), and Production Schedule. In this context, a content structure is modeled that aims to contribute to the acceleration in the learning of the basic concepts of the subject by the students and its final objective is the increase in the teaching-learning efficiency of the subjects of PPC. As a methodological approach, the research makes use of bibliometrics, generated from the Web of Science database, to foster its theoretical relevance to the themes of the UML language and the scientific literature of PPC. The UML 1.4 notation is used in order to formulate the class diagrams which represent the models of the PPC plans. For the operationalization of these conceptual models UML is proposed a prototype of educational Web software in AVA format (Virtual Learning Environment) formulated from the content structured by the class diagrams. Such software, in turn, is evaluated based on a methodologically based quality questionnaire application, as a complementary step to the research. As results, a structured theoretical framework on the themes of UML and PPC was obtained. The relevance of the UML class diagram was also promoted as an efficient notation for conceptual modeling of practical analogy themes such as PPC aiming to increase efficiency in teaching-learning processes.

Palavras-chave: UML; PPC; Enterprise Modeling; Educational Software; Teaching-Learning

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Modelo de enlace causal do processo de S&OP.....	28
Figura 02. Modelo explicativo: <i>input</i> e <i>output</i> do Planejamento Agregado	30
Figura 03. Programa de produção em duas fases	35
Figura 04. Exemplo de lista de materiais para a fabricação de um triciclo	36
Figura 05. Exemplo de processo de MRP I.....	39
Figura 06. Modelo de Programação da Produção	42
Figura 07. Modelo de Planejamento da Capacidade	43
Figura 08. Artigos acerca do tema PCP publicados por ano	51
Figura 09. Autores mais citados nos temas de PCP	53
Figura 10. Modelo básico de um processo de remanufatura.....	54
Figura 11. Diagrama UML de sequência.....	65
Figura 12. Diagrama UML de atividades	67
Figura 13. Diagrama UML de componentes	68
Figura 14. Diagrama UML de estado	69
Figura 15. Diagrama UML de casos de uso.....	71
Figura 16. Modelo de uma classe UML.....	73
Figura 17. Relacionamento entre classes UML	74
Figura 18. Interface do programa Umbrello	76
Figura 19. Interface do programa ArgoUML.....	77
Figura 20. Interface do programa Dia – Casos de uso	78
Figura 21. Interface do programa JUDE	79
Figura 22. Artigos acerca do tema UML publicados por ano	81
Figura 23. Autores mais citados nos temas de UML.....	83
Figura 24. Simbologia utilizada em BPMN.....	91
Figura 25. Estrutura de modelagem de CIMOSA.....	95
Figura 26. Modelo básico de um sistema produtivo de manufatura	98
Figura 27. Modelo de simulação de planejamento agregado da produção	99
Figura 28. Modelo de simulação de planejamento mestre da produção	100
Figura 29. Diagrama de classes: Modelo de planejamento agregado.....	103
Figura 30. Modelagem básica para entendimento de processos	105

Figura 31. Modelo de Programação da Produção em IDEF	106
Figura 32. <i>Framework</i> metodológico da pesquisa	118
Figura 33. Exemplo de relação de composição da notação UML.....	121
Figura 34. Exemplo de relação de agregação da notação UML.....	122
Figura 35. Exemplo de relação quantitativa da notação UML	123
Figura 36. Exemplo de relação de interface da notação UML	124
Figura 37. Exemplo de relação informacional da notação UML	125
Figura 38. Modelo de Planejamento Agregado e S&OP em UML.....	131
Figura 39. Modelo de Planejamento Mestre em UML.....	135
Figura 40. Modelo de MRP I em UML.....	139
Figura 41. Modelo de Programação da Produção em UML.....	143
Figura 42. Modelo de RRP em UML	147
Figura 43. Modelo de RCCP em UML.....	150
Figura 44. Modelo de CRP em UML	154
Figura 45. Modelo geral de PCP em UML	Error! Bookmark not defined.
Figura 46. Modelagem UML como fomento da estrutura de conteúdo do protótipo.....	156
Figura 47. Estrutura do Protótipo de Ensino-Aprendizagem no AVA	158
Figura 48. Estrutura de rolagem de telas adotada	159
Figura 49. Tela de apresentação do projeto de dissertação no <i>software</i>	161
Figura 50. Tela de apresentação de módulos do conteúdo de PCP a ser estudado	162
Figura 51. Tela de apresentação da questão acerca do tema 'Taylorismo'	164
Figura 52. Tela de apresentação da questão acerca do tema 'Fordismo'	165
Figura 53. Tela de orientação ao assunto S&OP e Planejamento Agregado	166
Figura 54. Base da modelagem UML do S&OP.....	167
Figura 55. Tela de orientação ao assunto S&OP e Planejamento Agregado	168
Figura 56. Tela de orientação ao assunto Planejamento Agregado	168
Figura 57. Tela de apresentação da questão acerca de previsão de demanda	171
Figura 58. Tela de apresentação da correção acerca de previsão de demanda.....	171
Figura 59. Tela de apresentação da questão acerca do tema de estratégias de produção.....	173
Figura 60. Tela de apresentação da questão aberta acerca do tema planejamento mestre	174
Figura 61. Planejamento mestre em lotes fixos	175
Figura 62. Tela de orientação ao módulo MRP I.....	177

Figura 63. Representação da lista de materiais no diagrama UML	177
Figura 64. Classe ‘tempo de ressuprimento’ representada na modelagem UML	178
Figura 65. Cálculo do LEC no modelo UML de MRP I	179
Figura 66. Tela de apresentação da questão acerca de LEC	180
Figura 67. Tela de simulação de erro na questão acerca de LEC	181
Figura 68. Lista de Materiais Estrutura Analítica do Produto	182
Figura 69. Tela de Correção de Questão	182
Figura 70. Modelagem UML sobre estoques	183
Figura 71. Tela de apresentação da questão acerca de controle de estoques	184
Figura 72. Tela de orientação ao assunto Programação da Produção	185
Figura 73. Regras de prioridade representadas na modelagem UML	186
Figura 74. Tela de apresentação da questão aberta acerca do tema sequenciamento da produção	187
Figura 75. Tela de apresentação da questão acerca do tema programação da produção	188
Figura 76. Sequenciamento e seus fatores representados na modelagem UML	188
Figura 77. Tela de apresentação da questão acerca do tema de capacidade	190
Figura 78. Tela de apresentação da questão acerca do tema de capacidade	191
Figura 79. Tela de registro do progresso e pontuação do usuário	193
Figura 80. Tela do questionário aplicado na ferramenta <i>Google Forms</i>	198
Figura 81. Porcentagem de respondentes por universidade	200
Figura 82. Gráfico acerca da pergunta sobre gênero do respondente	201
Figura 83. Gráfico acerca da pergunta sobre idade do respondente	202
Figura 84. Gráfico acerca da pergunta sobre escolaridade do respondente	203
Figura 85. Gráfico acerca das experiências do respondente	203
Figura 86. Gráfico acerca da pergunta sobre grau de contato com PCP	204
Figura 87. Gráfico acerca da pergunta sobre o aspecto visual do <i>software</i>	205
Figura 88. Gráfico acerca da pergunta sobre a disposição de itens do <i>software</i>	206
Figura 89. Gráfico acerca da pergunta sobre interface do <i>software</i>	207
Figura 90. Gráfico acerca da pergunta sobre comandos intuitivos no <i>software</i>	208
Figura 91. Gráfico acerca da pergunta sobre experiência de uso	209
Figura 92. Gráfico acerca da pergunta sobre usabilidade	210
Figura 93. Gráfico acerca da pergunta de abrangência do conteúdo	211

Figura 94. Gráfico acerca da pergunta de botões de comando.....	212
Figura 95. Gráfico acerca da pergunta de sequenciamento de telas	213
Figura 96. Gráfico acerca da pergunta de sequenciamento de telas	214
Figura 97. Gráfico acerca da pergunta de sequenciamento de telas	215
Figura 98. Gráfico acerca da pergunta da proposta do <i>software</i>	216
Figura 99. Gráfico acerca da pergunta de funcionalidade	217
Figura 100. Gráfico acerca da pergunta sobre grau de didática	218
Figura 101. Gráfico acerca da pergunta sobre grau de adequação às necessidades	219
Figura 102. Gráfico acerca da pergunta sobre utilidade da proposta do <i>software</i>	220
Figura 103. Gráfico acerca da pergunta sobre requisitos do <i>software</i>	221
Figura 104. Gráfico acerca da pergunta sobre eficácia do <i>software</i>	222
Figura 105. Gráfico acerca da possibilidade de o respondente indicar o <i>software</i> para um amigo	223
Figura 106. Gráfico acerca da pergunta sobre eficácia didática	223
Figura 107. Gráfico acerca da pergunta sobre confiabilidade nos recursos de usabilidade	225
Figura 108. Gráfico acerca da pergunta sobre confiabilidade do conteúdo	226
Figura 109. Gráfico acerca da pergunta sobre confiabilidade geral	227

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP.....	74
Quadro 02. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP.....	75
Quadro 03. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP.....	75
Quadro 04. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP.....	76
Quadro 05. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP.....	77
Quadro 06. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP.....	78
Quadro 07. Artigos com embasamento de UML mais relevantes à pesquisa.....	79
Quadro 08: Artigos mais citados acerca dos temas de UML.....	103
Quadro 09: Fundamentos de avaliação do protótipo de <i>software</i> educacional.....	134
Quadro 10. Classe do diagrama UML.....	140
Quadro 11: Conceitos intrínsecos ao Planejamento Agregado.....	145
Quadro 12: Referencial teórico utilizado na modelagem da Planejamento Agregado.....	147
Quadro 13: Conceitos intrínsecos ao Planejamento Mestre.....	151
Quadro 14: Referencial teórico utilizado na modelagem da Planejamento Mestre.....	152
Quadro 15: Conceitos intrínsecos ao MRP I.....	155
Quadro 16: Referencial teórico utilizado na modelagem do MRP I.....	156
Quadro 17: Conceitos intrínsecos a Programação da Produção.....	159
Quadro 18: Referencial teórico utilizado na modelagem da Programação da Produção	160
Quadro 19: Conceitos intrínsecos ao Planejamento de Capacidade de Longo Prazo.....	163
Quadro 20: Referencial teórico utilizado na modelagem do Planejamento de Capacidade de Longo Prazo	164
Quadro 21: Conceitos intrínsecos ao Planejamento de Capacidade de Médio Prazo.....	149

Quadro 22: Referencial teórico utilizado na modelagem do Planejamento de Capacidade de Médio Prazo.....	167
Quadro 23: Conceitos intrínsecos ao Planejamento de Capacidade de Curto Prazo.....	168
Quadro 24: Conceitos intrínsecos ao Planejamento de Capacidade de Curto Prazo.....	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Palavras-chave mais citadas nos temas de PCP	61
Tabela 02. Palavras-chave mais citadas nos temas de UML.....	84

LISTA DE SIGLAS

<i>Agile Production Planning and Control System</i>	APPCS
<i>Advanced Planning Schedule</i>	APS
<i>Ambiente Virtual de Aprendizagem</i>	AVA
<i>Architecture of Integrated Information Systems</i>	ARIS
<i>Business Process Modeling</i>	BPM
<i>Business Process Modeling and Notation</i>	BPMN
<i>Computer Aided Software Engineering</i>	CASE
<i>Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture</i>	CIMOSA
<i>Capacity Resource Planning</i>	CRP
<i>Enterprise Resource Planning</i>	ERP
<i>Event-Driven Process Chain</i>	EPC
<i>Integration Definition</i>	IDEF
<i>Java and UML Development Environment</i>	JUDE
<i>Management Resource Planning</i>	MRP II
<i>Master Production Schedule</i>	MPS
<i>Materials Requirements Planning</i>	MRP I
<i>Mold: Assistant Production Planner</i>	MAPP
<i>Object Management Group</i>	OMG
<i>Order Penetration Point</i>	OPP
<i>Planejamento e Controle da Produção</i>	PCP
<i>Rough-Cut Capacity Planning</i>	RCCP
<i>Resource Requirements Planning</i>	RRP
<i>Sales and Operations Planning</i>	S&OP
<i>Unified Architecture</i>	UA
<i>Unified Modelling Language</i>	UML
<i>Universidade Estadual do Norte Fluminense</i>	UENF
<i>Work Load Control</i>	WLC

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	19
1.1. Introdução.....	19
1.2. Objetivo.....	22
1.2.1. Objetivo Geral.....	22
1.2.2. Objetivos Específicos	22
1.3. Motivação	22
1.4. Justificativa.....	23
1.5. Estrutura	23
CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1. Planejamento e Controle da Produção (PCP)	25
2.1.1. <i>Sales and Operations Planning (S&OP)</i>	25
2.1.2. Planejamento Agregado da Produção	29
2.1.3. Planejamento Mestre da Produção.....	32
2.1.4. Planejamento das Necessidades Materiais (MRP I)	36
2.1.5. Programação da Produção	40
2.1.6. Planejamento da Capacidade	42
2.1.7. Pesquisa bibliométrica acerca dos temas de PCP	49
2.2. Unified Modeling Language (UML)	62
2.2.1. Tipos de diagrama UML.....	63
2.2.2. Diagrama de classes UML.....	72
2.2.3. Ferramentas UML	74
2.2.4. Pesquisa bibliométrica acerca dos temas de UML.....	80
2.3. Outras metodologias de modelagem de processos	90
2.3.1. BPMN (<i>Business Process Model and Notation</i>)	90
2.3.2. ARIS (<i>Architecture of Integrated Information Systems</i>).....	93
2.3.3. IDEF (Integration Definition)	94
2.3.4. CIMOSA (Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture)	95
2.4. Modelos educacionais de referência em PCP.....	97
2.4.1. Modelos educacionais nacionais.....	97

2.4.2. Modelos educacionais internacionais	100
2.5. Conceito de qualidade em modelos educacionais	106
2.5.1. Funcionalidade	108
2.5.2. Confiabilidade.....	109
2.5.3. Usabilidade.....	109
2.5.4. Eficiência.....	110
CAPÍTULO III - METODOLOGIA	111
3.1. Tipo de pesquisa	111
3.2. Uso de recurso de bibliometria	113
3.3. Coleta de dados	113
3.3.1. Metodologia de aplicação de questionário.....	114
3.3.2. Metodologia de conteúdo de questionário	115
3.4. Limitações do método	116
3.5. Uso de notação UML.....	116
3.5.1 Uso do diagrama de classes	117
3.5.2. Protótipo de ensino-aprendizagem	118
3.6. Descrição das etapas do trabalho.....	118
CAPITULO IV- MODELAGEM EMPRESARIAL UML DE PCP.....	120
4.1. Princípios da modelagem empresarial UML utilizados.....	120
4.2. Modelagem UML do S&OP e Planejamento Agregado	125
4.3. Modelagem UML do Planejamento Mestre da Produção	132
4.4. Modelagem UML do MRP I.....	136
4.5. Modelagem UML da Programação da Produção.....	140
4.6. Modelagem UML do Planejamento de Capacidade de Longo Prazo-RRP.....	144
4.7. Modelagem UML do Planejamento de Capacidade de Médio Prazo-RCCP	148
4.8. Modelagem UML do Planejamento de Capacidade de Curto Prazo-CRP.....	151
4.9. Modelagem UML de Planejamento e Controle da Produção.....	155
CAPÍTULO V – PRÓTOTIPO DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM PCP DESENVOLVIDO A PARTIR DA MODELAGEM EMPRESARIAL UML	156
5.1. Desenvolvimento do protótipo.....	157
5.2. Estrutura inicial do protótipo.....	160
5.3. Estrutura de conteúdo do protótipo	163

5.3.1. Módulo de introdução	163
5.3.2. Módulo de Planejamento Agregado	165
5.3.3. Módulo de Planejamento Mestre	173
5.3.4. Módulo de MRP I.....	176
5.3.5. Módulo de Programação da Produção	183
5.3.6. Módulo de Planejamento da Capacidade	189
5.3.7. Tela de Pontuação do Software	192
CAPÍTULO VI – APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA PROPOSTA	195
6.1. Análise do software pelos alunos da graduação	195
6.2. Elaboração do questionário	195
6.3. Disseminação do questionário.....	197
6.4. Resultados da avaliação do questionário	199
6.4.1. Perfil dos respondentes	199
6.4.2. Usabilidade.....	205
6.4.3. Funcionalidade	210
6.4.4. Eficiência didática.....	217
6.4.5. Confiabilidade.....	224
6.4.6. Opinião do respondente	227
CAPITULO VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS	229
7.1. Conclusão	229
7.2. Proposta de trabalhos futuros	231
REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS	233
APÊNDICE A - Questionário de avaliação do software educacional de PCP	244
APÊNDICE B - Modelo geral UML de PCP	251
ANEXO A - ARTIGOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSO.....	255
ANEXO B – ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS	260
ANEXO C – ARTIGOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS	263

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Tomando como contexto o modelo de ensino-aprendizagem universitário, conteúdos programáticos de caráter prático, como o PCP (Planejamento e Controle da Produção), podem ter sua abordagem aprimorada por meio dos denominados *softwares* educacionais que, apesar de relevantes, ainda são pouco utilizados no Brasil e no mundo.

O uso de *softwares* educacionais como auxiliares do professor em sala de aula se fazem pertinentes por seu dinamismo e interatividade. O estudo de engenharia de produção está em constante atualização por conta das rápidas mudanças tecnológicas no campo prático que exigem amadurecimento e adaptabilidade das organizações. Desta maneira, impacta-se o planejamento, a formulação e o desenvolvimento de ações dentro do escopo dos projetos e das operações continuadas da produção.

Nessa dissertação, os tópicos de PCP serão abordados a partir da perspectiva da notação de diagramação UML (*Unified Modeling Language*), que é utilizada como forma de estruturar o conteúdo de PCP através da modelagem conceitual.

1.1. Introdução

Os temas inerentes ao conteúdo de PCP abordados nas salas e laboratórios das universidades devem seguir não somente a teoria base fundamentada por autores tradicionais, como também os progressos e tendências que ocorrem no campo prático.

Adentrando neste campo prático, temos a maioria das organizações inseridas num cenário mercadológico de alta competitividade. Isto exige dos gestores a contínua atualização acerca de novas tecnologias visando dominar grandes quantidades de informação e obterem um processo decisório assertivo em meio a quantidades crescentes de variáveis.

Dessa maneira, torna-se necessário desenvolver estratégias eficientes de aquisição e uso da informação para se alcançar a eficácia organizacional e se adaptar à rapidez com a qual a conjuntura do mercado avança.

O foco primordial da alta gerência para se prever ações futuras e tomar as decisões corretas deve ser entender a maior quantidade de aspectos da organização e do ambiente no qual esta se insere. Ou seja, planejar a cadeia de aspectos intrínsecos à capacidade de produção (oferta) e, também, os aspectos referentes à demanda. O PCP, que é englobado pelo ERP (*Enterprise Resource Planning*), responde às decisões da alta gerência promovendo melhorias em seus processos produtivos.

Em relação à gerência das informações coletadas para a melhoria dos processos numa organização, destaca-se o conceito de modelagem de processos de negócio ou BPM (*Business Process Modeling*), que segundo Meidan et al. (2017), permite à organização não só analisar estrategicamente os requisitos internos de gestão, como também identificar alternativas viáveis para melhorar continuamente a eficiência dos processos de negócios com foco na gestão da qualidade.

Baldam et al. (2014), por sua vez, classifica e especifica BPM como uma gestão por processos voltada: à melhor coordenação e integração do trabalho; à tempos de resposta mais rápidos; ao foco direcionado aos clientes; à prevenção de ocorrência de erros; à possibilidade de antecipar e controlar mudanças; ao auxílio à organização, documentação, e melhor entendimento dos processos organizacionais; e à visão sistêmica das atividades desempenhadas na organização.

Uma considerável variedade de ferramentas de auxílio à BPM é conhecida, tanto no meio acadêmico-científico, quanto no meio comercial-industrial, e uma das razões para a difusão de tais ferramentas, segundo Khosravi (2016), é que seus métodos de mapeamento e modelagem oferecem descrições úteis e relativamente baratas, que podem gerar alto impacto na melhoria dos processos de negócios de organizações.

Focando numa abordagem simples, rápida e eficiente para a modelagem de processos, a presente dissertação especifica a UML como alternativa vantajosa e a utiliza para a formulação do modelo base para a concepção do protótipo de *software* educacional proposto.

No seu modo elementar, a UML é explicada por Larman (2012) como uma ferramenta para a simplificação e padronização da notação para modelagem de sistemas. O autor define a linguagem como uma “notação de diagramação”, por conta de seu modo ágil de expressar a informação de um sistema e seus componentes por meio de caixas retangulares, símbolos e pouco texto contidos em diagramas específicos.

Por conta de seu propósito simples, os diagramas UML facilitam a comunicação entre diferentes profissionais envolvidos no processo de modelagem de sistemas numa organização, tornando-se ferramenta importante na gestão de processos de negócio.

Neste trabalho, será abordado o desenvolvimento de um protótipo educacional focado no ensino-aprendizado dos conceitos do tema prático Planejamento e Controle da Produção. Para tal, será utilizada a perspectiva da modelagem empresarial UML para o auxílio ao desenvolvimento do protótipo em questão.

O arcabouço teórico do presente trabalho, através da pesquisa bibliométrica, tece uma visão dos artigos mais relevantes, buscando identificar fatores e condições em comuns, apontados pelos autores na literatura científica, que influenciem diretamente nos aspectos de sucesso na utilização da ferramenta UML para auxiliar a modelagem de processos numa organização, bem como os fatores relevantes para o sólido aprendizado acerca dos conceitos mais atuais de PCP.

Por fim, as incumbências geradas pela aplicação desta dissertação geram a seguinte pergunta: Como a modelagem empresarial UML pode auxiliar em protótipos de *softwares* de ensino aprendizagem de temas práticos com o PCP?

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é o desenvolvimento de um modelo empresarial em notação de digrama de classes UML que demonstre os principais pontos e seus inter-relacionamentos do campo de estudo do tema prático de PCP. Este modelo é desenvolvido na perspectiva de criação de um protótipo de ensino-aprendizagem na forma de um *software* educacional de forma a enfatizar a relevância da modelagem UML na literatura científica.

1.2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são expostos da seguinte maneira:

- a) Desenvolvimento do arcabouço teórico de UML, através de recurso da bibliometria;
- b) Desenvolvimento de arcabouço teórico de PCP, através de recurso da bibliometria;
- c) Desenvolvimento de arcabouço teórico acerca de *softwares* educacionais;
- d) Estruturação do conteúdo de PCP através de modelagem empresarial UML utilizando o diagrama de classes (etapa principal);
- e) Desenvolvimento de protótipo de *software* educacional de PCP em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (etapa complementar);
- f) Aplicação de questionário para validação inicial do AVA (etapa complementar).

1.3. Motivação

A UML foi desenvolvida para a elaboração eficiente de modelos com grande quantidade de informações interligadas logicamente. Nesta dissertação, a proposta de aplicação da referida notação se configura numa excelente

oportunidade para fomentar sua relevância científica e metodológica na modelagem conceitual de sistemas como um meio de aumento da eficiência no ensino-aprendizagem dos temas de PCP.

1.4. Justificativa

Os conceitos gerais de PCP se caracterizam por seu aspecto prático marcante, o que por sua vez, corrobora com o grau mais preciso na abstração de seus modelos e submodelos representativos da realidade.

A concepção de uma estrutura original de conteúdo programático de PCP, com o viés didático gerado a partir de um modelo empresarial UML, se configura numa proposta relevante para a literatura científica por seu ineditismo.

A presente pesquisa ainda explora o modelo empresarial, desenvolvido no diagrama de classes da notação UML, para fomentar as etapas complementares de criação de um protótipo de *software* educacional e validação do mesmo através de aplicação fundamentada metodologicamente de questionário avaliação.

Desta maneira, direcionando o trabalho para o público alvo de estudantes, professores e demais participantes do meio acadêmico dos cursos de Engenharia de Produção e Administração, pode-se obter o senso de utilidade da dissertação no seu propósito de oferecer um meio de aumento da eficiência do ensino-aprendizagem dos temas de PCP nas universidades brasileiras.

1.5. Estrutura

A estrutura de capítulos da dissertação é sequenciada a seguir:

Capítulo I - Considerações Iniciais: são abordados os aspectos introdutórios ao tema, objetivos de pesquisa, motivação e justificativa.

Capítulo II - Referencial Teórico: com o devido embasamento de relevância científica, esta seção aborda temas referentes à UML e ao Planejamento e Controle da Produção.

Capítulo III - Metodologia: é apresentada a metodologia pesquisa utilizada juntamente com a especificação de sua proposta de aplicação.

Capítulo IV - Modelagem Empresarial UML de PCP: apresenta-se o conceito e lógica utilizados nos modelos UML representativos das diferentes etapas do PCP.

Capítulo V- Protótipo de Software Educacional: esta seção mostra o desenvolvimento, interfaces e contribuições da modelagem UML para concepção do protótipo.

Capítulo VI - Aplicação de Questionário para Validação da Proposta: apresenta-se o conteúdo, métodos de disseminação e resultados do questionário aplicado.

Capítulo VII - Considerações Finais: os resultados gerais, conclusão e proposta para trabalhos futuros são mostrados.

CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado o embasamento teórico dos temas abordados no projeto de dissertação. O recurso da bibliometria foi utilizado para tecer o arcabouço teórico e estruturar da melhor maneira o conteúdo.

Tópicos sobre os temas de Mapeamento e Modelagem de Processos, como foco na UML, e PCP são embasados pelas publicações mais relevantes da literatura científica.

2.1. Planejamento e Controle da Produção (PCP)

Nessa seção é analisado o embasamento teórico relevante acerca dos principais processos de PCP numa abordagem hierárquica e complementar, contemplando desde os aspectos operacionais até os estratégicos do tema, pois são importantes ao desenvolvimento do objetivo dessa dissertação.

2.1.1. *Sales and Operations Planning (S&OP)*

O S&OP é de suma importância para as empresas, pois se estabelece como um planejamento mensal com sua organização em ciclos, o qual opera constantemente alinhando as expectativas dos clientes e com as operações internas que, por sua vez, são avaliadas em função da precisão, responsabilidades, aprendizado e gerência de riscos em relação as operações da empresa.

A medida que o planejamento de vendas e operações vai trabalhando com horizontes mais curtos, maior detalhamento dos produtos é exigido, assim como vão reduzindo as incertezas nas previsões.

Segundo Zhang et al. (2016) o S&OP é um processo de planejamento que interliga o planejamento estratégico corporativo ao planejamento diário de produção e torna as empresas capazes de coordenar demanda e suprimento de seus produtos; Pode ser abordado como um planejamento de longo em médio prazo, também conhecido pela designação de Planejamento de Vendas e Operações.

Os mesmos autores ainda afirmam que o S&OP deve focar nos volumes agregados e nas famílias de produtos, de maneira que questões relacionadas ao *mix*, a produtos individuais e as ordens de clientes sejam prontamente tratadas no nível operacional.

De acordo com Silva (2015), a integração do S&OP nas organizações é definida como um processo para o desenvolvimento de planos táticos que condicionem a alta gerência a direcionar seus planos estratégicos do negócio alcançando uma vantagem competitiva de modo contínuo. Tal processo envolve todos os planos para o negócio (vendas, *marketing*, desenvolvimento, fabricação, abastecimento, terceirização e financeiro).

O S&OP também pode ser entendido como o planejamento centrado em duas variáveis principais a serem controladas: demanda dos clientes e capacidade de oferta da empresa, provendo uma “visão de futuro”, já que um de seus principais objetivos é buscar o balanceamento entre a demanda e a oferta de produtos, mostrando, com antecedência, quando e onde as faltas e excessos de capacidade irão ocorrer em um determinado período de tempo.

Sendo assim, como abordado por Ambrose (2016), as estratégias de planejamento para o processo de S&OP podem ser divididas em duas categorias: modificação da demanda ou modificação da produção (suprimento).

As atividades referentes ao planejamento e controle são incumbidas de ligar as entidades. Por um lado, existem os recursos disponíveis para a operação, com capacidade para atender a demanda. Por outro lado, um conjunto de demandas, tanto gerais quanto específicas, dos consumidores, atuais e potenciais, para os bens ou serviços da operação.

Uma parte considerável das decisões tomadas nos processos de S&OP é de alto potencial de risco, segundo Hahn & Kuhn (2012), que complementam afirmando que uma quantidade razoável de más decisões pode acarretar às organizações a perda de mercado e deixa-las em situação financeira delicada.

O processo de S&OP acontece num ambiente de complexidade e dinamismo acentuados, os gestores devem aprimorar seus moldes processuais

de tomada de decisão buscando ferramentas de apoio visando assim reduzir os riscos gerais e específicos e seus possíveis resultados indesejados.

Dentre as diversas formas de definir do S&OP, uma comum é a que trata o processo de S&OP como o responsável pela revisão periódica do plano estratégico de negócios, com o objetivo de garantir a integração entre o planejamento de cada um dos departamentos da organização.

Tuomikangas e Kaipia (2014) apresentam S&OP como sendo o processo chave para equilibrar a demanda e a capacidade de suprir de uma empresa, estruturando o alinhamento vertical da estratégia do negócio com o planejamento operacional, enquanto alinha horizontalmente a demanda.

De acordo com Domingos, Politano e Pereira (2015), um ponto importante a ser analisado nas práticas empresariais é que os gestores participantes do processo de S&OP podem não ter uma visão global de todas as variáveis e restrições envolvidas na formulação dos planos agregados. A negligência desta visão holística crítica no processo, por vezes, ocasiona ineficiência na tomada de decisão por tais gestores.

A falta da visão global dificulta a comunicação, o tráfego de informações e o discernimento sobre como determinada decisão impacta o desempenho geral da organização.

A dinâmica de sistemas pode ser usada para definir políticas de médio e longo prazo e regras de negócio nas organizações, bem como fornecer elementos que permitam explicitar os modelos mentais dos colaboradores/gestores das organizações como o uso de diagramas de estoque e fluxo.

Com o advento de recursos computacionais mais avançados, o S&OP, pode ser interpretado através de modelos matemáticos específicos que se integram ao PCP em geral.

Tal integração estratégica é resultado da necessidade de uso eficiente das informações geradas nos componentes do PCP. Isto se configura numa tendência sólida que deve ser abordada já no ensino universitário do tema.

De acordo com Pandin, Pereira e Politano (2012), existem vários trabalhos científicos que tem a integração funcional de planos de S&OP como objeto de

Uma pesquisa promovida por Pedroso, da Silva & Tate (2016) avalia dados empíricos de organizações que implantaram S&OP e trabalham em melhoria contínua, expondo como resultados a existência de uma forte correlação positiva entre S&OP bem sucedido e o desempenho da empresa.

Tal pesquisa caracteriza os fatores para a implementação bem-sucedida de S&OP (facilitadores), bem como as barreiras que impedem sua implementação especificamente no ambiente desafiador do Brasil.

Evidencia-se, novamente, a necessidade de uma melhor compreensão para auxiliar os gerentes a efetivarem a implementação de S&OP e garantir resultados positivos. Além disso, existe a observação de que uma estrutura formal pode ser necessária para suportar a implementação do processo, com a possível recomendação de um departamento específico de S&OP com relatórios tipo matriz.

Segundo Domingos (2013), o S&OP representa o corpo do planejamento estratégico de uma organização. Uma de suas etapas específicas diz a respeito do planejamento agregado da produção, que relacionará a capacidade da empresa com a demanda por produtos e serviços de forma a maximizar os lucros e alinhar a produção com a estratégia da empresa.

2.1.2. Planejamento Agregado da Produção

O Planejamento Agregado da Produção pode ser entendido como sendo de caráter tático numa organização, posicionando-se naturalmente entre as seções de decisão estratégica (onde está inserido o S&OP) e operacional.

No planejamento tático as decisões são focadas nos problemas de utilização de recursos, tais como: capacidade; disponibilidade de mão-de-obra; recursos de armazenagem e distribuição. (SAVSANI et al, 2016)

Os gestores podem optar entre as alternativas de contratação de mão-de-obra, determinação de horas extras, alocação de capacidade produtiva para determinadas família de produtos, formação de estoques sazonais, definição dos canais de distribuição e modo de transporte.

A característica marcante do planejamento agregado é o fato de a produção não ser tratada como itens individuais, ao invés disto, ela é agregada em famílias de produtos.

Ainda segundo Savsani et al (2016), o Planejamento Agregado deve lidar, simultaneamente, com: as determinações de capacidade de chão de fábrica; níveis de estoque; e os níveis de demanda planejados para um horizonte finito de tempo.

Neste contexto, seu objetivo principal é finalizar este horizonte planejado tendo cumprido todas as demandas e utilizado todos os recursos da maneira mais eficiente possível. Um exemplo de especificação conceitual do processo de Planejamento Agregado pode ser conferido na figura 02.

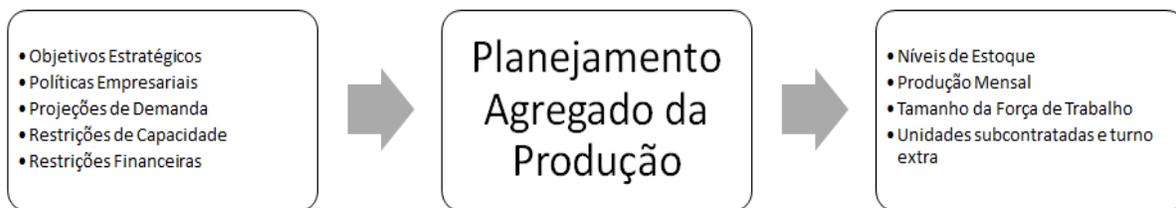


Figura 02. Modelo explicativo: *input* e *output* do Planejamento Agregado

Fonte: Adaptado de Martins & Laugeni (2005)

Entezaminia, Heydari e Rahmani (2016) complementam que o Planejamento Agregado da Produção é um método eficaz para determinar a estratégia de produção para preencher a demanda por capacidade de trabalho e recursos ao longo de um determinado horizonte de tempo.

O fato de considerar um horizonte de tempo para calcular e suprir uma demanda incerta requer um embasamento coerente e racional aliado a uma boa especificidade do corpo estratégico da organização.

Atiya (2016) explica que o Planejamento Agregado da Produção é um dos problemas mais significativos e complexos dentro do PCP, pois além do dever de estabelecer níveis de produção globais para que cada família atenda a demanda

flutuante no futuro, tal planejamento inclui a tomada de decisão sobre a contratação, demissão, horas extras, subcontratos, o nível de inventário.

Nos sistemas de planejamento de produção hierárquica, como é definido o Planejamento Agregado da Produção por Gansterer (2015) em sistemas *make-to-order*, o escopo base do planejamento é destinado a equilibrar requisitos de capacidade e quantidades de produção para horizontes de planejamento de médio prazo.

Os planos agregados fornecem a entrada básica para novas etapas de planejamento. Já a parte hierárquica, que define as prioridades de quais produtos devem ser fabricados primeiro, tem uma estrutura abrangente que é utilizada para investigar o impacto do Planejamento Agregado neste ambiente.

É ainda proposto por Gansterer (2015) um modelo de simulação de evento discreto, usado para executar etapas de planejamento de nível operacional imitando as condições de um chão de fábrica onde as dependências estocásticas e não-lineares são consideradas.

O desempenho do sistema é avaliado com base nos níveis de serviço e estoque, parâmetros de controle comuns no planejamento agregado. Dessa maneira, o autor pode avaliar o impacto de diferentes técnicas de previsão nos parâmetros de controle e oferecer recomendações gerenciais.

Na literatura científica, ainda podem ser encontradas variações dos moldes de Planejamento Agregado, como é o caso de estudo de Modarres e Izadpanahi (2016), onde é proposto um projeto de economia de energia juntamente com o Planejamento Agregado da Produção.

O objetivo é reduzir o consumo e os custos adjacentes do uso de energia para desempenhar todas as funções que compõem o projeto de produção de uma organização; este, naturalmente, incluindo as seções de compras, vendas, estoques, processos produtivos e outras atividades inerentes à produção em geral.

O Planejamento Agregado da Produção focado na cadeia de fornecimento de energia também é abordado por Chaturvedi & Bandyopadhyay (2015). Os autores expõem uma metodologia que é igualmente aplicável ao planejamento agregado da produção, bem como ao planejamento agregado do fornecimento de material de entrada.

Tal metodologia determina a gama de produção em diferentes momentos para a organização, bem como calcula as metas de produção, com a menor variação nos níveis possível, para satisfazer as demandas de cada período de tempo, mantendo os limites econômicos de inventário. A representação gráfica proposta proporciona uma compreensão física significativa do problema geral do planejamento da produção agregada, identificando diferentes tipos de estrangulamentos de produção.

De acordo com Barretini & Campos (2010), o Planejamento Agregado simplifica os produtos agrupando-os em famílias ou linhas de produtos, sendo função posterior do Planejamento Mestre da Produção (*Master Production Schedule* ou MPS) desagregar essas linhas de níveis em programas de produção detalhados.

2.1.3. Planejamento Mestre da Produção

O Planejamento Mestre da Produção é uma das etapas envolvidas no planejamento, programação e controle da produção. É ele quem define a quantidade de produtos acabados e a quantidade a serem produzidos.

Considera-se um horizonte de planejamento menor se comparado ao Planejamento Agregado e calculando as necessidades de capacidades produtivas disponíveis, como linhas de produção de produtos específicos.

De acordo com Tubino et al. (2007), no nível estratégico-tático de médio prazo, o Plano Mestre de Produção busca táticas para operar de forma eficiente o plano de produção. Este é um plano que analisará diferentes formas de guiar o sistema produtivo disponível dentro da visão de sua capacidade fabril.

Sua periodicidade é a cada mês ou a cada semana, para cada tipo de produto acabado individual. Sendo assim, o processo de Planejamento Agregado dirige e, até certo ponto, restringe o processo de geração do MPS.

A elaboração de um MPS é um processo trabalhoso, pois este está relacionado ao número de produtos, de recursos envolvidos e do horizonte de tempo considerado (períodos).

Ele alinha a demanda do mercado com os recursos internos da empresa calculando de maneira programada as taxas adequadas de produção de produtos finais. O MPS é um plano operacional e parte de um plano mais amplo e abrangente.

É uma declaração de quantidades planejadas que dirigem os sistemas de gestão detalhada de materiais e capacidade. Essa declaração é baseada nas expectativas que se tem da demanda e dos próprios recursos com os quais a empresa conta hoje e vai contar no futuro (BARRETINI & CAMPOS, 2010).

Apenas ter o MPS não garante nenhum sucesso. O MPS deve ser bem gerenciado. Os casos de má gestão geralmente resultam em mau uso dos recursos da organização, impactando diretamente na competitividade da empresa, podendo acabar com as vantagens obtidas de um processo de Planejamento Agregado (FLEISCHMANN, MEYR & WAGNER, 2015).

Explorando o campo de estudo do MPS, temos o conceito abordado por Piagge, Bagni e Marcola (2015), que afirma este como sendo constituído de registros com escala de tempo que contêm, para cada produto final, as informações de demanda e estoque disponível atual.

Usando tais informações, o estoque disponível é projetado à frente no tempo, constituindo a previsão ou *forecasting*. Quando não há estoque suficiente para satisfazer demanda futura, quantidades determinadas de pedidos são inseridas na linha do programa-mestre.

Um dos principais fatores que afetam o desempenho do MPS na concepção de Herrera et al (2016), é a flutuação da demanda, o que leva a decisões atualizadas com frequência, causando instabilidade.

Dessa maneira, o custo global é deteriorado e a produtividade diminui. Os autores ainda defendem estudos experimentais para destacar a eficácia da abordagem reativa em relação às medidas de desempenho propostas, ou seja, atenuar os efeitos da demanda incerta.

Nos quesitos pertinentes ao fluxo de informação, pode-se explicar o MPS como sendo baseado no orçamento encaminhado pelo cliente para então iniciar o processo produtivo.

Desse modo, a empresa em análise possui estratégia de produção *make-to-order* e, segundo Girotti e Mesquita (2011), isso significa que a produção não começa enquanto o cliente não emitir o pedido. Portanto, o produto é personalizado. O *leadtime* abrange o tempo de fabricação, montagem e expedição do produto.

No entanto, existem dois problemas notáveis nesse tipo de estratégia de produção: determinação de datas de entrega plausíveis para os clientes e desenvolvimento de programas viáveis de produção que atendam as exigências de entrega.

Girotti e Mesquita (2011) ressaltam que esse sistema produz uma grande variedade de produtos em baixos volumes, ou o contrário, poucos produtos com grande variedade, com roteiros de produção diferentes (fluxo não linear). Conseqüentemente, possui alta flexibilidade, e geralmente os equipamentos são agrupados por semelhança em setores ou centros de produção, caracterizando um *layout* funcional.

Segundo Ramezani, Rahmani e Barzinpour (2012), inúmeros modelos foram implementados para moldar os conceitos base do planejamento agregado da produção. Porém, tais modelos são geralmente concentrados no algoritmo da solução, e não em um modelo geral. Isto, porque consideração de todos os

parâmetros em um modelo de Planejamento Agregado torna a tarefa mais complexa.

Os mesmos autores apresentam um modelo geral e abrangente de planejamento agregado. Este modelo é relevante para sistemas de produção multi-período, multi-produto, multi-máquina e em duas fases.

Na primeira fase, as peças individuais são produzidas por um primeiro grupo de trabalhadores e máquinas. Na próxima etapa, os produtos de primeira fase e outros produtos comprados são montados em produtos agregados por um segundo grupo de trabalhadores e máquinas, conforme figura 03.

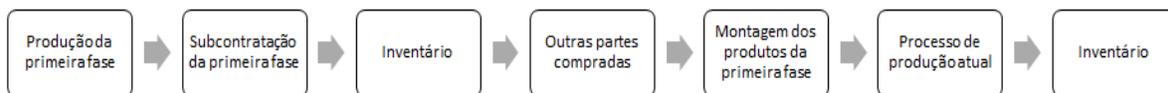


Figura 03. Programa de produção em duas fases

Fonte: Adaptado de Ramezani, Rahmani & Barzinpour (2012).

Existem vários recursos que estão envolvidos no modelo, como decisões de instalação e tempo de execução. Se um produto específico for produzido em um período, cada máquina necessária deve ser configurada exatamente uma vez nesse período. Os pressupostos do modelo são os seguintes (Ramezani, Rahmani & Barzinpour, 2012):

- Os horários de instalação e os custos de instalação são considerados.
- Os tempos de configuração são independentes na sequência de trabalhos.
- As máquinas estão disponíveis em todos os momentos.
- Todos os parâmetros de programação têm valor determinista e não há aleatoriedade.

Com o planejamento mestre da produção consolidado na organização, deve-se continuar promovendo o equilíbrio entre capacidade de produção e demanda. No entanto, a medida que horizonte de planejamento fica mais curto, as necessidades devem exibir maior nível de detalhamento. A fase seguinte para

o planejamento e controle da produção consiste no planejamento das necessidades materiais.

2.1.4. Planejamento das Necessidades Materiais (MRP I)

De acordo com Davis, Aquilano e Chase (2001), o MRP I é parte componente do Planejamento e Controle da Produção e seus dados de entrada (*input*) são provenientes do(a):

- Programa Mestre de Produção, que contém a data de entrega e as quantidades a serem produzidas dos produtos finais ou componentes utilizadas como peças de reposição;
- Lista de materiais (*Bill of Materials*), que descreve os componentes e suas quantidades necessárias para a fabricação de cada produto, e a sequência em que o mesmo é montado (figura 04);

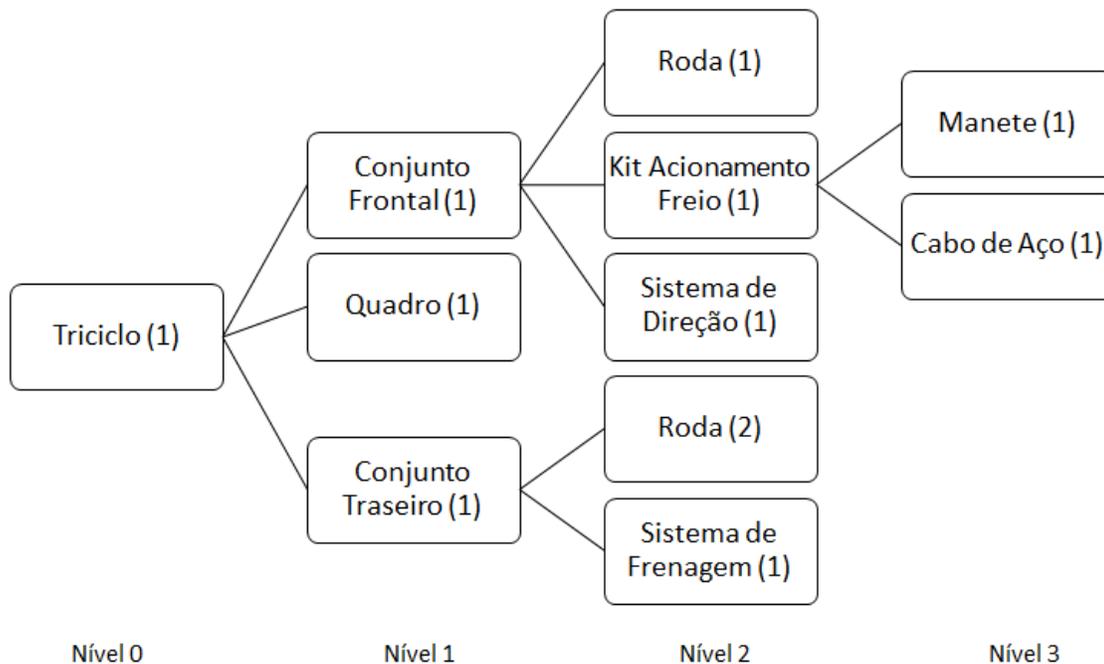


Figura 04. Exemplo de lista de materiais para a fabricação de um triciclo

Fonte: Adaptado de Lustosa, Mesquita e Oliveira (2008)

- Arquivo mestre do item, que contém o número de parte e a descrição de cada item, seja matéria prima, produto em fase intermediária ou produto final, a regra do tamanho de lote utilizada, e os *lead times* planejados;
- Arquivo de estoques, que são constituídos da quantidade atual e posição física de cada ítem, podendo incluir também informações acerca do armazenamento de recursos já reservados para ordens futuras.

Segundo Drohomeretski (2009), sistemas de MRP I somente funcionam adequadamente quando as informações sobre a posição dos estoques tiverem uma precisão superior a 98%. Além disso, outro fator que pode gerar resultados ineficientes são problemas nas informações dos tempos de produção e seus efeitos na programação da produção.

As informações utilizadas no planejamento da produção apresentam necessidade de qualificações para que possam ser aproveitadas da melhor maneira. No entanto, o mesmo autor conclui que poucos trabalhos apresentam uma quantificação dos efeitos da utilização de informações de baixa qualidade no planejamento da produção.

A respeito da grande quantidade de dados para se dominar no processo de MRP I, tem-se a abordagem de Erol & Nakiboglu (2017), que expõem a questão afirmando que todo sistema, seja natural ou artificial, coexiste com um ambiente. Sendo muito importante que um sistema se adapte ao seu ambiente.

Além disso, para que um sistema exista, ele deve mudar de acordo com o ambiente em mudança. Os sistemas devem interagir com o meio ambiente para alcançar seus objetivos. As coisas que não fazem parte do sistema são elementos ambientais, ou variáveis ambientais.

Os autores ainda afirmam que dependendo da interação com o meio ambiente, os sistemas podem ser divididos em duas categorias: sistema aberto ou fechado. Sistemas abertos: são sistemas que interagem com seu ambiente.

Praticamente, a maioria dos sistemas são sistemas abertos. Um sistema aberto possui muitas interfaces com seu ambiente. Também pode se adaptar às

mudanças nas condições ambientais. Pode receber entradas e entregar saída para o exterior do sistema. Um sistema de informação é um exemplo desta categoria. Já os sistemas fechados não interagem com seus ambientes, e só existem em conceito.

O conceito de sistema aberto, por sua vez, é fomentado na formulação do modelo educacional para o ensino-aprendizagem dos temas de PCP da presente dissertação, onde as interfaces dos sistemas internos são características dos componentes que regem o planejamento em questão.

Desse modo, temos o MRP I como um sistema aberto na organização, que irá interagir com diversas variáveis ambientais externas e será influenciado por estas.

Negligenciar tais variáveis externas que afetam os elementos internos do sistema geralmente ocasiona uma tomada de decisão não assertiva, conseqüentemente configurando uma má gestão de recursos no planejamento das necessidades materiais.

Segerstedt (2017) define o MRP I como planejamento de cobertura de tempo, sendo consistido num sistema para calcular os requisitos de material e início de compras e produção. A taxa de produção solicitada de itens finalizados ou módulos pré-fabricados alternativos em estoque é "quebrada", explodida, para expor a necessidade de aquisição de componentes individuais.

O inventário e os reabastecimentos já encomendados são comparados com a taxa de produção desejada do item e é calculado o tempo que tais ações já previstas (inventário prévio e reabastecimentos programados) devem cobrir as vendas desejadas.

Feito este cálculo, as taxas de produção são comparadas com o prazo de entrega do item; se uma falta futura é diagnosticada (através da diferença entre "alcance" de produção no horizonte de tempo e necessidade real) o planejamento de cobertura de tempo sinaliza que uma recarga é necessária.

Segerstedt (2017) ainda define a natureza do método como um tipo de sistema de ponto de reabastecimento, mas com tempo em vez de quantidade como variável de decisão, por conta disto, tal modelo permite aumentos e reduções nos níveis de produção.

Na visão de Patel & Vyas (2011) o MRP I é constituído num processo para planejar, executar e controlar atividades de aquisição de materiais com o objetivo de garantir que estes se encontrem disponíveis na quantidade correta no seu local de uso quando necessário.

O sistema MRP I também preza pela qualidade e custo razoável dos materiais exigindo que estes sejam adequadamente selecionados, comprados, entregues e manuseados.

Assim, tem-se no MRP I um elemento importante no escopo do PCP. O modelo proposto pelos autores pode ser conferido na figura 05.

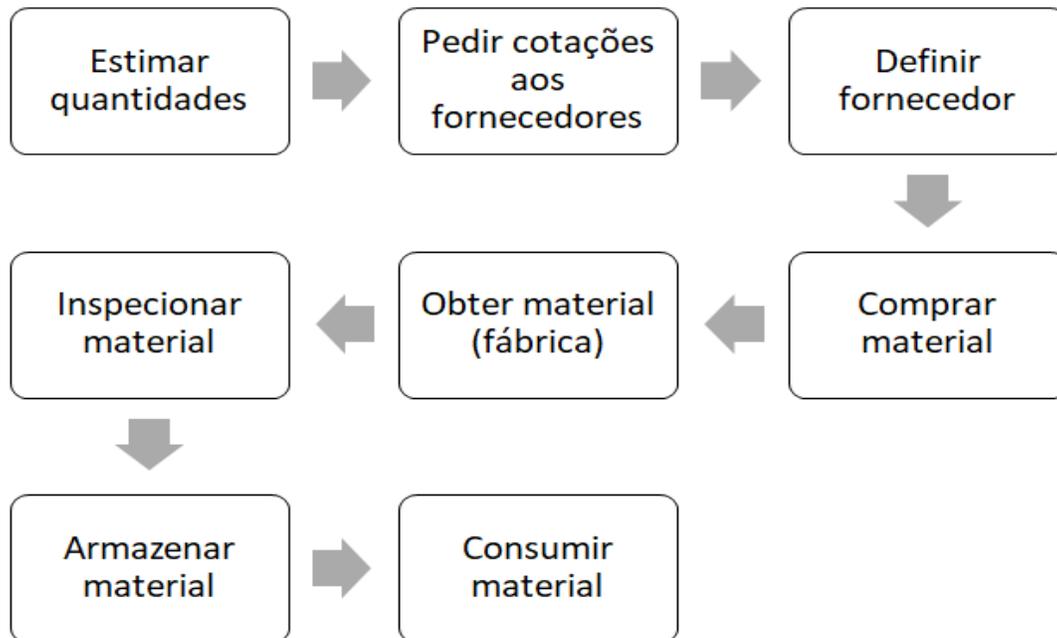


Figura 05. Exemplo de processo de MRP I

Fonte: Adaptado de Patel & Vyas (2011)

Patel & Vyas (2011), concluem que o MRP I é conjunto dos esforços necessários para assegurar que a qualidade e a quantidade corretas de materiais

sejam devidamente especificadas em tempo hábil para pedido, sejam obtidas a um custo razoável e estejam disponíveis no local de uso quando necessário.

O MRP I fomenta o encaminhamento para o patamar mais operacional do PCP fornecendo dados para as etapas do processo de Programação da Produção, onde os materiais serão efetivamente consumidos e transformados.

2.1.5. Programação da Produção

Davis, Aquilano e Chase (2001) explicam os insumos (*input*) da Programação da Produção como sendo informações diretamente ligadas ao controle da produção e inventário, como:

- a) Ordens planejadas a lançar;
- b) Mudanças nas datas de entrega;
- c) Cancelamento ou interrupção de pedidos ocasionados por mudanças no Planejamento Mestre inicial;
- d) Dados do status do inventário.

Além disso, os mesmos autores afirmam que, dependendo do *software* MRP I em uso, a organização terá acesso também ao informe de exceção, que indica discrepâncias importantes como erros, atrasos e desperdícios excessivos.

Uma definição elementar da Programação da Produção é oferecida por Sule (1997) que a classifica como o processo de planejar e priorizar as operações que tem a necessidade de serem executadas dentro de uma determinada sequência.

Programar é definido, portanto, como um ato de prioridades e organização de atividades com o intuito de se maximizar os objetivos predefinidos. O autor ressalta que o referido processo está sujeito a restrições provenientes do chão de fábrica, da gerência e até dos clientes.

De acordo com Girotti & Mesquita (2011), a Programação da Produção está inserida no problema conhecido no meio acadêmico como *job shop*

scheduling, onde determinado número de ordens devem ser processadas em certa quantidade de máquinas com roteiros distintos.

Tais roteiros possuem suas características únicas, pois cada tipo de produto possui uma sequência própria de passagens pelas máquinas, incluindo a possibilidade de voltar a passar pela mesma máquina mais de uma vez.

Os autores definem como característica típica deste ambiente a complexidade para se promover a sincronização das operações, fator que gera situação de ociosidade nas máquinas posteriores e filas nas máquinas anteriores de um processo desregulado (sem sincronia).

Ferreira, Almada-Lobo e Morabito (2013) corroboram com a afirmação de que a sincronia é um fator de extrema importância na Programação da Produção. Tais autores, usando o exemplo de uma fábrica de bebidas, ressaltam que além dos tempos e custos de trocas dependentes da sequência, a sincronia entre os estágios de preparo de xarope e envase da bebida deve ser considerada, pois a fase anterior (preparo do xarope) precisa estar pronta no instante em que é necessária na fase seguinte (envase da bebida). No exemplo destes autores, podem ocorrer esperas da linha de envase caso haja falta de sincronia entre os postos de trabalho na linha de produção.

A Programação da Produção atinge o nível considerado mais elementar do conceito de PCP. Fechando o conjunto de ações a serem tomadas para que a produção esteja fluindo em sua forma mais eficiente.

Como se confere na figura 06 é a partir da Programação da Produção que as ordens de aquisição de materiais (já comprados, em estoque), fabricação e montagem são disparadas.

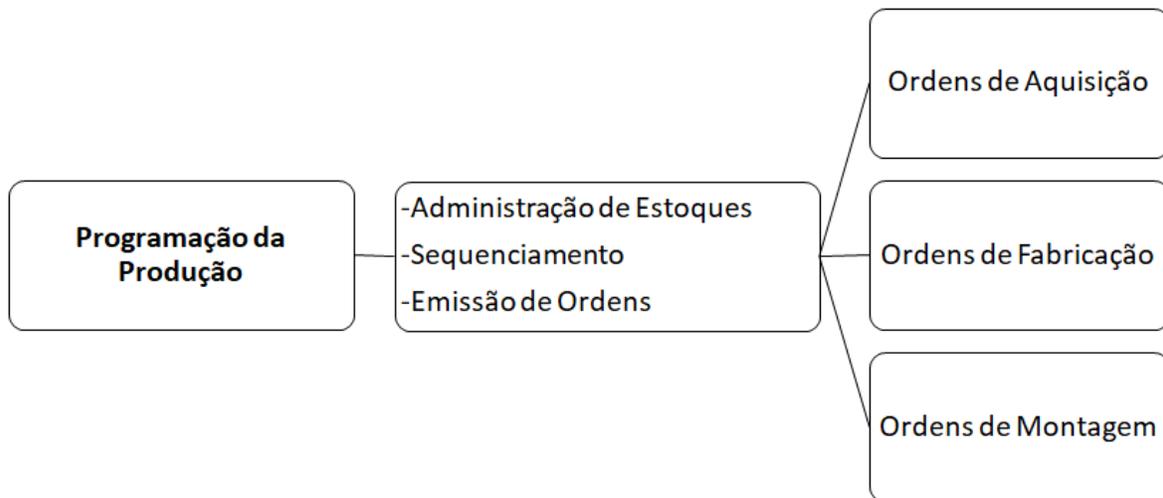


Figura 06. Modelo de Programação da Produção

Fonte: Ferreira; Almada-Lobo e Morabito (2013)

O conjunto de ações referentes às questões de capacidade de produção é abordado no Planejamento da Capacidade, que é parte constituinte dos processos de PCP e pode concentrar seus processos nos níveis estratégico, tático e operacional de uma organização.

2.1.6. Planejamento da Capacidade

Corrêa, Gianesi e Caon (2009) definem o Planejamento da Capacidade como uma corrente de processos paralelos aos processos do Planejamento e Controle da Produção no quesito de horizonte de tempo. Desta maneira, promove-se o entendimento inicial de seus componentes e seus correlatos de PCP, como se confere na figura 07.

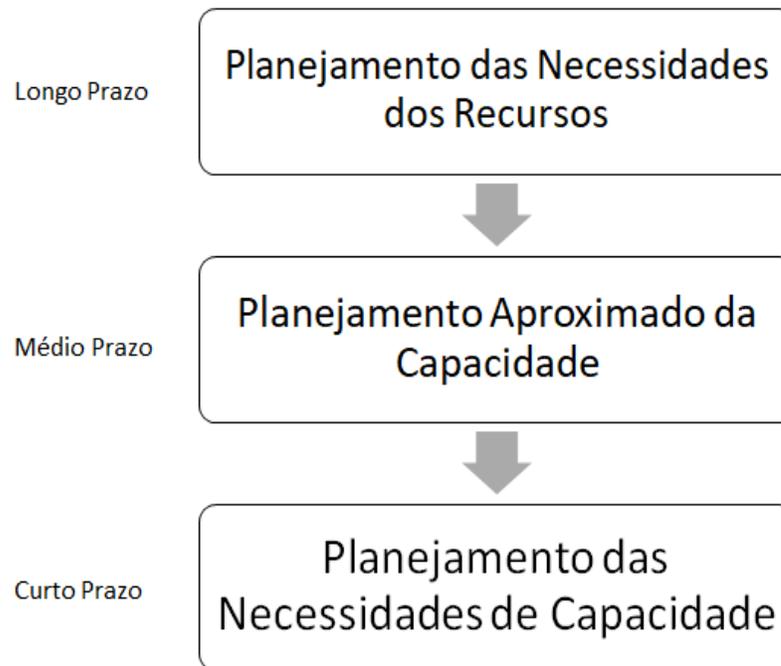


Figura 07. Modelo de Planejamento da Capacidade

Fonte: Corrêa, Giancesi e Caon (2009)

Com considerável suporte computacional e de desenvolvimento de modelos matemáticos, os processos de Planejamento da Capacidade podem gerar ganhos imediatos na produção quando otimizados.

Vlachos, Georgiadis e Iakovou (2007) afirmam que o Planejamento de Capacidade representa uma questão estratégica relevante e de considerável complexidade para a rentabilidade e eficiência do processo produtivo da organização. Isto devido aos seus fluxos de retorno altamente variáveis.

A partir de tal entendimento, os autores abordam o desenvolvimento de políticas eficientes de planejamento de capacidade para instalações de remanufatura em cadeias de fornecimento reversas, levando em conta não só questões econômicas, mas também exigências ambientais.

O comportamento do sistema (representativo dos processos da organização) é analisado através de um modelo de simulação que fornece uma ferramenta experimental, que é usada para avaliar políticas alternativas de

planejamento de capacidade de longo prazo (análise "*what-if*") usando o lucro total da cadeia de suprimento como medida de eficiência.

Georgiadis e Athanasiou (2013) discorrem sobre políticas de Planejamento de Capacidade orientadas pela demanda a longo prazo numa cadeia de suprimentos reversa, os autores destacam a incerteza na demanda real, padrões de vendas, qualidade e *lead time*.

A proposta do modelo de Planejamento de Capacidade no referido estudo de caso é facilitar a tomada de decisões quando o gerenciamento enfrenta o dilema de: implementar uma estratégia de investimentos (para expansão de capacidade) em larga escala para se beneficiar de economias de escala e prontidão de capacidade; ou uma estratégia flexível de expansão de capacidade de volume baixo, mas com maior frequência.

Os mesmos autores analisam a resposta do sistema em termos de fluxos transitórios, nível de capacidade real/desejado, expansões/contrações de capacidade e lucro total da cadeia de suprimentos, empregando uma abordagem de otimização do sistema baseada em simulação.

Como resultado, tem-se as políticas flexíveis como melhor alternativa às expansões da capacidade. Assim, consegue-se maior adaptabilidade ao padrão real de retornos de produtos de fim de uso e evitam-se os custos de subutilização da capacidade organizacional.

Os modelos de simulação de dados são comuns nos temas de Planejamento da Capacidade. Uma causa raiz para tal diversidade de modelos são a enorme quantidade de dados que se tornam variáveis a serem controladas no processo. Moreira (2008) explica os fatores que influenciam os dados de capacidade real de uma organização:

- Instalações: o tamanho das instalações é muito importante e sempre que possível, procura-se deixar um espaço para expansões futuras.

- Layout: pode influenciar a capacidade, podendo aumentá-la ou restringí-la. Poderá resolver um problema de capacidade através de um estudo detalhado de melhorias.
- Fatores ambientais: o aquecimento, a iluminação e o ruído exercem influência sobre a capacidade. Se não forem bem administrados poderão gerar fadiga e outros problemas que diminuirão a capacidade.
- Composição dos produtos/serviços: a diversidade reduz a capacidade. Produtos uniformes dão a oportunidade da padronização de métodos e materiais, reduzindo o tempo de operação e aumentando a capacidade. Produtos diferenciados exigem constantes preparações das máquinas, que poderão ficar paradas por um bom tempo, diminuindo assim a capacidade. Atualmente as empresas já possuem estratégias de setup (trocas rápidas) para que não seja perdido muito tempo em preparação e ajustes de máquinas, o que ajuda manter o nível de capacidade.
- Projeto do processo: dependendo do tipo de processo podemos usufruir do aspecto tecnológico que poderá proporcionar o aumento da capacidade. Mas também existem os processos manuais que contribuem para a restrição da capacidade e que poderiam ser substituídos pelos automatizados.
- Fatores humanos: a habilidade dos funcionários aumenta a capacidade, portanto, a empresa deve investir constantemente em treinamentos e manter seus funcionários motivados, valorizando-o através de incentivos, pois ele representa o capital humano da organização.
- Fatores operacionais: são os casos de atraso, lentidão e paradas operacionais na linha de produção. Por exemplo: alguns equipamentos mais lentos acabam definindo a velocidade do processo, o que poderá causar um gargalo na produção e conseqüentemente diminuir sua capacidade.

- Fatores externos: alguns fatores externos também podem influenciar na capacidade. Dentre eles podemos citar os padrões de qualidade exigidos pelos clientes, requisitos exigidos por auditorias e por órgãos fiscalizadores.

O planejamento de investimentos em capacidade é de grande importância na alta gerência das empresas, uma vez que envolve decisões estratégicas de longo prazo direcionadas aos aspectos operacionais da organização que estão diretamente ligados à produtividade da mesma.

No entanto, decisões de expansão de capacidade requerem, na maioria das vezes, grandes quantidades de capital investido. Se determinado investimento for realizado num momento inoportuno, a empresa corre risco de enfrentar situação financeira delicada.

Segundo Proto & Mesquita (2003), as atividades necessárias ao planejamento da capacidade são:

- a. Promover o mapeamento da capacidade atual através do levantamento da capacidade produtiva e de sua distribuição geográfica;
- b. Prever a demanda futura dos produtos e serviços e converter seu impacto estimado em necessidade de capacidade;
- c. Avaliar alternativas de políticas futuras de gestão da capacidade, elaborando planos funcionais, planejamento financeiro, previsão de demanda (médio/longo prazo), planejamento da capacidade e plano estratégico;
- d. Análise das alternativas para escolha do modelo de gestão adequado às necessidades e objetivos da organização.

O Planejamento de Capacidade, portanto, pode ser entendido como um conjunto de metodologias de nível estratégico que visam auxiliar os diferentes níveis de planejamento componentes do PCP. As características de tal

planejamento estarão presentes nas atitudes (decisões) tomadas ao longo do planejamento da produção.

2.1.6.1. Planejamento Necessidades dos Recursos

No Planejamento das Necessidades dos Recursos (*Resource Requirements Planning* ou RRP) as exigências de capacidade de recurso em longo prazo (que requerem maior tempo para sua obtenção) são antecipadas. Envolve a decisão de quanto produzir de cada família de produtos e está diretamente correlacionado aos processos de Planejamento Agregado da Produção e S&OP.

Mukhopadhyay (2013) afirma que o RRP é um planejamento suporta as decisões a nível do S&OP, como: adiantar a necessidade de capacidade de recursos que requeiram um prazo relativamente longo, em meses, para sua mobilização e obtenção; e embasar as decisões de quanto produzir de cada família de produtos, principalmente quanto à limitação de capacidade e recursos, quando não é possível atender todos os planos de vendas.

Nesta parte estratégica do PCP, faz-se extremamente relevante que a determinação do RRP seja simples e rápida para adequar-se à agilidade necessárias das simulações a nível do S&OP. O horizonte de planejamento é definido como sendo de longo prazo, podendo ter sua periodicidade medida em meses, ou até mesmo, anos. A necessidade de agilidade no cálculo e o longo horizonte de planejamento impetra um nível de agrupamento dos dados utilizados e nas informações geradas. Desta maneira, faz-se plausível o uso de família de produtos consumindo disponibilidade de grupos de recursos críticos (CÔRREA e CÔRREA, 2012).

2.1.6.2. Planejamento Aproximado da Capacidade

O Planejamento Aproximado da Capacidade (*Rough-Cut Capacity Planning* ou RCCP) tem como um de seus objetivos a verificação da viabilidade do

Planejamento Mestre da Produção, fazer advertências acerca de gargalos, e garantir a utilização eficiente dos centros de trabalho do chão de fábrica.

Na visão de Corrêa, Caon e Giansesi (2009), o Planejamento da Capacidade de Médio Prazo tem o objetivo de adiantar a necessidade de capacidade de recursos que sob a perspectiva de um horizonte de médio prazo, que pode ter sua periodicidade mensurada em meses ou semanas.

Como um dos *outputs* do RCCP, cria-se o plano de produção de produtos individuais. Pelo contexto no qual o processo do Planejamento Mestre está inserido, torna-se relevante que o cálculo da capacidade seja eficiente e ágil, para adequar-se à agilidade necessárias das decisões.

No contexto do Planejamento Mestre, existe certo nível de aproximação nos cálculos com aqueles que serão programados no nível mais operacional da produção. Os estoques e armazéns de itens não são considerados, pois a lista de materiais dos componentes e peças produtos finais em componentes é realizada no MRP.

Desta maneira, os produtos individuais do Planejamento Mestre da Produção serão analisados no cálculo do RCCP que, por sua vez, considerará se todos os produtos analisados terão efetivamente que ser manufaturados e/ou montados (CORRÊA; GIANESI E CAON, 2009).

2.1.6.3. Planejamento das Necessidades de Capacidade

O Planejamento das Necessidades de Capacidade (*Capacity Requirements Planning* ou CRP) está relacionado ao MRP I, uma vez que lida diretamente com pedidos individuais de materiais em centros de trabalhos individuais, calculando as exigências de carga e mão-de-obra nesses centros a cada período (HEIZER E RENDER, 2014).

Os objetivos finais do CRP podem ser estudados quando se referem a antecipação das requisições de recursos para o chão de fábrica, onde se utiliza um horizonte de planejamento de semanas, ou mesmo, dias. Há também, a

geração de plano detalhado de compras e produção adequada as necessidades de curto prazo. Faz necessário lembrar que o produto produzido tem de oferecer a viabilidade necessária para a longevidade da empresa.

Os autores Heizer e Render (2014) afirmam que é preciso que o cálculo de capacidade aconteça com a devida agilidade, pois admitindo que as etapas anteriores, mais estratégicas, foram bem feitas, não se espera que existam problemas que possam impedir uma produção bem controlada. O importante é que o cálculo seja o mais preciso possível, assumindo-se, é claro, as imprecisões típicas da lógica do planejamento de capacidade infinita.

Em termos de horizonte do planejamento tem-se que o limite é dado pelo horizonte do MPS, que define o horizonte máximo do MRP. Sendo assim, o período de planejamento da capacidade de curto prazo é de uma semana, como o RCCP.

2.1.7. Pesquisa bibliométrica acerca dos temas de PCP

A partir do uso do recurso de pesquisa bibliométrica de artigos científicos relevantes na renomada base de dados *Web of Science*, é possível determinar o estado da arte da literatura sobre o tema Planejamento e Controle da Produção, bem como seus autores e frentes de estudo mais importantes.

Um dos aspectos mais notáveis aos processos de PCP é o modelo de tomada de decisão, que segundo Erol & Nakiboglu (2017) é relevante no processo que busca a solução para o problema através da geração e avaliação de alternativas e finalmente, a escolha da melhor delas, levando em consideração uma organização orientada para resultados lucrativos e eficientes.

A importância da tomada de decisão também pode se expandir para sua implementação e controle do processo de decisão para determinar quando decisões adicionais são requeridas. Nesse caso, a tomada de decisões torna-se praticamente sinônimo de gestão.

Num modelo de referência, com o objetivo de promover o aprendizado dos conceitos de Planejamento e Controle da Produção, a tomada de decisões entra como uma das principais filosofias, pois é um atributo inerente a todos os níveis de PCP tendo sua relevância facilmente entendida no conceito holístico do planejamento em questão.

Outro atributo de tal modelo de referência seriam modelos matemáticos adjacentes aos níveis (complexos) de planejamento, como por exemplo, os modelos matemáticos e computacionais de inventário.

Nahmias (1997) explica que a teoria do inventário naturalmente compreende modelos de inventário, por sua alta complexidade de variáveis. Tais modelos tem por objetivo principal minimizar o custo total deste e equilibrar a economia de grandes pedidos ou grandes lançamentos de produção contra o custo de manter o estoque e o custo de escassez.

Ainda falando sobre inventário, porém num maior âmbito, temos a Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain*) que é parte essencial aos métodos de PCP. Frohlich e Westbrook (2001) demonstram, com base em dados de uma pesquisa internacional com 322 empresas do setor metal-mecânico, a existência de uma correlação positiva entre o grau de integração dos processos de PCP e o desempenho da cadeia de suprimentos. Tal fato corrobora para o estabelecimento do *Supply Chain* como um dos alicerces do PCP.

Em se tratando especificamente de literatura científica acerca de Planejamento e Controle da Produção, temos como primeiro resultado para a análise, a produção de artigos do referido tema ao longo dos anos, como pode ser conferido na figura 08.

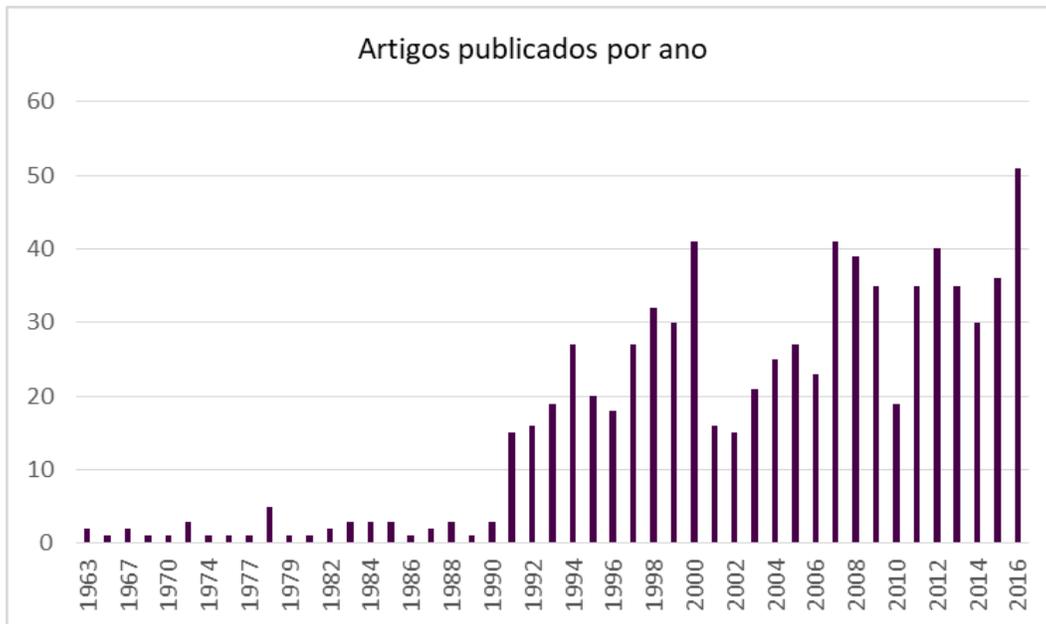


Figura 08. Artigos acerca do tema PCP publicados por ano

Fonte: Própria (2018)

Há condições claras de se perceber uma enorme alta na produção de artigos sobre os temas de PCP a partir da década de 1990. Isto pode ser explicado, num modelo causa e efeito, pelo acirramento da competição de mercado entre organizações. Com o advento de novas tecnologias tornou-se plausível e tangível o controle de cada vez mais variáveis que afetam a cadeia de valor de uma empresa.

Neste contexto, Girotti e Mesquita (2016) explicam que geração de valor em uma organização é dependente de suas prioridades competitivas como: custo, qualidade, flexibilidade, e serviço de entrega; que são como as variáveis finais da estratégia empresarial.

A partir desse entendimento, pode-se formular a hipótese de que nos anos 1990, houve maior disponibilidade de aparatos para se aprimorar o Planejamento e Controle da Produção, e também, houve maior necessidade por parte das organizações em se desenvolver neste assunto por conta da evolução da competição no mercado.

Sendo assim, os gestores passaram a explorar cada vez mais os dados e variáveis de suas organizações, o que se correlaciona intuitivamente com o aumento na produção de artigos científicos observados na figura 08.

Outra característica acerca dos temas de PCP e seus correlatos que também é observada na produção de artigos científicos por ano é a falta de regularidade na quantidade de artigos durante os anos, após os anos 1990.

Uma das possíveis bases de explicação para este resultado no gráfico é ressaltar o dinamismo dos processos de PCP na indústria. O mercado avança rapidamente a partir do momento que as empresas buscam incessantemente novos métodos e procedimentos na tentativa constante de superar concorrentes; ou se manter no topo, dominando a maior fatia de vendas no mercado.

Tal competição mercadológica pode propiciar uma espécie de aceitação por parte dos gestores em se tentar filosofias correlatas ao PCP, como é o caso do APS que traz diretrizes diferenciadas do PCP, mas que pretendem alcançar o mesmo objetivo final, de se gerenciar a produção com máxima eficiência possível em seus fatores.

Tais fatores são expostos por Mesquita (2008) como sendo: redução dos *lead times* de produção, redução dos custos de estoque (matéria-prima, consumíveis e produtos finais), redução dos custos de produção (ociosidade, horas extras, subcontratação), cumprimento de prazos e agilidade de resposta diante de alterações de demanda.

Foge ao escopo deste projeto de dissertação se aprofundar em temas correlatos ao PCP, por isto se utiliza o fato destes temas existirem apenas como uma justificativa plausível para explicar a variação na quantidade de artigos científicos produzidos a partir de 1990.

A respeito dos autores mais relevantes para os temas de PCP, obteve-se a lista dos autores mais citados gerada pelo *software Nails* a partir dos dados da pesquisa bibliométrica na base de dados *Web of Science*. O resultado é conferido na figura 09.

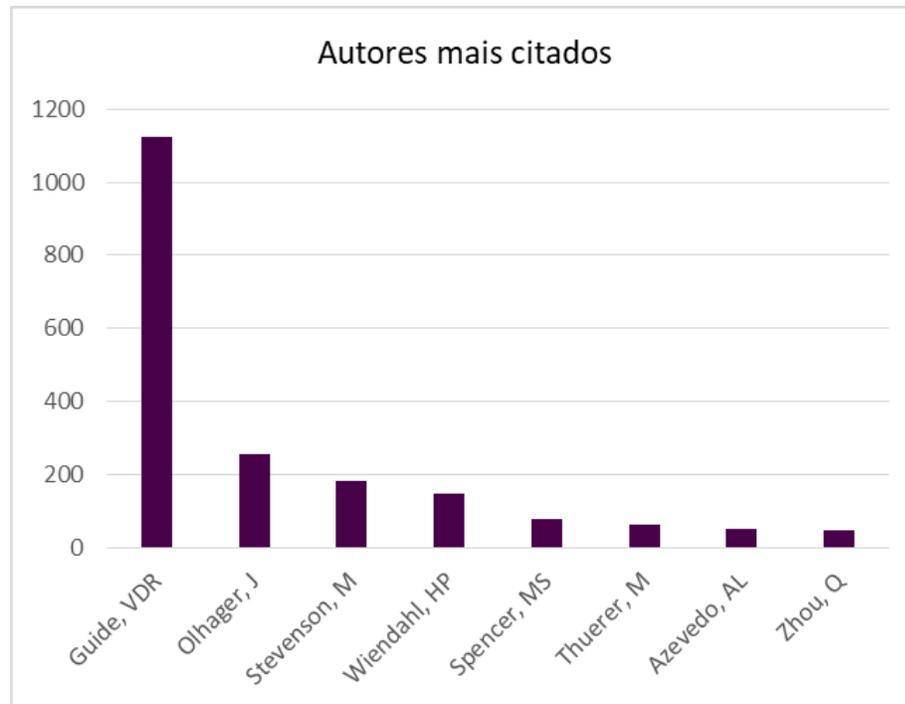


Figura 09. Autores mais citados nos temas de PCP

Fonte: Própria (2018)

O autor mais citado, e conseqüentemente o mais relevante para as frentes de estudo de temas de PCP, VDR Guide trata da questão do conceito de remanufatura (*remanufacturing*), onde os processos da filosofia de PCP tem de ser remodelados para se adaptarem à uma linha de produção com algumas particularidades.

Expandindo a explicação de remanufatura e explorando seu conceito teórico, temos que esta é consistente em modelos de produção onde a organização tem como *input* o produto usado e ocorre a transformação do mesmo com atividades de desmontagem, manutenção, reparo de peças danificadas e limpeza. O *output*, numa abordagem simplista seria o mesmo produto de *input*, porém, remodelado, restaurado, remanufaturado.

Segundo Gray e Charter (2006), um produto só pode ser considerado remanufaturável quando este é condicionado à mesma especificação do fabricante original sob a perspectiva do consumidor.

Assim, pode-se definir um produto ou componente remanufaturável como sendo aquele que possa ser trazido à condição de novo após ser utilizado (ou descartado) pelo consumidor. Um exemplo de modelo de processo de remanufatura é conferido na figura 10.

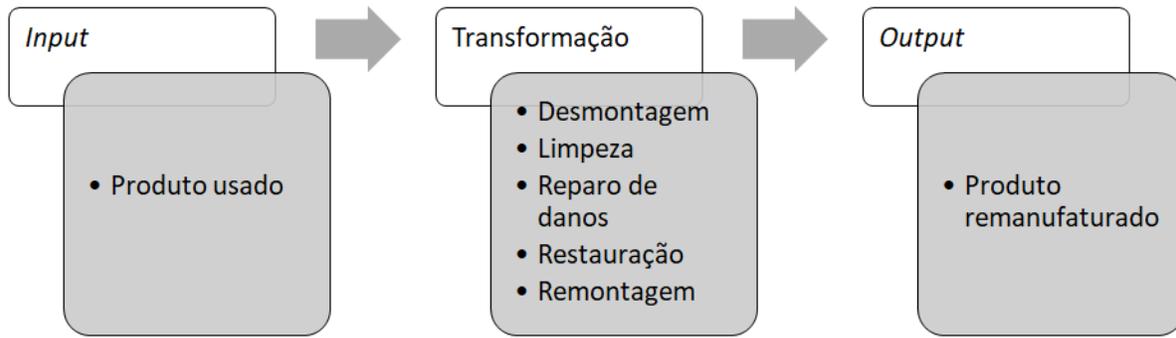


Figura 10. Modelo básico de um processo de remanufatura

Fonte: Própria (2017)

Na visão de Guide (2000), o autor mais citado em questão, a remanufatura representa uma maior forma de recuperação de valor agregado do que a recuperação de materiais, isto é, reciclagem.

Os sistemas de remanufatura são comuns e lucrativos nos Estados Unidos. No entanto, o autor aborda que a gestão das atividades de PCP nos processos de remanufatura pode diferir muito das atividades de gerenciamento na fabricação tradicional e, através de sua pesquisa científica, propõe um modelo de PCP adaptado para tal.

Outro autor considerado relevante na pesquisa bibliométrica realizada é J. Olhaguer, professor de *Supply Chain Management* da *Lund University*. Sua pesquisa é naturalmente baseada em temas relacionados à eficiência na gestão da cadeia de suprimentos.

Em seu principal trabalho, Olhaguer (2003) discorre sobre o Ponto de Penetração da Ordem (*Order Penetration Point* ou OPP). Segundo o autor, a OPP define o momento na cadeia de valor onde um determinado produto passa a estar vinculado a uma ordem específica do cliente.

Diferentes ambientes de fabricação (*make-to-stock*, *assembly-to-order*, *make-to-order*, *engineer-to-order*) relacionam-se a diferentes posições da OPP. Nestes diferentes moldes, o PCP exhibe estratégias variadas na entrega de produtos, tendo diferentes implicações para os objetivos de fabricação, tais como atendimento ao cliente, eficiência de fabricação e investimento em estoques.

Por fim, como terceiro autor mais citado, tem-se Stevenson (2006) que explicita diferentes abordagens de PCP com base em metodologias como *Kanban*, MRP II, Teoria das Restrições, entre outras.

Este autor considera fatores como a importância da etapa de analisar a demanda do cliente, tamanho da empresa, grau de personalização e configuração do chão de fábrica e mostra que eles desempenham um papel importante na aplicabilidade dos conceitos de PCP.

Desta maneira, aborda-se o aspecto de conscientização de pesquisadores e profissionais para as opções flexíveis oferecidas pela filosofia de PCP para auxílio à tomada de decisão de seleção do modelo de gestão. O mesmo autor ressalta a importância de uma estratégia de implementação clara de tal modelo.

Existe, portanto, um dinamismo inerente às práticas de PCP. Para a criação de uma modelo de referência que sirva como ferramenta de ensino e aprendizado sobre o tema, deve-se abordar seus princípios e alicerces básicos conceituais.

No entanto, os diversos processos e suas variáveis (dependendo do tipo de indústria, de mercado, de produção) que impactam no modelo de PCP final para determinada organização também devem ser citados dentro do aspecto de dinamismo, flexibilidade e mutabilidade deste.

Quanto aos artigos mais relevantes (classificados de acordo com fator de impacto do *software* Nails), tem-se, além dos autores já citados acima, obras como a de Kingsman (2000) que disserta sobre o Controle da Carga de Trabalho (*Work Load Control* ou WLC), um conceito de PCP disponível para operações práticas.

Segundo o autor seu princípio é controlar filas em frente às estações de trabalho no chão de fábrica por meio de normas e regras pré-estabelecidas. Com um melhor controle dos tempos de espera na fabricação geral, as filas são mantidas curtas, aumentando a eficiência operacional da organização.

Além do objetivo de controlar a carga de trabalho e o comprimento das filas na frente das estações de trabalho no chão de fábrica, almeja-se concomitantemente se processar os produtos de modo a cumprir as datas de entrega prometidas com as capacidades e recursos de máquina e força de trabalho disponíveis.

Neste conceito, pode-se referenciar o Controle de Carga de Trabalho no Modelo de Referência como uma metodologia para auxiliar a elaboração do cronograma do Plano Mestre de Produção, já que este inclui uma abordagem mais operacional e direta ao chão de fábrica no tema geral de PCP.

Outros artigos científicos relevantes às frentes de estudo em PCP podem ser conferidos no quadros 01, 02, 03, 04, 05 e 06.

Quadro 01. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP

Título: “ <i>Refining a workload control (WLC) concept: A case study</i> ”	Stevenson, M. (2006)
<p>Seguindo sua linha de pesquisa sobre <i>Workload Control</i> (Controle de Carga de Trabalho), Stevenson se concentra neste artigo em refinamentos conceituais significativos para melhorar a aplicabilidade da metodologia de abordagem às características de chão de fábrica encontradas na prática. A primeira etapa é centrada no desenvolvimento de um sistema de auxílio à tomada de decisão com base nos conceitos de WLC projetado para empresas <i>make-to-order</i>.</p> <p>Os refinamentos propostos incluem mudanças no procedimento de agendamento (de postos de trabalho) e na forma como os trabalhos são lançados no chão de fábrica; Os problemas abordados incluem agrupar máquinas e determinar capacidades produtivas. Usando um estudo de caso de uma empresa real, o</p>	

artigo descreve a estratégia tomada para a implementação bem sucedida do conceito de Controle de Carga de Trabalho, otimizando dessa maneira aspectos relevantes da esfera operacional do Planejamento e Controle de Produção da organização.

Fonte: Própria (2019)

Hendry et al. (2008) e Stevenson et al. (2006) discorrem sobre *Workload Control*, explicitando a importância da otimização da esfera operacional do conceito de PCP.

Quadro 02. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP

<p>Título: “<i>Investigating implementation issues for workload control (WLC): A comparative case study analysis.</i>”</p>	<p>Hendry, L. et al. (2008)</p>
<p>Seguindo linha similar a Stevenson (2006), Hendry et al. discorre também sobre o Controle de Carga de Trabalho, abordando sua importância para os níveis operacionais de PCP em ambientes de fabricação sujeitos a incerteza de demanda (como na indústria de fabricação a pedido, <i>make-to-order</i>, por exemplo). Este artigo explora dois projetos empíricos longitudinais independentes de WLC conduzidos em paralelo em que ambos optaram por incorporar a mesma metodologia de suporte à decisão, proporcionando uma plataforma ideal para comparações cruzadas.</p> <p>Outra semelhança com Stevenson (2006) é que o artigo se concentra em refinamentos teóricos que precisam ser feitos para os dois casos. O artigo justifica a necessidade de refinamento dos processos de Controle de Carga de Trabalho relatando o tempo decorrido desde o desenvolvimento da metodologia original e as rápidas mudanças de cenário ocorridas; e devido a características específicas das empresas. Por fim, o artigo também reflete uma série de dificuldades de implementação comuns e rotineiras a ambos os estudos de caso realizados, fornecendo informações sobre como isso poderia ser evitado no futuro.</p>	

Fonte: Própria (2019)

Silva, Almeida e Roque (2006), no quadro 03, abordam as adaptações no processo de PCP para aumentar a eficiência de produção numa indústria específica de moldes.

Quadro 03. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP

Título: “MAPP–A <i>web-based decision support system for the mould industry</i> ”	Silva, Almeida e Roque (2006)
<p>No artigo do professor português da Universidade de Coimbra, Cristovão Silva, temos a apresentação do MAPP, "<i>Mold: Assistant Production Planner</i>" (Assistente para Planeamento de Produção em Moldes), um sistema de suporte à decisão para a indústria de moldes. Portanto, vemos que apesar de relevante, o artigo trata de organizações bem específicas (indústria de moldes) dentro do macro-campo definido de Planeamento e Controle da Produção. O MAPP aborda a metodologia de PCP baseada no conceito de Controle de Carga de Trabalho, adaptado ao contexto da indústria de moldes, sob um estudo de caso de Prototipagem Rápida. Os objetivos do trabalho são apresentar uma discussão das funções do sistema ao serviço da metodologia de planeamento e explicar as decisões de desenvolvimento no contexto sócio-técnico da empresa de estudo de caso.</p>	

Fonte: Própria (2019)

No quadro 04, os autores Land & Gaalman (2009) aprofundam a adaptação dos moldes de PCP às pequenas e micro empresas e descobrem um padrão de problemas comuns a estas antes da ordem de produção ser lançada efetivamente.

Quadro 04. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP

Título: “ <i>Production planning and control in SMEs: time for change</i> ”	Land, J. & Gaalman, G. (2009)
---	-------------------------------

Neste estudo, os autores tem como objetivo fornecer uma imagem profunda de como os conceitos existentes de PCP falham em pequenas e médias empresas através de evidências empíricas aprofundadas de pesquisas ou observações. O estudo de caso abrange sete empresas. Para distinguir entre problemas comuns e elementos específicos da empresa, uma análise comparativa em todos os casos foi realizada.

A análise mostra que uma proporção significativa de problemas de PCP está atrelada a um conjunto limitado de pontos de decisão no fluxo de pedidos. Além disso, a maioria das perdas de desempenho pode ser percebida antes de uma ordem ser lançada no chão de fábrica. Tais problemas de PCP identificados como comuns às empresas estudadas (que acontecem antes do lançamento de ordens) foram: levantamentos de planejamento de capacidade inadequados para suportar decisões de vendas; e atrasos descontrolados na engenharia. Os problemas observados que aparecem após o lançamento tendem a ser mais diversos e específicos da empresa.

Fonte: Própria (2019)

No quadro 05, confere-se o artigo mais antigo, em que Zäpfel & Missbauer (1993) engendram uma visão básica e inicial acerca do conceito de PCP. Isto, pois não existia na época modelos computacionais que gerissem grandes quantidades de dados e variáveis da produção.

Quadro 05. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP

Título: “ <i>PPC systems including load-oriented order release problems and research perspectives</i> ”	Zäpfel, G. & Missbauer, H. (1993).
Neste artigo de 1993, Zäpfel e Missbauer explicam que um número considerável de sistemas de PCP assistidos por computador já eram oferecidos, a maioria baseada na conhecida lógica MRP. Como tais sistemas muitas vezes levavam a	

resultados insatisfatórios, vários conceitos novos para sistemas PCP foram desenvolvidos. Percebe-se que, na época do artigo, havia pobre condição de controle de informações se comparado aos dias de hoje. Por isso, os autores basicamente descrevem o conceito de PCP tradicional e revisam os conceitos disponíveis para aplicação prática (Controle de Carga de Trabalho, MRP II, JIT-Kanban).

Fonte: Própria (2019)

No quadro 06, exhibe-se o artigo de autoria de Hendry, Huang e Stevenson (2013), que trata a carga de trabalho (WLC) com um maior grau de particularização na empresa, ou seja, as necessidades específicas da organização ditam as prioridades à serem tratadas nos seus processos de planejamento operacional. Isto corrobora para a afirmação do caráter dinâmico que a filosofia de PCP pode assumir.

Quadro 06. Artigos científicos relevantes acerca dos temas de PCP

<p>Título: “<i>Workload control: Successful implementation taking a contingency-based view of production planning and control</i>”.</p>	<p>Hendry, L. Huang, Y; Stevenson, M. (2013).</p>
<p>Neste artigo de Hendry, Huang e Stevenson, foi apresentada uma implementação do conceito abrangente de Controle de Carga de Trabalho através de pesquisa longitudinal usando uma abordagem baseada em contingência para assegurar o alinhamento entre a empresa (estudo de caso) e as características da abordagem da WLC; e as melhorias esperadas resultantes no desempenho.</p> <p>Tais melhorias incluem: <i>leadtime</i> reduzidos; melhoria significativa nos atrasos de materiais, máquinas e mão-de-obra; custos reduzidos; melhoria da coordenação interna e externa; e maior qualidade final dos produtos. O artigo demonstra também que a escolha das prioridades de melhoria está relacionada com aspectos muito particulares da empresa e cita que a confiança foi uma prioridade</p>	

competitiva mais importante nesta empresa do que a velocidade; e, portanto, a capacidade da WLC para reduzir os prazos não foi totalmente avaliada. As abordagens WLC abrangentes estão alinhadas com o contexto de grande variedade/baixo volume de empresas de fabricação sob encomenda.

Fonte: Própria (2019)

Através da leitura e retenção de informações importantes dos artigos classificados como mais relevantes ao presente projeto de dissertação, percebe-se que as frentes de estudos que recebem mais atenção tratam de temas específicos, e de certa forma, inovadores aos aspectos tradicionais de PCP.

Por conta disso, a abordagem dos autores se pauta em princípios e metodologias de auxílio ao PCP como MRP II, *Kanban* e, até mesmo, conceitos iniciais de Controle de Carga de Trabalho.

No tocante as palavras-chave mais frequentes classificadas pela pesquisa bibliométrica temos uma visão dos termos mais elementares do macro campos de estudo Planejamento e Controle da Produção, como pode ser conferido na tabela 01.

Tabela 01. Palavras-chave mais citadas nos temas de PCP

Palavra-Chave	Artigos	Palavra-Chave	Artigos
<i>Production and Planning Control</i>	245	<i>Remanufacturing</i>	25
<i>Production Planning</i>	76	<i>Manufacturing</i>	23
<i>Simulation</i>	52	<i>Supply Chain Management</i>	20
<i>Scheduling</i>	45	<i>Production</i>	17
<i>Workload Control</i>	32	<i>Optimization</i>	15
<i>Production Control</i>	26	<i>Make to Order</i>	12

Fonte: Própria (2018)

Como já era de se esperar, as palavras: Manufatura (*Manufacturing*); Planejamento e Controle da Produção (*Production and Planning Control*); Planejamento da Produção (*Production Planning*); Programação (*Scheduling*); Controle da Produção (*Production Control*) e Produção (*Production*) - aparecem com frequência por representarem a base elementar da estruturação metodológica de PCP.

Macro aspectos específicos inerentes ao tema também são citados com relativa frequência como: Controle de Carga de Trabalho (*Workload Control*) e Gestão de Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management*). Tais aspectos direcionam o conceito de PCP a ser utilizado. Seja numa abordagem mais operacional como é o caso do WLC, ou numa mais estratégica como o *Supply Chain Management*.

Ações básicas dos processos de PCP também aparecem como as palavras mais citadas: Otimização (*Optimization*) e Simulação (*Simulation*). E finalmente, temos Remanufatura (*Remanufacturing*) e Produzir por Encomenda (*Make-to-Order*) como estilos específicos de produção citados frequentemente nos artigos científicos da bibliometria.

Exibido o conhecimento acerca dos temas de PCP através dos recursos provenientes da pesquisa bibliométrica realizada, tem-se o conhecimento base necessário para fomentar a estruturação do conteúdo que estará presente no modelo de referência para o aprendizado no referido assunto.

Desta forma, com o objetivo de organizar (modelar) tal estrutura de conteúdo, faz-se necessário a apresentação do tema de Modelagem de Processos nesta dissertação, em especial, a notação de diagramação UML.

2.2. Unified Modeling Language (UML)

Ferrer (2016) explica a UML como uma linguagem de notação gráfica que gera modelos para o auxílio à construção de modelos de sistemas de *software*, podendo ser utilizada também, para modelar sistemas que não sejam de *software*, que é o caso da presente dissertação.

O método é baseado em elementos estruturais, de comportamento e de interação, proporcionando uma notação padrão para a preparação de planos de arquitetura de projetos de sistemas de informação, incluindo aspectos conceituais, tais como processos de negócios e funções do sistema.

É uma das metodologias de modelagem mais importantes em termos de simplicidade de entendimento e agilidade. Larman (2012) especifica a UML como uma notação de diagramas reconhecida mundialmente para gerenciamento da informação.

De acordo com seus criadores Booch, Rumbaugh, e Jacobson (2006), houve o propósito claro de fomentar a padronização da linguagem de auxílio ao desenvolvimento e modelagem de estruturas de projetos de *softwares*.

Ilustrando um exemplo prático deste propósito, a metodologia utilizada na lógica da UML e seus recursos visuais tornam mais eficientes as discussões num nível estratégico organizacional acerca de determinado projeto no qual informações tenham de ser debatidas e adaptados às diretrizes dadas por diferentes profissionais com diferentes graus de inteligência em *software* e programação de sistemas.

Larman (2012) explica que tal 'síntese' se deve a reunião das melhores práticas para auxílio à modelagem de sistemas feita pelos fundadores da UML: Grady Booch, e seu método Booch, que era focado na especificação da fase de projetos orientados à objetos; James Rumbaugh, método OMT; que se destacava por boas práticas de análise de sistemas de informação; e Ivar Jacobson, método OOSE, que abrangia com eficiência a modelagem orientada à objetos considerando fatores da dinâmica de seus casos de uso.

2.2.1. Tipos de diagrama UML

Segundo Larman (2012), a UML é uma linguagem para especificar, construir e documentar os artefatos dos sistemas orientados a objetos. Ela sintetiza os principais métodos existentes, sendo considerada uma das linguagens mais expressivas para modelagem de sistemas.

A UML é definida basicamente por seus criadores Booch, Rumbaugh, e Jacobson (2006) como uma linguagem visual, ou de *design*, para representação e modelagem de um sistema por meio de diferentes tipos de diagramas.

A linguagem surgiu da união de métodos anteriores para análise e projeto de sistemas orientados a objetos e em 1997 passou a ser aceita e reconhecida como um padrão potencial de notação para modelagem de múltiplas perspectivas de sistemas de informações.

O conjunto básico de diagramas e notações da UML que permitem representar as múltiplas perspectivas (estruturais / estáticas e comportamentais / dinâmicas) do sistema sobre análise e desenvolvimento. Dentre os diagramas podem ser citados os: Diagramas de Sequência, Diagramas de Atividades, Diagrama de Componentes, Diagramas de Estados, Diagrama de Objetos e Diagrama de Casos de Uso.

2.2.1.1. Diagrama de Sequência

O diagrama de sequencia é o recurso da notação gráfica UML que mais pode ser comparado a um fluxograma. Isto porque seu modo de operação e contextualização muito se assemelha a um fluxo de eventos ou um encadeamento destes (LARMAN, 2012).

Booch, Rumbaugh e Jacobson (2006) determinam o uso do diagrama de atividade como essencial em ocasiões onde os fatos oferecem características de subsequência, como numa linha de produção, num passo a passo, num manual sequencial, ou até mesmo numa linha de acontecimentos. Um exemplo deste diagrama é conferido na figura 11

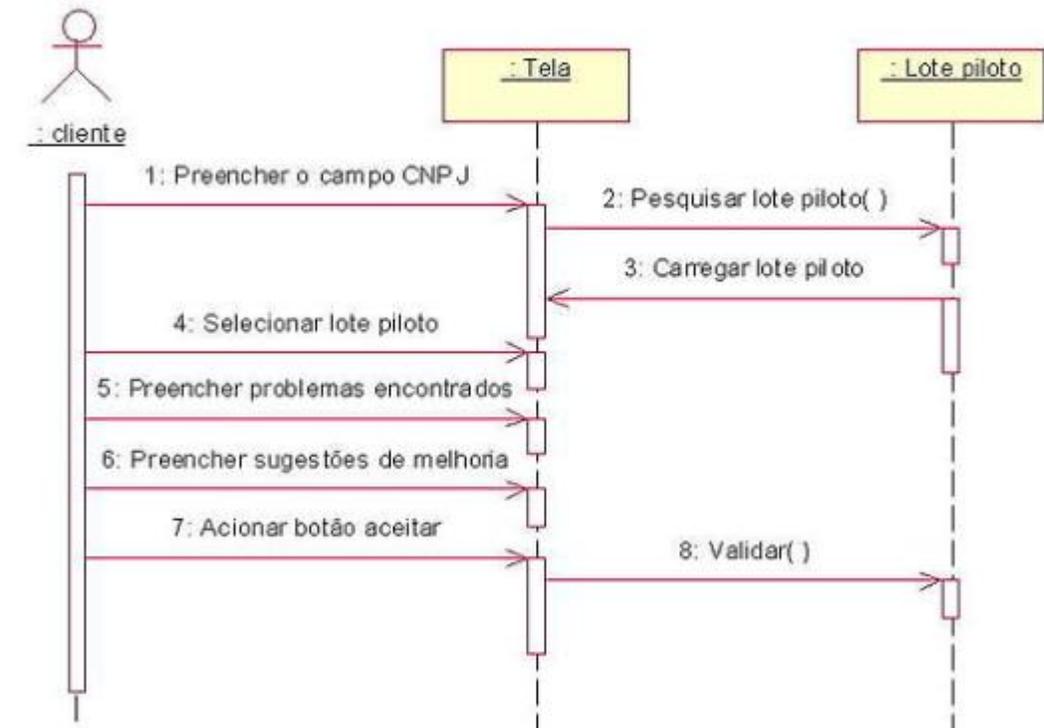


Figura 11. Diagrama UML de seqüência

Fonte: Adaptado de Larman (2012)

O diagrama de seqüência tem como finalidade equalizar a comunicação entre profissionais que estão num mesmo contexto. Essa comunicação pode ter como objetivo esboçar ideias para mostrar como uma determinada funcionalidade ocorre ou como alguma integração ocorre.

De acordo com Larman (2012), quando a finalidade é determinar funcionalidades de um sistema, utiliza-se diagramas de seqüência com relação à notação da especificação técnica, para qua assim se crie o entendimento de como uma funcionalidade desempenha seu papel no sistema.

2.2.1.2. Diagrama de Atividades

Um diagrama de atividade é similar ao diagrama de seqüência, porém tem suas particularidades. Ele é também comparado a um gráfico de fluxo, mostrando o fluxo de controle de uma atividade para outra, sendo empregado para fazer a

modelagem de aspectos dinâmicos do sistema (COSTA, WERNECK e CAMPOS, 2013).

O diagrama de atividades, como definido por seus criadores Booch, Rumbaugh e Jacobson (2006), envolve a modelagem das etapas sequenciais em um processo empresarial dando ênfase ao fluxo de controle de uma atividade para outra.

Desta maneira, pode-se assumir uma atividade como sendo uma execução não atômica em andamento numa máquina de estados que acaba resultando em alguma ação, formada pelas computações atômicas executáveis que resultam em uma mudança de estado do sistema ou o retorno de um valor.

Larman (2012) afirma que com a análise do sistema terminada, a modelagem é caracterizada com maior ênfase no projeto/conceito do sistema, busca-se um refinamento destas representações, a nível dos objetos que farão parte do sistema.

Ambos os diagramas, classes e Interações são utilizados e apoiados por representações mais detalhadas dos aspectos comportamentais dos objetos, através do Diagrama de Atividades. A figura 12 exhibe um exemplo deste diagrama.

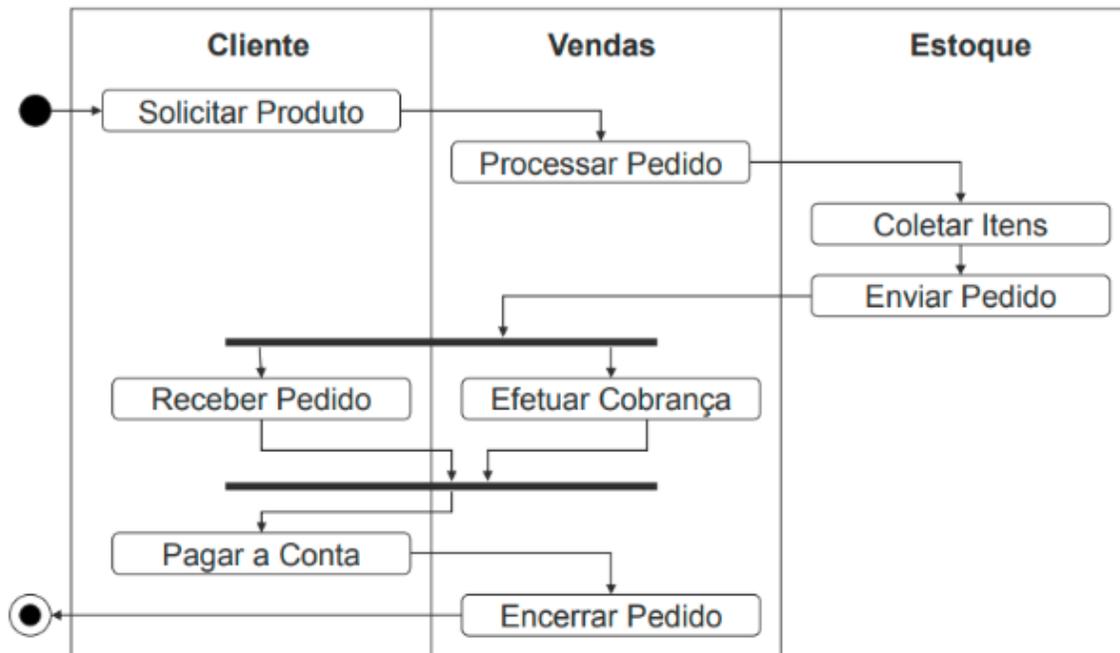


Figura 12. Diagrama UML de atividades

Fonte: Costa, Werneck e Campos (2013)

O fluxo de controle modelado por um diagrama de atividade é onde de fato as atividades de um sistema simulado (modelado) acontecem. É possível calcular uma expressão que defina um conjunto de valor de um atributo ou que retorne algum valor. Alternativamente, pode-se chamar uma operação num objeto, enviar um sinal a um objeto ou até criar ou destruir um objeto (LARMAN, 2012).

2.2.1.3. Diagrama de Componentes

Na definição dos criadores da UML, Booch, Rumbaugh e Jacobson (2006), os componentes no diagrama são conectados usando um conector de montagem para ligar a interface necessária de um componente com a interface fornecida de outro componente

Os autores Vadakkumcheril, Mythily e Valarmathi (2013) explicam que ao usar um diagrama de componentes para mostrar a estrutura interna de um componente, as interfaces fornecidas do componente abrangente podem delegar às interfaces correspondentes dos componentes contidos no sistema em geral,

sem a necessidade de se estabelecer fluxo, relação ou qualquer tipo de ligação entre tais componentes.

Um conector de montagem pode ser definido neste contexto como sendo uma ligação entre dois componentes que define o fornecedor de serviços que outro componente requer. A figura 13 demonstra um exemplo do diagrama de componentes.

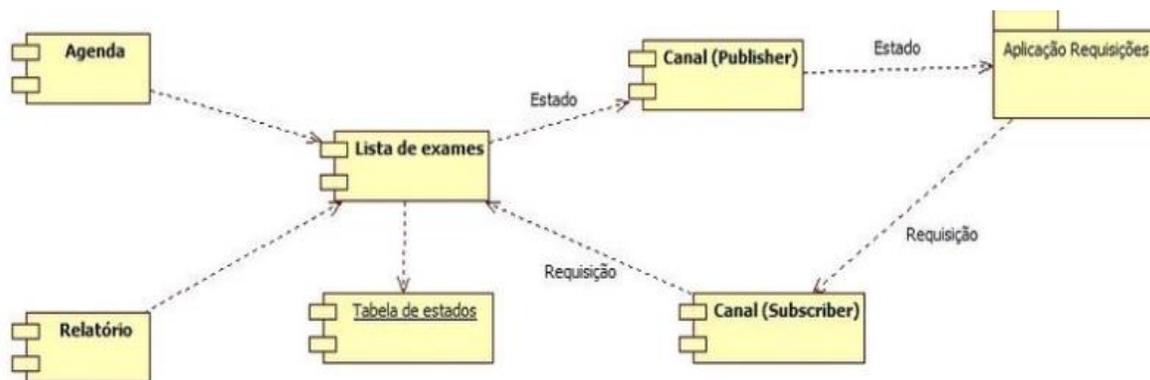


Figura 13. Diagrama UML de componentes

Fonte: Adaptado de Vadakkumcheril, Mythily e Valarmathi (2013)

Um conector específico do diagrama de componentes é o de delegação que atua como dispositivo com o objetivo de vincular o contrato externo de um componente à realização interna desse comportamento pelas partes do sistema atuante em que se quer representar através da modelagem empresarial.

O diagrama de componentes, segundo Larman (2012), apesar de não ser muito popular dentre os aterfatos de uso da notação UML, exibe robustez na diagramação de sistemas complexos e variados, seja em diversidade de atributos ou métodos a se representar na modelagem orientada à objetos.

2.2.1.4. Diagrama de Estado

A notação gráfica UML prevê um diagrama específico para modelar os diversos estados de um objeto durante o seu ciclo de vida. Tal diagrama é chamado de diagrama de estados.

Segundo Hunt (1996), este tipo de diagrama é muito utilizado na área de eletrônica digital assim como em linguagens formais e foi importado pela UML por ser uma maneira eficiente e clara de se descrever todos os possíveis estados de um sistema assim como quais eventos levam a transição de um estado para outro, como conferido na figura 14.

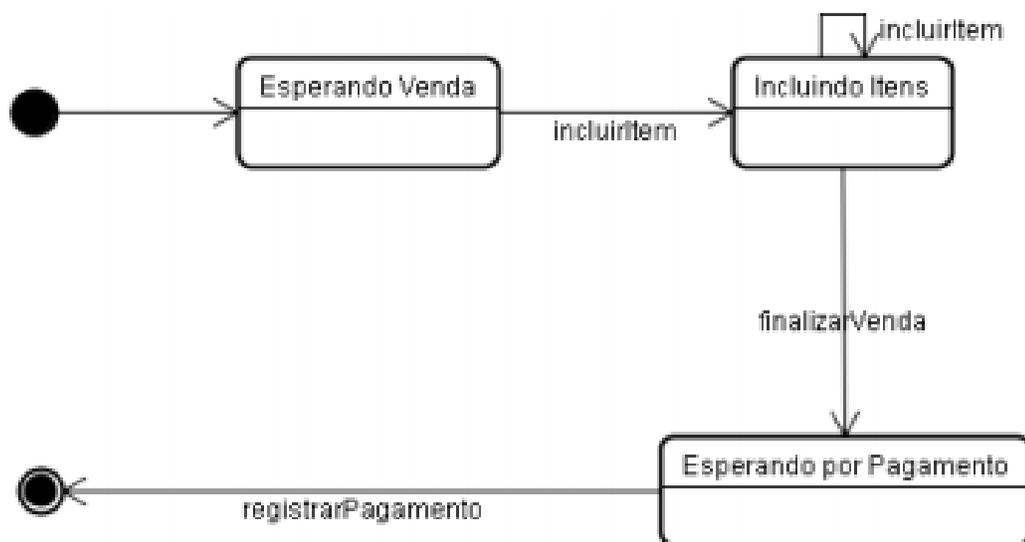


Figura 14. Diagrama UML de estado

Fonte: Adaptado de Hunt (1996)

Larman (2012) afirma que o diagrama de estado pode ser configurado como um artefato de grande poder representativo na notação UML por ter a qualidade específica dentre os demais diagramas de expor a evolução (ou linha temporal) de determinado objeto, característica, aspecto a ser retratado no sistema a ser modelado.

O mesmo autor define que tal diagrama se expõe na conjectura UML como sendo único e insubstituível em muitos casos de modelagem de sistema, pois seu modo de operação difere fortemente de qualquer outro diagrama abordado pela notação UML.

2.2.1.5. Diagrama de Objetos

O diagrama de objetos modela as instâncias das classes contidas no diagrama de classes mostrando um conjunto de objetos e seus relacionamentos no tempo. Tais diagramas são importantes para construir os aspectos estáticos do sistema. Normalmente, são compostos por: objetos e vínculos (BOOCH, RUMBAUGH e JACOBSON, 2006).

Neste contexto, assume-se naturalmente o aspecto de complementaridade fornecida pelo diagrama de objetos, uma vez que este é a extensão da representatividade das classes com seus atributos e métodos no tempo e em suas relações mútuas.

Larman (2012) afirma que os objetos e vínculos presentes no diagrama de objetos são provenientes de sua função mestra de demonstrar as relações das entidades do tema central da modelagem de artefatos, também chamada de modelagem orientada a objetos.

O mesmo autor ainda argumenta que o diagrama de objetos UML segue a instância na especificação que tem a variável independente como indexador da classe a ser configurada no sistema a ser modelado, seja este de *software* ou um modelo empresarial.

Neste contexto, para se modelar ou configurar uma instância reativa ou uma especificação de instância anônima, tem-se como premissa a afirmativa de que todo objeto será complementar de uma classe (consequentemente, um diagrama de classes UML) componente do modelo holístico que está sendo por ora representado.

2.2.1.6. Diagrama de Casos de Uso

Os autores Preece et al. (2013) definem o diagrama de casos de uso como um dos mais importantes na representação de sistemas UML. Isto porque suas categorias (ou pacotes) como outros tipos de elementos da notação de diagramação UML representam os principais módulos de casos de uso (grupo de

objetos com funcionalidade similar) na primeira fase do sistema em desenvolvimento.

Sendo assim, consegue-se expor com níveis aceitáveis de precisão abstrata os cenários e ocasiões onde tal modelo seria utilizado, e além disto, mostra-se o comportamento de tal modelo no respectivo cenário. A figura 15 mostra um exemplo do diagrama de casos de uso UML.

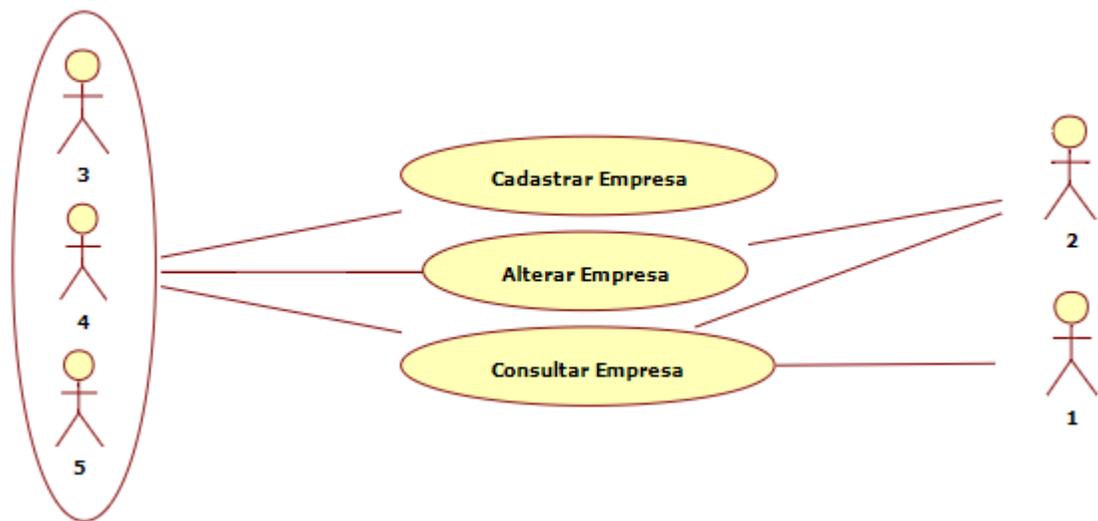


Figura 15. Diagrama UML de casos de uso

Fonte: Adaptado de Larman (2012)

Com base em uma descrição detalhada do sistema, principalmente enfocando as expectativas dos usuários em termos de “o que o sistema deveria fazer”, casos de uso potenciais são extraídos, bem como as Categorias do sistema.

Esta fase é definida como análise do sistema onde tais representações podem ser utilizadas para um melhor esclarecimento e discussão com os usuários

e responsáveis pela implementação de um modelo conceitual ou sistema de *software*.

O diagrama de classes, escolhido para representar as instâncias da modelagem conceitual da presente pesquisa, é apresentado na subseção 2.2.2.

2.2.2. Diagrama de classes UML

Segundo Costa, Werneck e Campos (2013), o diagrama de classes está amplamente associado ao conceito que será utilizado para desenvolver o sistema modelado, tal conceito envolve quantidade complexa de variáveis conhecidas ou não e em diferentes graus de intensidade e atuação no modelo e sua estrutura de relação.

Quanto ao sistema, utiliza-se nesta dissertação o aspecto de modelagem empresarial UML onde se utiliza o diagrama de classes como forma de representar de maneira mais precisa possível o dinamismo com o qual os artefatos de temas práticos incorrem.

Esse diagrama representa os componentes do sistema quando o mesmo for ser implementado em termos de módulos de código-fonte, módulos hierárquicos, e instância divisíveis em geral.

A notação de classes da UML determina como tais componentes estarão estruturados e irão interagir para que o sistema funcione de maneira adequada. Desta maneira, descreve-se a estrutura interna de um classificador, como uma classe ou componente, detalhando as partes internas que o compõem, como estas se comunicam e colaboram entre si, estabelecendo assim as características do modelo conceitual.

Os autores Di Francescantonio, Almeida e Laruccia (2012) explicam adicionalmente que o diagrama de classes é também utilizado para descrever uma colaboração em que um conjunto de instâncias cooperam entre si para realizar uma tarefa. Cada instância, ou classe, é ainda dividida em três partes: nome, atributos e método; como mostra a figura 16.

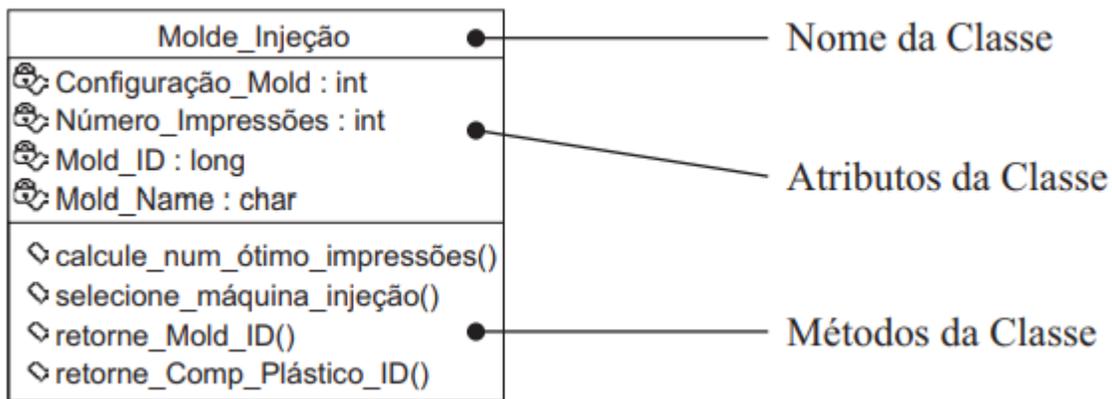


Figura 16. Modelo de uma classe UML

Fonte: Di Francescantonio, Almeida e Laruccia (2012)

Zur Muehlen & Recker (2013) afirmam que a estrutura de classe no diagrama tem por objetivo representar os subsistemas ou submódulos englobados por um sistema de forma a determinar as partes que o compõem.

Pode ser utilizado de maneira independente ou associado com outros diagramas. Esse diagrama pode ser utilizado também para auxiliar a demonstrar a arquitetura de uma linguagem, como ocorre com a própria UML ou ainda para definir as camadas de um software ou de um processo de desenvolvimento.

Os mesmos autores ainda afirmam que os diagramas UML se configuram num poderoso conjunto de técnicas para descrever diferentes perspectivas de um sistema de *software* ou modelo conceitual aplicado.

No entanto, eles não são capazes de descrever todas as propriedades possíveis, uma vez que o próprio processo de abstração da realidade envolve complexidade considerável de variáveis, o que funciona como fator de distorção de representatividade.

Segundo Gogolla et al. (2007), a modelagem através dos diagramas de classe UML representa a estrutura interna (atributos e métodos) e as relações entre um conjunto de objetos. Tais relações (figura 17) definem principalmente a forma em que os objetos serão implementados.

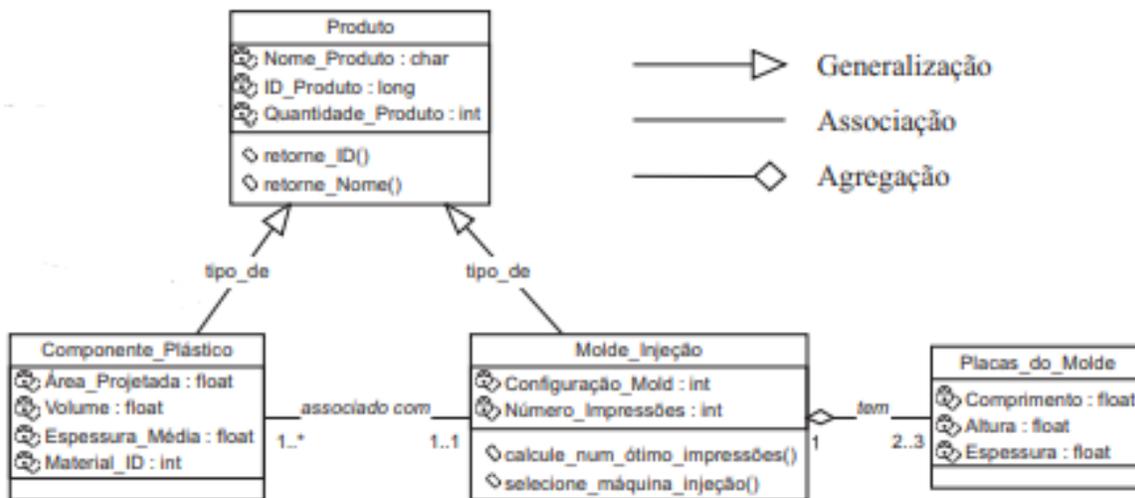


Figura 17. Relacionamento entre classes UML

Fonte: Gogolla et al. (2007)

Os autores definem uma classe num Diagrama de Classes como apenas um conceito em forma de desenho, caso esteja num diagrama, ou texto, caso esteja num código fonte.

Assim, o diagrama de classes ilustra graficamente como será a estrutura do *software*, em nível micro ou macro, e como cada um dos componentes da sua estrutura estão se relacionando.

2.2.3. Ferramentas UML

Ferramentas de modelagem normalmente são aplicações que auxiliam na modelagem de sistemas, sendo utilizadas como *softwares* viabilizadores da aplicação dos conceitos de UML e também de outras notações de modelagem de processos. Para citar alguma destas ferramentas, tem-se:

- Ferramentas Comerciais:
 - MagicDraw;
 - Poseidon;
 - Enterprise Architect;
 - Rational Rose;
 - Jude;

- Omondo Eclipse UML.
- Ferramentas Livres:
 - StarUML
 - Umbrello
 - ArgoUML
 - Dia
 - JUDE
 - BoUML
 - Fajuba

Com o intuito de se descrever mais especificamente, além da simples citação, tem-se a definição de ferramenta StarUML por De Araújo, Cysneiros e Werneck (2014):

- StarUML: é uma das ferramentas de auxílio à UML mais comuns existentes; se configura num projeto *open source* que disponibiliza uma plataforma para o desenvolvimento de modelos executados sobre o ambiente *Microsoft Windows*. Por ser flexível, permite a expansão através de *plugins* que contemplem outras modelagens. Tem seu ponto forte na criação de recursos visuais representativos, como diagramas..

Num trabalho científico de aplicação prática, os autores Vadakkumcheril, Mythily e Valarmathi (2013) promovem o uso da ferramenta BoUML para facilitar a modelagem de determinado sistema a ser representado, e a definem como:

- BoUML: é uma ferramenta para UML 2.0 para especificação e geração de código em C++, Java e IDL. Tal ferramenta é compatível com os sistemas operacionais Unix/Linux/Solaris, MacOS X e *Windows*. A BoUML é extensível, permite o uso de ferramentas externas, conhecidas como *plugouts* que podem ser usados para

definição de qualquer outro programa e geração de código e engenharia reversa. O *software* não requer grandes quantidades de memória, pois sua execução é rápida e ágil.

Os autores Costa, Werneck e Campos (2013), num trabalho científico de avaliação de ferramentas computacionais para a modelagem de sistemas orientados à objetos, analisam as ferramentas livres: Umbrello; ArgoUML; Dia; e Judes.

- Umbrello: é uma ferramenta gratuita de auxílio à modelagem em UML, sendo parte do *KDE Desktop Environment*, apesar de funcionar também em outros ambientes. O Umbrello manipula todos os tipos de diagramas UML e pode importar códigos em linguagem C + +, Pascal / Delphi, Ada, Python, Java, Perl, bem exportar para várias linguagens de programação. Esta ferramenta possui uma interface limpa e consistente, como se confere na figura 18;

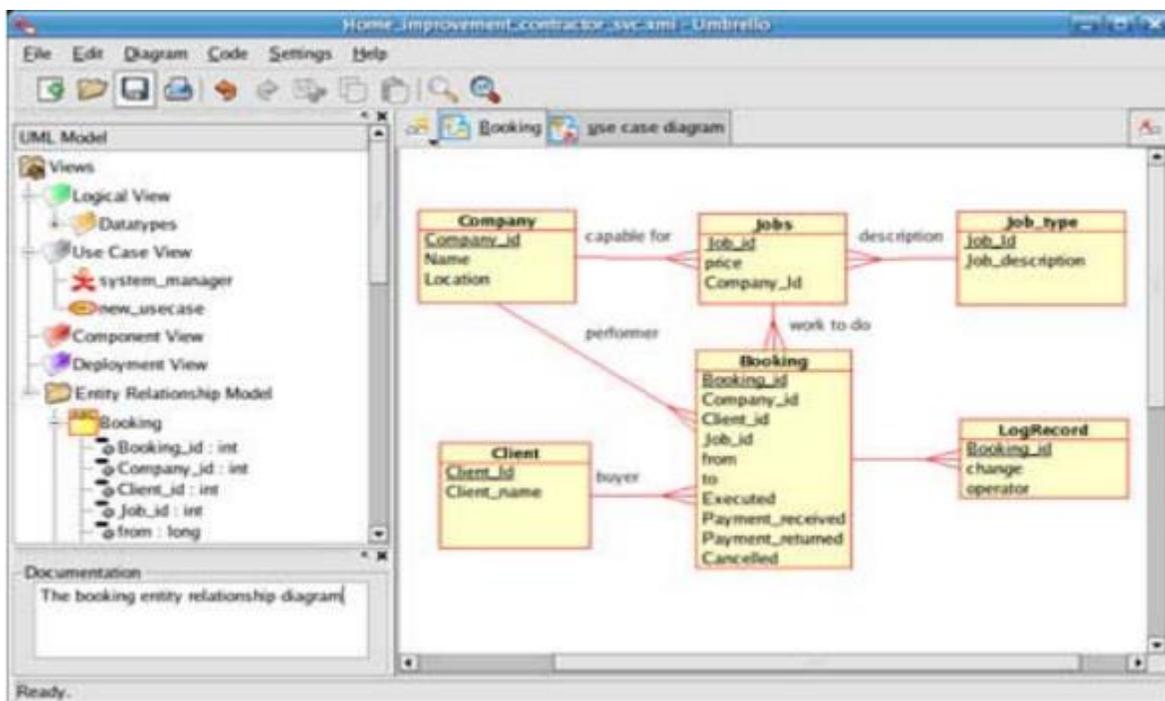


Figura 18. Interface do programa Umbrello

Fonte: Costa, Werneck e Campos (2013)

- ArgoUML: Esta ferramenta foi desenvolvida originalmente através de uma comunidade de desenvolvedores de código livre vinculada a Universidade da Califórnia. A versão 0.24 do ArgoUML executa todos os tipos de diagrama da UML 1.4 e utiliza código Java. Sendo assim, é possível desenhar e imprimir todos os diagramas da UML 1.4, gerar declarações de classes Java, exportar documentação para páginas Web em Java, gerar arquivos gráficos. É possível, também, fazer engenharia reversa uma vez que, a ferramenta em questão oferece uma estrutura modular da engenharia reversa de classes Java. O ArgoUML utiliza modelos UML gerados por ferramentas CASE (*Computer Aided Software Engineering*) e uma série de *plugins*, chamados de cartuchos (*cartridges*) para realizar a geração do código fonte do sistema. Sua interface (Figura 19) inclui muitos itens, engendrando aspectos de complexidade e refinamento à sua manipulação pelo usuário;

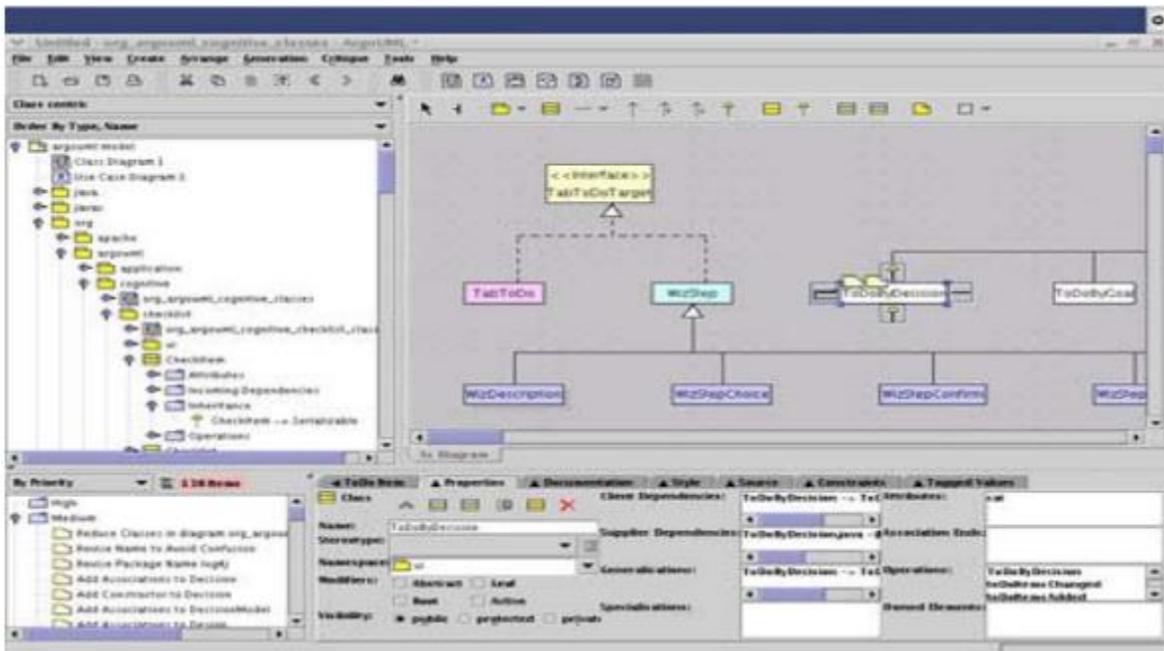


Figura 19. Interface do programa ArgoUML

Fonte: Costa, Werneck e Campos (2013)

- Dia: É um *software* de criação de diagramas UML. É inspirado na plataforma do Visio (programa componente do pacote *Office* da *Microsoft* para a formulação de diagramas e modelos representativos). Os diferentes tipos de diagramas desenhados com o Dia, por sua vez, tem caráter mais informal para uso ocasional. A ferramenta fornece objetos especiais que ajudam a desenhar entidades de relacionamento de diagramas, diagramas UML, fluxogramas, diagramas de rede, dentre outros, como é conferido na figura 20.

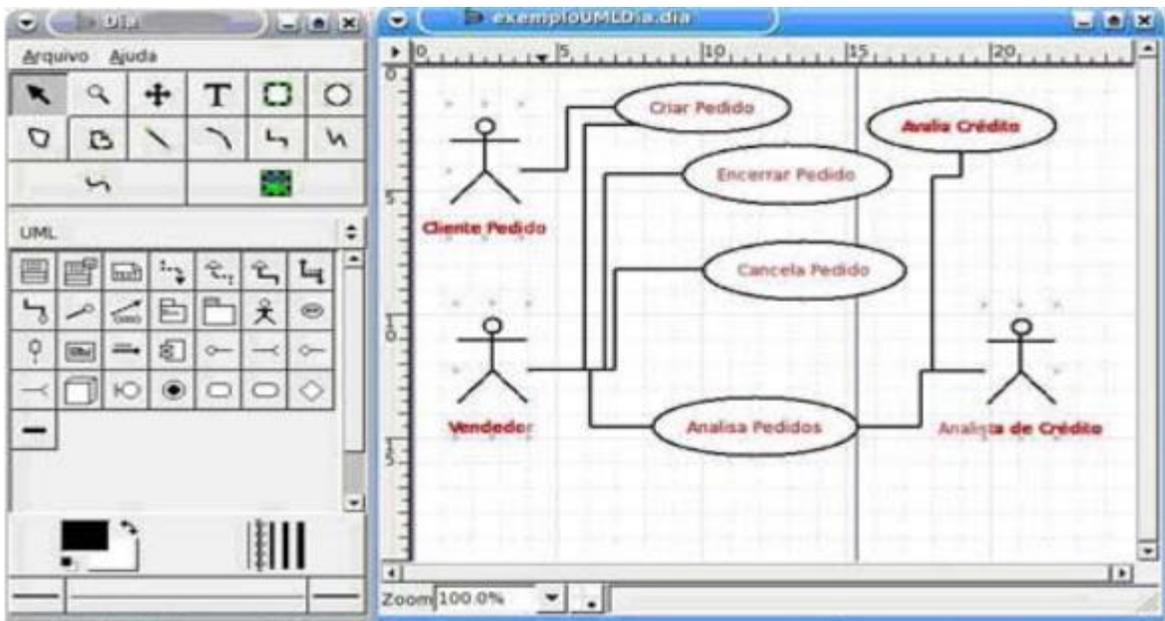


Figura 20. Interface do programa Dia – Casos de uso

Fonte: Costa, Werneck e Campos (2013)

- JUDE (*Java and UML Developers Environment*): sua proposta é ser um ambiente de desenvolvimento em Java e UML. O JUDE Community (versão livre analisada pelos autores) oferece suporte a UML 1.4 auxiliando na modelagem de diagramas de classes, casos de uso, seqüências, colaboração, estados, atividades, implantação e componentes. Sua interface é conferida na figura 21.

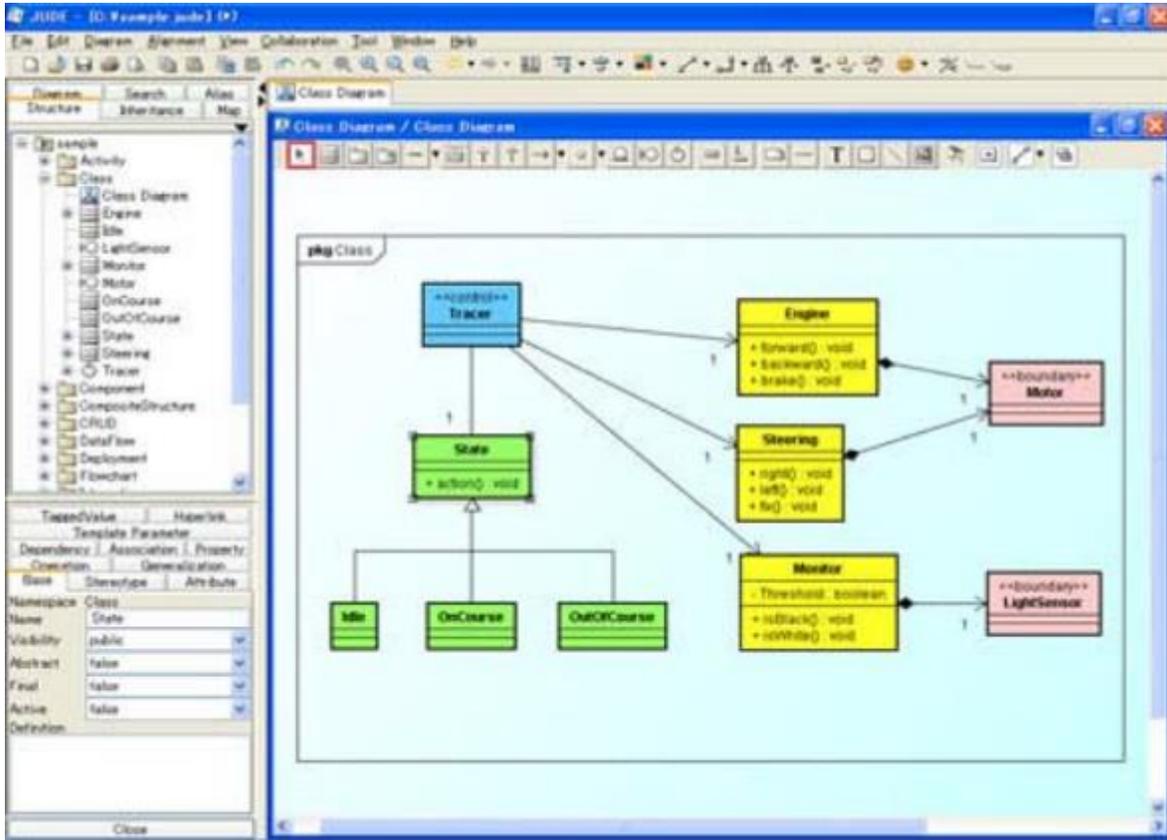


Figura 21. Interface do programa JUDE

Fonte: Costa, Werneck e Campos (2013)

Para a formulação de modelos, o conceito de ferramentas CASE é bastante utilizado. Tal conceito é definido por Da Silva, & Villani (2009) como sendo de suporte ao desenvolvimento, gerência e documentação de *software* em suas diferentes fases de ciclo de vida.

Tais ferramentas atuam desde a especificação e análise dos requisitos, até o projeto e implementação do sistema. Elas têm como princípio base oferecer uma estrutura conceitual para hierarquias de modelagem e definições de processos através de utilização de recursos de interfaces gráficas e textuais.

Ferramentas CASE permitem a verificação automática de consistência entre as diversas representações (diagramas) do sistema e automatizam diversas tarefas do desenvolvimento deste, tornando mais ágil o seu desenvolvimento.

Além das ferramentas CASE, podem-se citar ferramentas com o intuito mais simplório como as ferramentas de diagramação, que se concentram em representar o modelo explorando seus aspectos visuais e diagramáticos.

Por fim, citam-se as ferramentas de simulação que fazem parte também do conjunto de ferramentas de auxílio à modelagem em UML.

De acordo com Hunt (1996), elas fornecem capacidade de animação aos modelos, o que permite visualizar como as entidades, os processos e os objetos, em geral, fluem através do sistema. Possuem capacidade de análise mais sofisticada por conta disto, com eventos dinâmicos, contínuos ou discretos.

Exemplos comuns do uso de ferramentas de simulação são as representações de eventos discretos como a formação de filas em agências de bancos e a dinâmica de controle de gargalos em linhas de produção com o produto passando por máquinas sequenciais.

2.2.4. Pesquisa bibliométrica acerca dos temas de UML

De maneira análoga aos temas de PCP tratados na subseção 2.1.7 desta dissertação, faz-se uso do recurso da bibliometria para selecionar artigos científicos relevantes da base de dados *Web of Science*, onde é possível determinar o estado da arte da literatura sobre o tema Planejamento e Controle da Produção, bem como seus autores e frentes de estudo mais importantes.

Tal etapa, da pesquisa bibliométrica, configura-se na base para o desenvolvimento da modelagem empresarial UML dos temas de PCP que serão abordados no protótipo de software educacional a ser construído.

Os primeiros artigos acerca da linguagem UML datam de 1997, como confere-se na figura 22.

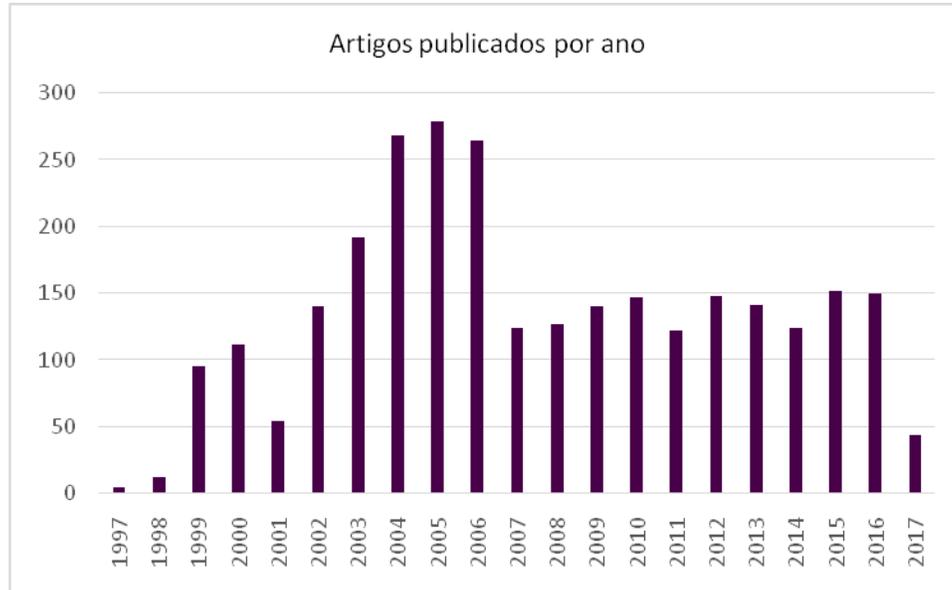


Figura 22. Artigos acerca do tema UML publicados por ano

Fonte: Própria (2018)

Em sua literatura inicial, observam-se artigos de natureza fundamental descritiva, uma vez que o tema, assim como sua metodologia, tinham característica de novidade na época.

Das primeiras publicações acerca da UML, destacam-se os artigos presentes na quadro 07. Isto, utilizando-se como parâmetros o fator de relevância gerado pelo *software* Nails e a correlação dos aspectos abordados no tema com o presente trabalho.

Quadro 07. Artigos com embasamento de UML mais relevantes à pesquisa

Título: “ <i>Executable object modeling with statecharts</i> ”	Harel, D; Gery, E (1996)
O artigo descreve que muitos métodos de orientação à objetos utilizam notação gráfica e denotações baseadas num formalismo não padronizado para designar os termos de execução e desenvolvimento de um modelo. Desta maneira, a publicação abre campo para fomentar a importância da criação da linguagem UML e seu intuito de unificação e padronização da semântica e sintaxe para ferramentas de modelagem.	

Título: “ <i>OPEN relationships: Compositions and containments</i> ”	Henderson-Sellers, B (1997)
<p>Numa abordagem mais crítica, porém ainda descritiva, o autor explica que a UML é a reunião das melhores práticas disponíveis para a orientação à objetos. O autor reconhece o valor do aspecto de padronização da semântica da UML, porém indica e sugere possíveis melhorias na versão inicial da ferramenta objetivando estabelecer maior precisão na semântica proposta.</p>	

Fonte: Própria (2018)

Quanto aos artigos mais recentes, cita-se a obra “*Model transformation between OPC UA and UML*”, Lee et al. (2017), que analisa a estrutura de fluxos de trabalho declarativos e conscientes com quantidades expressivas de dados no sistema.

O trabalho reconhece valor na notação base UML para desenvolver a base da UA (*Unified Architecture*) que está sendo aplicada numa estrutura de *software* de automação que representa um sistema complexo de possibilidades (ações, decisões) sequenciadas que geram outras possibilidades consequências.

Os autores que mais foram citados a respeito dos temas inerentes à linguagem UML, por sua vez, são consultados na figura 23.

O autor mais citado acerca dos temas de UML foi Robert B. France. Segundo o sistema de relevância do *software* Nails, o artigo “*A UML-based pattern specification technique*” é caracterizado como o mais relevante de sua autoria.

Neste trabalho, ele descreve que padrões de *design* informais são úteis para solucionar problemas recorrentes de um projeto, porém não podem ser colocados como padrões de conformidade.

Por outro lado padrões matemáticos e lógicos, que oferecem soluções padrão e determinísticas para o sistema e são entendidos como modelos de conformidade, pecam por prejudicar a usabilidade da linguagem de especificação.

Neste contexto o autor exalta a UML como uma espécie de intermediário entre as definições anteriores, sendo útil tanto para o entendimento simples da informação representada, quanto para criar um padrão de conformidade a ser seguido.

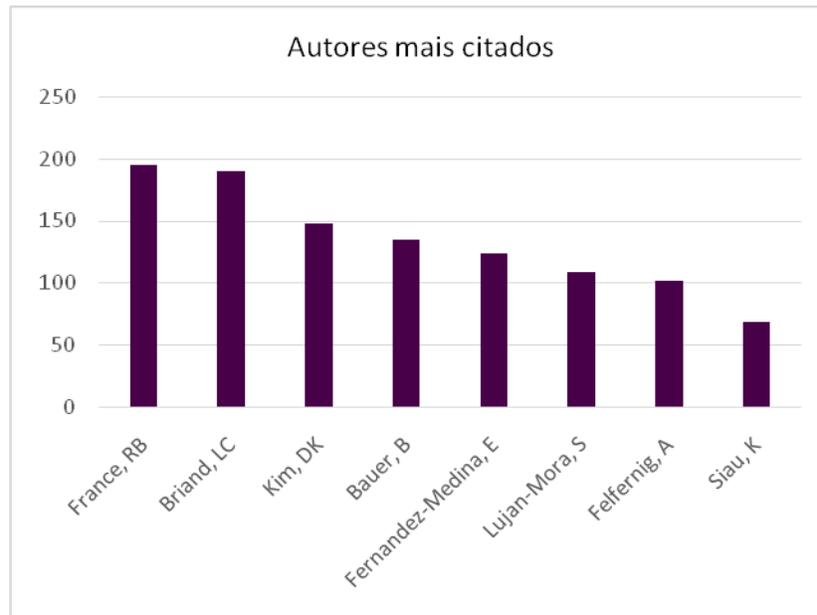


Figura 23. Autores mais citados nos temas de UML

Fonte: Própria (2018)

Fazendo um paralelo com o cenário em que as organizações estão inseridas, competitivo e tecnológico, a UML se destaca como uma ferramenta de eficiência a partir do momento em que consegue promover agilidade no entendimento dos problemas e uma notação padronizada, na qual diferentes profissionais envolvidos no projeto sejam capazes de absorver a informação da mesma maneira, ou de maneira consideravelmente similar.

O segundo autor mais citado, Lionel C. Briand, tem 5 artigos publicados sobre UML, dos quais convém citar a obra *“Impact analysis and change management of UML models”* de 2003, na qual ele explica que à medida que os sistemas de *software* evoluem, os diagramas UML (utilizados como base do *software* em questão) submetidos a alterações que podem levar a mudanças subsequentes em outros elementos nos diagramas UML.

A análise de impacto é então proposta visando identificar as consequências de uma mudança, e propor soluções para que a característica de padronização do UML se mantenha para sistemas de informação.

Quanto as palavras-chave mais citadas, ve-se naturalmente UML em primeiro lugar. As palavras ‘Sistemas de Informação’, ‘*Design*’, ‘Modelo’ e ‘*Software*’, respectivamente, são as subsequentes na lista. Tem-se portanto a noção do espectro no qual o tema UML representa, conforme pode ser visto no tabela 02.

Tabela 02. Palavras-chave mais citadas nos temas de UML

Palavra-Chave	Artigos	Palavra-Chave	Artigos
UML	1002	Semantics (Semântica)	38
Information-Systems (Sistemas de Informação)	276	Management (Gestão)	36
Design	96	Architecture (Arquitetura)	28
Model (Modelo)	90	Framework (Estrutura)	27
Software	66	Object-Oriented (Orientação a objetos)	26
Diagrams (Diagramas)	43	Specification (Especificação)	24

Fonte: Própria (2018)

Neste aspecto, os conceitos tecidos na tabela 02 se complementam: o conceito de gerência da informação e de desenvolvimento de projetos nas empresas; a aplicação de modelagem de processos de negócio, dentre outros subtemas relacionados: a um sistema de informação a ser gerido; à linguagem/notação de especificação a ser utilizada em um projeto; à geração de

modelos representativos da situação real; e ao uso de recursos computacionais para a manipulação de grandes quantidades de dados.

Os três artigos mais relevantes, segundo a bibliometria, são exibidos no quadro 08.

Quadro 08: Artigos mais citados acerca dos temas de UML

Título: “ <i>USE: A UML-based specification environment for validating UML and OCL</i> ”	Gogolla, M; Buttner, F; Richters, M (2007)
Os autores escrevem sobre sistemas grandes, que tem longa vida útil, e que tem por vezes, seu raciocínio base (estrutura) sem estar documentado; devido ao grande número de informações e relacionamentos intrínsecos ao sistema, é fácil ocorrem inconsistências ao longo do tempo quanto aos artefatos do sistema. Dessa maneira, é proposta a criação de um modelo em UML para a modelagem de um sistema grande de informações já existente, que incorpora os motivos de projeto, objetos de <i>design</i> e seus relacionamentos. A UML foi escolhida por se alinhar melhor com as práticas da indústria.	
Título: “ <i>The UML as a formal modeling notation</i> ”	France, R et al. (1998)
No que foi chamado de “extensão” do UML, os autores combinaram a notação com a linguagem Java para a implementação de um projeto onde foram tratados diversos aspectos dinâmicos (que se alteravam com o passar do tempo) e seus padrões. Os resultados concluíram a aceitabilidade da UML para modelar sistemas dinâmicos.	
Título: “ <i>OOA metrics for the Unified Modeling Language</i> ”	Marchesi, M. (1998)
Neste artigo de caráter introdutório, o autor relata a vocação da notação UML para com a análise orientada à objetos (OOA) e seus aspectos inerentes. As métricas propostas destinam-se a permitir uma estimativa precoce dos esforços	

de desenvolvimento, tempo de implementação e custo do sistema em desenvolvimento e medir a orientação e a qualidade do objeto desde o início da fase de análise.

Fonte: Própria (2018)

Numa análise geral dos três artigos citados, evidencia-se a característica de estrutura base para modelagem da UML. A linguagem é parte eficiente na execução de projetos com grande quantidades de informação e aspectos dinâmicos.

Neste contexto, como cumprimento final do objetivo proposto no presente trabalho, sugere-se um modelo em notação UML de diagrama de classes para o planejamento agregado de uma empresa.

Tal modelo visa desenvolver um sistema contemplando o planejamento de requisitos de materiais, programação orientada a tarefas/operações, compras e controle da produção, para processar/tratar as incertezas relativas a estoque, pedidos de compras liberados, operações e materiais em processo.

Observando os aspectos executáveis da modelagem, Zur Muehlen & Recker (2013) afirmam que a UML consiste em várias partes. Levando em consideração apenas a parte diagramática, não há expressividade suficiente para descrever funções computacionais executáveis, pois sua semântica não é tão definida quanto necessário para este fim.

Quanto à questão de como acessar as interfaces de usuário e sistemas operacionais gráficos e outras questões desse tipo, os mesmos autores sugerem o fornecimento de bibliotecas de modelagem especialmente adequadas para essas questões, que tenham uma implementação codificada.

Por outro lado, os autores anteriores também afirma que a UML oferece uma série de conceitos de modelagem de nível superior, permitindo uma descrição bastante compacta de certas propriedades do sistema.

Sendo que a descrição de tais propriedades em linguagens de programação comuns requeriam consideravelmente mais linhas de código. Além de ser mais compacta, a abstração tem uma segunda vantagem, em UML é possível modelar uma associação sem especificar como esta é implementada.

Em vez disso, uma ferramenta pode decidir qual é a melhor maneira de implementá-la, dependendo do uso de associações, bem como das heurísticas utilizadas para produzir o código na ferramenta.

A respeito das ferramentas auxiliares de compilação de UML (ainda referentes aos seus aspectos executáveis), Rumpe (2014) afirma que se concentram principalmente na tradução de diagramas de classes em códigos e vice-versa.

Esta técnica é chamada de engenharia de ida e volta e lembra em estágios iniciais de compiladores de Pascal, Basic ou Cobol em código de montagem. Nessas fases iniciais, era gerado um código de montagem que poderia ser visto e modificado manualmente, se necessário, antes de gerar código de objeto definitivo.

Sobre os diagramas de classe, os autores Brambilla & Fraternali (2014) os definem como uma abstração do sistema real que trata principalmente da estrutura (arquitetura) da modelagem.

Além dos diagramas de classes, também existem diagramas de objetos que tratam da estrutura. Enquanto os diagramas de classes definem e restringem estruturas potenciais de um sistema, um diagrama de objeto define uma estrutura real de objetos de um sistema em uma determinada situação. Portanto, os diagramas de objetos operam no nível da instância.

A UML contém uma série de outros diagramas que desempenham um papel de menos destaque. Um deles é o diagrama de atividade, que permite descrever vários tópicos simultâneos de execução, dependendo da sua semântica real.

Os diagramas de atividade são uma espécie de diagrama de fluxo de dados, trabalhando com a expressão de tarefas e funções desempenhadas pelo sistema modelado.

Os diagramas UML são um poderoso conjunto de técnicas para descrever diferentes pontos de vista em um sistema de *software*. No geral, eles não são capazes de descrever todas as propriedades possíveis. Uma vez que, como já afirmado por Zur Muehlen & Recker (2013), não há o suporte necessário para tornar a UML executável.

Neste contexto, a UML desempenha o papel de modelar, através de seus diagramas, a estrutura dos processos de Planejamento e Controle de Produção do modelo de referência educacional a ser desenvolvido.

Utilizando-se a plataforma de periódicos CAPES, através da consulta no renomado banco de dados *Web of Science*. Foram feitas pesquisas utilizando os seguintes termos:

- a) 'BPMN' e 'Arquitetura'
- b) 'UML' e 'Arquitetura'
- c) 'ARIS' e 'Arquitetura'
- d) CIMOSA e Arquitetura
- e) 'IDEF' E 'Arquitetura'
- f) 'IEM' e 'Arquitetura'
- g) EKD e Architectura
- h) 'GRAI' E 'Arquitetura'
- i) 'GERAM' E 'Arquitetura'

Neste contexto, Soffer e Wand (2007) explicam que ao modelar os processos de negócio, a decisão do tipo de linguagem é uma consideração importante e analisando os aspectos gerais sobre as notações de modelagem de

processos de negócio, pode-se promover a primeira classificação na visão comparativa proposta.

Através da análise dos resultados da base de dados *Web of Science*, foi promovida a aquisição dos componentes de dados da bibliometria das arquiteturas de referência em modelagem de processos de negócio tratados neste referencial teórico. A relação percentual dos artigos referentes às notações pode ser verificada na figura 24.

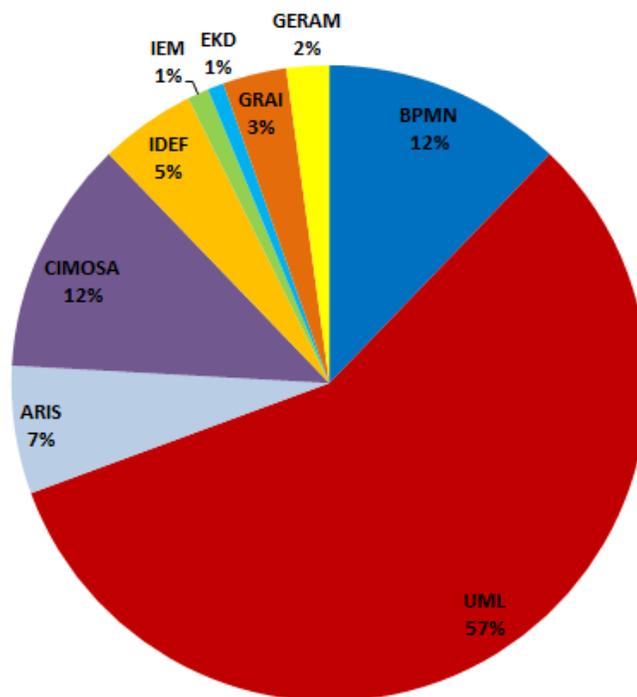


Figura 24. Publicações sobre notações para representar arquiteturas de modelagem de processos de negócio

Fonte: Adaptado de Campos (2014)

Um total de 369 artigos foram detectados, com mais da metade deles (57%) lidando com a notação UML. As notações BPMN e CIMOSA representaram sua publicações na literatura científica com 12% dos artigos.

2.3. Outras metodologias de modelagem de processos

O foco principal da modelagem de um processo é fazer com que este seja compreendido pelas partes interessadas, desde o nível operacional até o estratégico de determinada organização.

Para isto, representa-se o processo graficamente, por meio de fluxos ou diagramas; A notação (ou linguagem) a ser utilizada e o nível de detalhamento estão diretamente relacionados aos objetivos dos usuários e participantes daquele modelo específico ser desenvolvido (SCUCUGLIA, 2011).

Em ordem de se ter um panorama das diferentes ferramentas de modelagem são descritas as principais nas subseções 2.3.1 a 2.3.4.

2.3.1. BPMN (*Business Process Model and Notation*)

O BPMN é considerado uma linguagem genérica de modelagem de grande eficácia para modelar processos de negócios de vários domínios contando com uma quantidade expressiva de ferramentas e técnicas que facilitam as atividades de gerenciamento de processos (Silva e Soares, 2016).

Segundo Vieira (2007), a base científica do BPMN é concentrada nos conceitos de *Business Process Management* (BPM), que consiste em gestão de processos de negócio e a aplicação de tecnologia da informação visando promover a integração e melhoria dos processos de negócio numa organização. Para isto, utiliza métodos, técnicas e ferramentas para modelar, controlar e analisar processos operacionais envolvendo pessoas e sistemas diversos.

Ainda sobre a conceituação do BPMN, temos Reis (2007), que afirma que a sua fundamentação se baseia na ideia de gerenciamento da empresa por processos.

Nesse contexto, a organização deve desenhar (aspectos gráficos) e definir os processos de forma clara para que sejam gerenciados através de ferramentas que suportam a notação BPMN.

Assim, modelam-se os processos por fluxos de informação. A raiz deste conceito (de gestão por processos no BPMN) é devido ao fato de um fluxo de informações transitar entre departamentos e ser controlado por diferentes responsáveis envolvidos na empresa, ao invés de ficar preso a um sistema específico.

Percebe-se, portanto, o caráter flexível e dinâmico dos modelos de BPMN aplicado aos processos reais.

Sua simbologia permite criar modelos de processos de negócio em notação padrão numa estrutura de diagrama para finalidades de documentação e comunicação; o método foi desenvolvido pelo Instituto de Gestão de Processos de Negócio (*The Business Process Management Initiative*) envolvendo especialistas de domínio no processo de engenharia de requisitos, conforme pode ser visto na figura 25 (TESSARI, 2014).

	Indica o início ou fim do processo
	Indica cada atividade que precisa ser executada
	Indica um ponto de tomada de decisão
	Indica a direção do fluxo
	Indica os documentos utilizados no processo
	Indica uma espera
	Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto em outro círculo, com a mesma letra ou número, que aparece em seu interior

Figura 25. Simbologia utilizada em BPMN

Fonte: Adaptado de Campos (2014)

Chinosi & Trombetta (2012), em sua linha de pesquisa, afirmam BPMN como sendo o padrão para representar de forma gráfica muito expressiva os

processos que ocorrem em praticamente todos os tipos de organização em que se possa imaginar, abrangendo modelos representativos variados desde receitas de culinária até o processo de atribuição do prêmio Nobel, gerenciamento de incidentes, sistemas de votação por e-mail, procedimentos de reserva de viagem, para citar alguns.

Recker (2010) explica que o BPMN abrange as áreas de processos de documentação e melhoria de cenários (otimização de processos) utilizando aplicações técnicas de modelagem de processos, como engenharia de fluxo de trabalho, simulação ou composição de serviços *web*. Tais técnicas consistem em um núcleo de elementos gráficos principais e um conjunto de “configurações” adicional.

O conjunto gráfico é suficiente para descrever a essência dos processos de negócios pois visa gerar modelos intuitivos. Enquanto o conjunto adicional fornece construções para suportar conceitos avançados de modelagem de processos (que necessitam de maior nível detalhamento por sua complexidade), tais como orquestração e coreografia de processos, especificação de fluxo de trabalho, tomada de decisão baseada em eventos e tratamento de exceções.

Em geral, a especificação BPMN completa define quatro categorias básicas de elementos: objetos de fluxo, objetos de conexão, *swimlanes* e artefatos.

Os objetos de fluxo são os elementos mais básicos utilizados para criar modelos em BPMN. Os objetos de conexão são usados para conectar diferentes objetos de fluxo. *Swimlanes* são usados para agrupar atividades em categorias separadas para diferentes capacidades ou responsabilidades funcionais (por exemplo, diferentes funções ou departamentos organizacionais).

Por fim, os artefatos podem ser adicionados a um modelo, quando apropriado, para exibir informações relacionadas a este, tais como dados processados ou comentários adicionais.

2.3.2. ARIS (*Architecture of Integrated Information Systems*)

O EPC (*Event Driven Process Chain*), parte simplificada da metodologia ARIS, exibe fluxogramas desenvolvidos para modelar processos de negócio que sejam facilmente entendidos e utilizados.

Seus elementos básicos são funções e eventos. Segundo Rippl (2005) o ARIS nasceu da consciência da crescente complexidade no mundo do BPM, com o aumento do número dos métodos de modelagem de processos de negócio disponíveis.

Linguagens de modelagem gráfica intuitivas, como o EPC, estão principalmente preocupados com a captura e compreensão de processos para escopo de projetos e para discutir os requisitos de negócios e as iniciativas de melhoria de processos com especialistas em assuntos.

De acordo com Gonçalves (2016), tal método está fundamentado na utilização de uma grande variedade de modelos e objetos através dos quais os processos de negócio de uma organização podem ser representados e analisados.

Van Dongen, Dijkman e Mendling (2013) explicam que a metodologia utilizada pelo EPC captura o fluxo de controle de um processo em termos de dependência lógica e temporal de atividades.

O EPC oferece elementos funcionais para representar as atividades do processo. Como uma regra de sintaxe, as funções e os eventos devem alternar em cada caminho através do EPC, direta ou indiretamente quando estão ligados através de um ou mais conectores.

Ainda segundo os autores anteriores, a semântica informal, pretendida para o EPC, pode ser descrita da seguinte forma: o AND-split ativa todos os ramos subsequentes de maneira concorrente. O XOR-split representa uma escolha entre um dos vários ramos alternativos. O OR-split desencadeia um, dois ou até todos os múltiplos ramos com base em condições impostas pelo usuário.

Para ambas os termos semânticos descritos, as condições de ativação são dadas nos eventos subsequentes ao conector.

2.3.3. IDEF (Integration Definition)

Assim como outras ferramentas, o IDEF apresenta diagramas e fluxos de processos de maneira organizada, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria no processo.

A notação permite realizar uma análise complexa dos processos, considerando suas entradas, saídas, restrições e interações. Tem o objetivo produzir um modelo lógico do mundo real representando o comportamento do cliente e o modo como este executa suas ações no sistema. O método foi projetado para modelar processos de negócio e sequências de um sistema, provendo duas perspectivas, o esquema do processo e o esquema de objetos (BEVILACQUA, MAZZUTO e PACIAROTTI, 2014).

De acordo com Barcelos et al. (2017), o conceito de diagramação presente no IDEF constitui-se de dois aspectos elementares: um conjunto de caixas (representantes de funções/atividades); e setas (representantes de condução de dados ou objetos).

As setas são mecanismos de entrada, controle e saída (*Input, Control, Output*). No entanto, tais setas não conduzem fluxos de informação, apenas dados ou objetos para execução das funções e atividades à elas relacionadas.

Segundo Araujo, Garcia e Martines (2011) o IDEF é consistente em métodos agrupados criados, a princípio, com o intuito de modelagem e representação de requisitos necessários ao desenvolvimento de sistemas de informação. Sua metodologia pode ser utilizada para desenvolver ferramentas, técnicas e processos para a integração industrial.

Os mesmos autores ainda afirmam que o uso comum do IDEF é centrado na modelagem das funções de negócios ou sistemas. Dessa maneira, permite-se que o usuário consiga representar de forma simplificada as principais funções de

entrada, saída e mecanismos para a elaboração das atividades e os controles que devem ser seguidos utilizando a diagramação.

2.3.4 CIMOSA (*Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture*)

A estrutura de modelagem CIMOSA considera duas partes: a arquitetura particular, que é definida como um conjunto de modelos documentando o ambiente empresarial; e a arquitetura de referência, usada para ajudar os usuários no processo de construção de sua própria arquitetura particular com um conjunto de modelos descrevendo os vários aspectos da empresa em diferentes níveis de modelagem (VERNADAT, 2003).

A arquitetura de referência é, ainda, separada em duas camadas: uma camada genérica (relativa à linguagem de modelagem) e uma camada de modelos parciais consistindo de uma biblioteca de modelos parciais que podem ser adaptados às necessidades específicas (níveis de modelagem) da empresa; também é considerada no CIMOSA a perspectiva do negócio (vista) que está se adotando, como é conferido na figura 26.

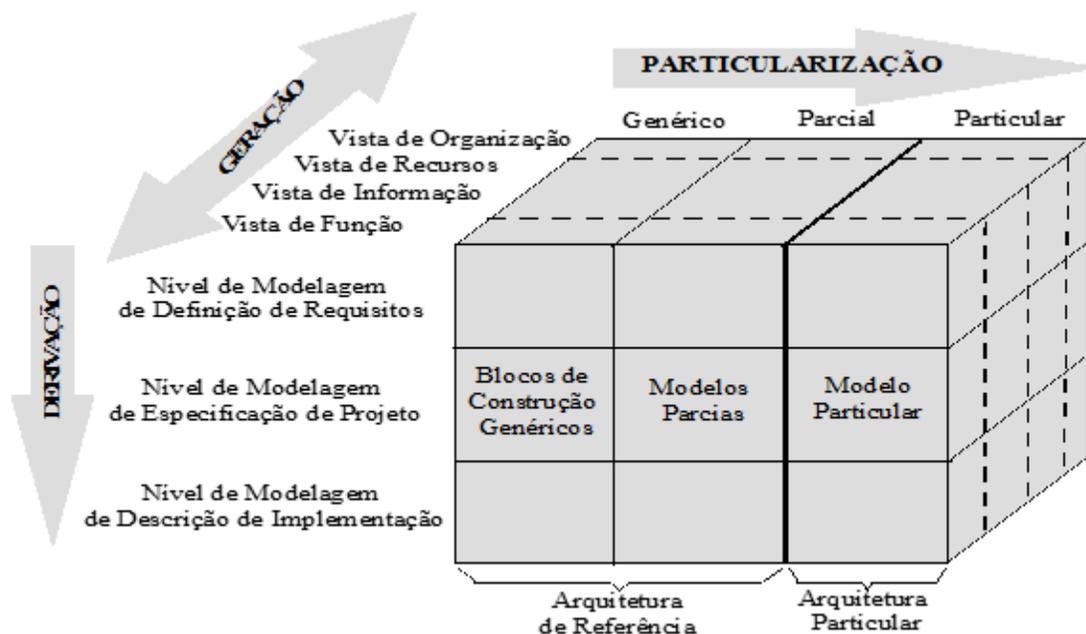


Figura 26. Estrutura de modelagem de CIMOSA

Fonte: Adaptado de Vernadat (2003)

Em CIMOSA, os aspectos da modelagem se baseiam nos eventos da organização. Segundo Vernadat (1996), o objetivo deste método de modelagem é descrever as funções que são realizadas na empresa e seus atributos no nível de detalhamento desejado pelo usuário.

Dessa maneira, a CIMOSA se diferencia dos métodos de modelagem funcional tradicionais; que são basicamente norteados pela decomposição funcional, ou seja, a divisão das funções do sistema modelado em subfunções, e a divisão destas em atividades que podem ser rearranjadas (modelados) formando um sequenciamento eficiente (processo otimizado).

Rochetti, Campos e Carvalho (2010), definem e explicam os seguintes constructos usados para a modelagem funcional em CIMOSA, em vários níveis de detalhamento. São eles: domínio, relacionamento de domínio, evento, processo de domínio, processo de negócio, atividade de empresa, e operação funcional.

- O domínio pode ser entendido como um módulo gerenciável que consiste em um agrupamento de processos centrais (também chamados de processos de domínio), eles determinam a área funcional da empresa.
- Os processos de domínio, por sua vez, são o primeiro nível da decomposição funcional e representam uma sequência de atividades de uma empresa com início e fim bem definidos.
- O relacionamento de domínio, como o nome induz, define a interação entre domínios pela troca de eventos e resultados.
- Um evento pode ser entendido como qualquer acontecimento, programado ou não, que requer uma estrutura de sequenciamento ou processamento. São usados para iniciar processos de domínio e, indiretamente podem ativar um processo de negócio. Eventos também podem ser usados para impor uma determinada condição ao fluxo de um processo de negócio dentro de um domínio.

- Um processo de negócio é gerado pela decomposição de um processo de domínio em subfunções ou processos intermediários. Porém, diferente dos processos de domínio, eles não podem ser disparados por eventos e são sempre acionados por uma espécie de processo pai, que pode ser um processo de domínio ou outro processo de negócio.
- As atividades de empresa expressam as funções básicas do sistema de uma empresa e podem ser definidas por suas entradas e saídas, de função, de controle e de recursos. Assim como os processos de negócio, as atividades da empresa são sempre disparadas por um processo pai.
- Por fim, temos a operação funcional que é um *script* ou algoritmo representando um comportamento de atividades que não podem mais ser decompostas.

2.4. Modelos educacionais de referência em PCP

Na literatura científica do macro campo de estudo de Planejamento e Controle da Produção é possível encontrar esforços para se produzir modelos de referência no intuito de promover o aprendizado do tema.

Esta seção, em particular, exhibe alguns dos modelos relevantes nacionais e internacionais.

2.4.1. Modelos educacionais nacionais

No trabalho científico de Tubino (2000), como forma de dinamizar o aprendizado dos temas de PCP, os autores propõem um modelo educacional (simulação empresarial) na forma de um jogo que representa, por sua vez, o funcionamento de um sistema produtivo de manufatura, como pode ser conferido na figura 27.

Dessa maneira, espera-se aumentar os níveis de interesse do público alvo acerca do tema, corroborando para o aumento dos níveis de aprendizado do mesmo.

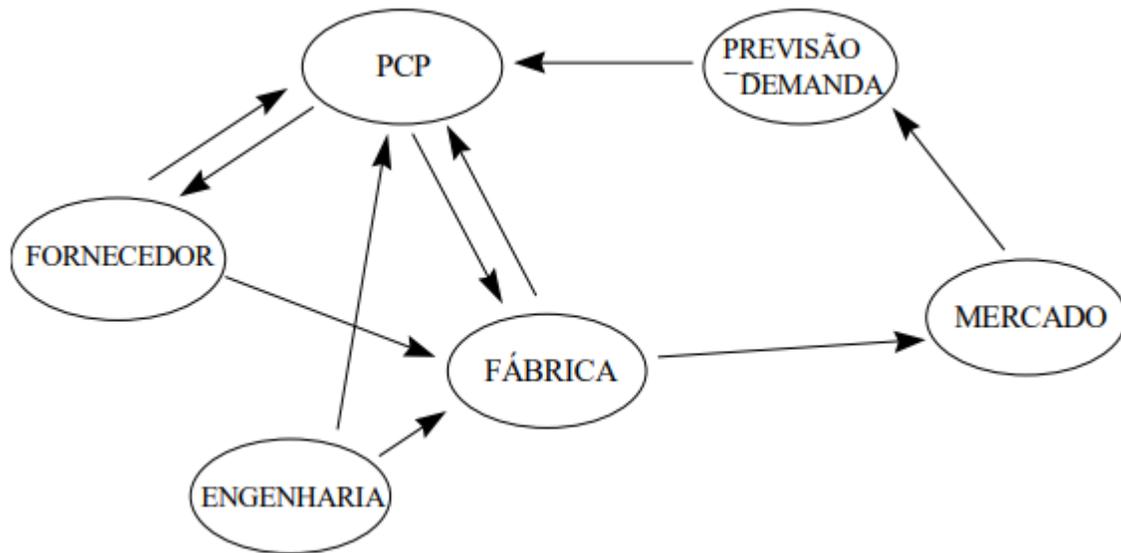


Figura 27. Modelo básico de um sistema produtivo de manufatura

Fonte: Tubino. (2000)

Tal modelo foi denominado GPCP-1 e foi desenvolvido seguindo a lógica básica de PCP:

- a) Previsão de vendas a partir das vendas anteriores (*forecasting*);
- b) Planejamento da produção com base na demanda prevista;
- c) Venda dos produtos acabados;
- d) Realimentação do ciclo.

A manutenção de estoques, seja de matérias-primas ou produtos acabados, acarreta custos. Da mesma maneira que a falta de tais itens também gera perdas significativas.

O modelo educacional desenvolvido por Tubino (2000) mede a eficiência da empresa através do custo de produção desta, dadas as decisões de PCP tomadas na simulação.

Outra proposta de modelo educacional direcionado ao aprimoramento do aprendizado dos conceitos de PCP, tanto por gestores, quanto por alunos, pode ser encontrado na obra de Barretini e Campos (2010).

Com o uso da linguagem de modelagem CIMOSA, através da ferramenta computacional CIMTOOL, os autores desenvolvem um modelo de Planejamento Agregado, como conferido na figura 28.

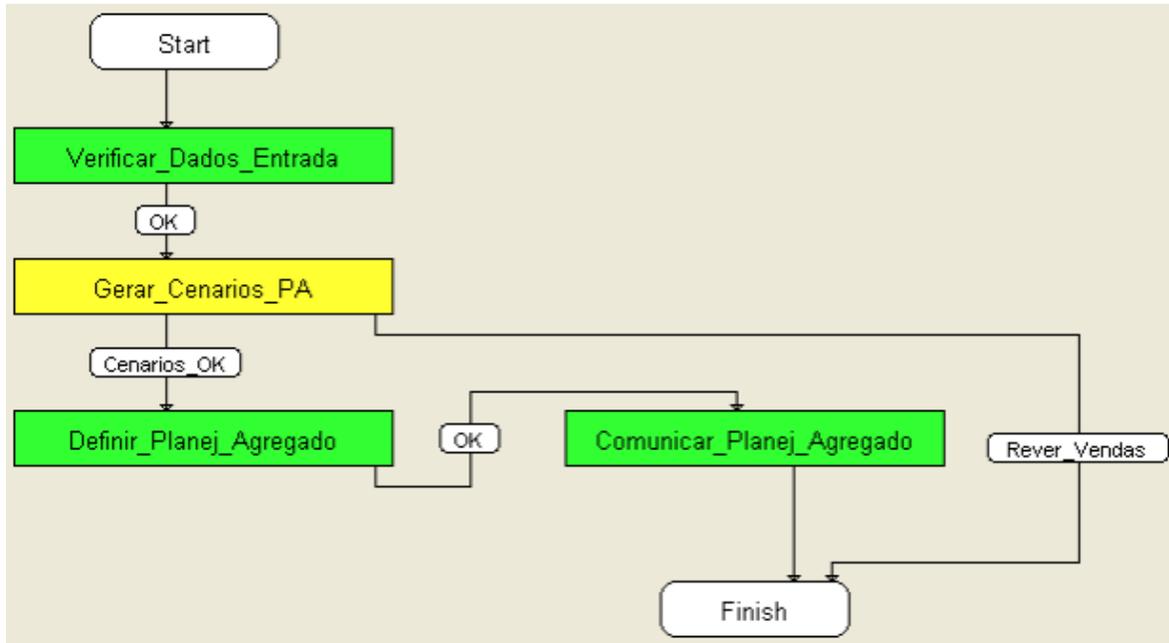


Figura 28. Modelo de simulação de planejamento agregado da produção

Fonte: Barretini e Campos (2010)

Neste modelo educacional, o usuário é capaz de observar a dinâmica inerente aos aspectos do Planejamento Agregado através do comportamento de suas variáveis.

Deve-se prever e planejar as demandas de famílias de produtos para determinados períodos; efetuar tomada de decisão acerca do tipo de mão-de-obra a ser utilizada (turno normal, extra, terceirizado); observar e gerenciar custos de estoque, falta de produtos e custo unitário de produção.

Na figura 29, os mesmos autores utilizam a linguagem CIMOSA para desenvolver um modelo de Planejamento Mestre da Produção.

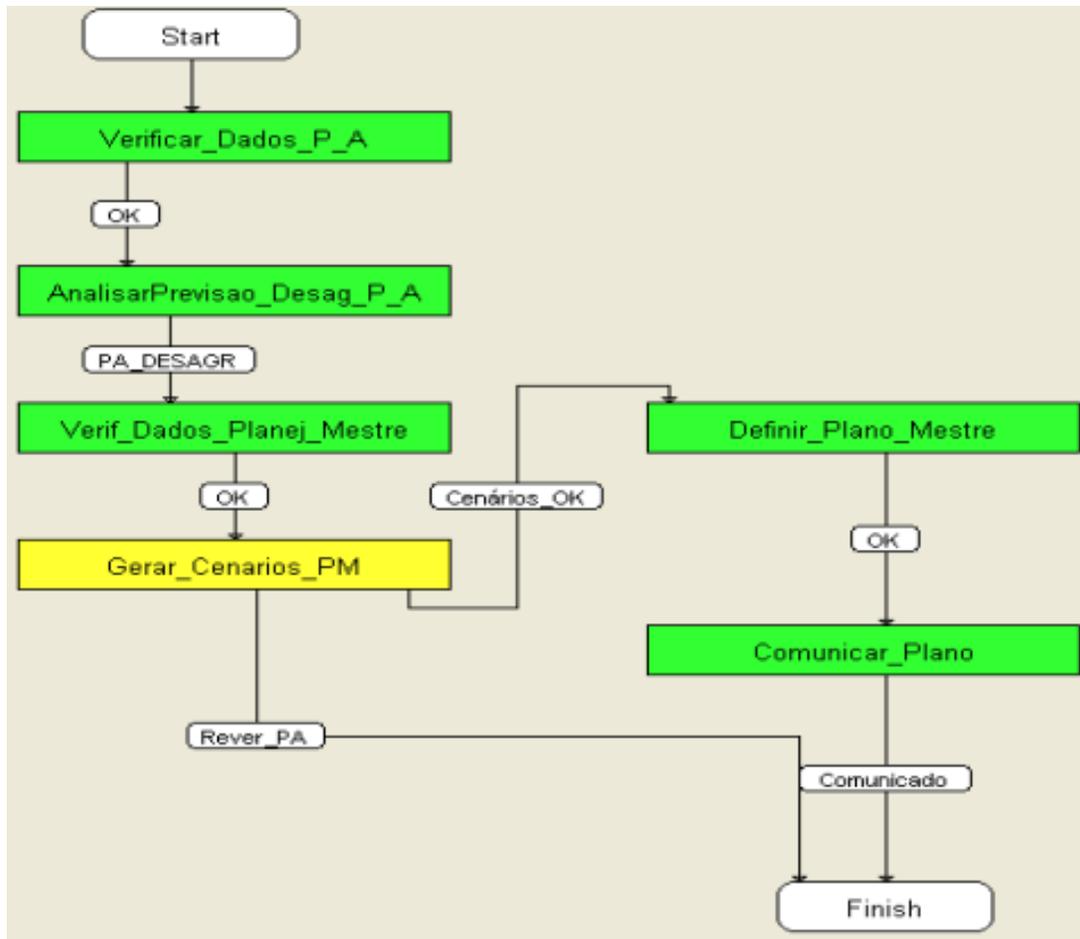


Figura 29. Modelo de simulação de planejamento mestre da produção

Fonte: Barretini e Campos (2010)

No modelo de Planejamento Mestre, por sua vez, os autores iniciam recebendo os dados de produção do Planejamento Agregado, já que se trata de uma simulação de um sistema produtivo real.

Os cenários do MPS são modelados variando os lotes de fabricação, capacidade de mão-de-obra para cada linha de produto (já desagregada), custo de atraso e de estoque.

2.4.2. Modelos educacionais internacionais

Os modelos de simulação de sistemas produtivos podem ser utilizados no âmbito acadêmico e organizacional.

De acordo com Sauaia & Zerrenner (2009), tais modelos educacionais oferecem como principal vantagem o baixo custo de investimento (tempo, energia, recursos) e a efetiva contribuição no aprendizado do tema proposto.

Os mesmos autores também advertem que podem ocorrer erros sistemáticos, uma vez que os modelos não são capazes de abranger a totalidade de variáveis do real cenário dinâmico que se pretende modelar.

Dissertando acerca de cenários dinâmicos, temos o trabalho promovido por Tsai & Sato (2004) que, apesar de não ter seu foco direcionado ao ensino universitário, desenvolve um modelo em UML sobre o tema de Sistema Ágil de Planejamento e Controle da Produção (*Agile Production Planning and Control System* ou APPCS).

Tal tema é centrado em manufaturas *make-to-order* onde mudanças rápidas nos pedidos dos clientes devem exigir alterações ágeis no modelo de Planejamento e Controle da Produção adotado.

Na figura 30, é exibido o modelo elaborado por Da Silva Ferreira et al (2014), inspirado no trabalho de Tsai & Sato (2004), demonstrando a parte conceitual do sistema do planejamento agregado através das classes, seus respectivos métodos e atributos, e suas relações de interação entre si.

As classes componentes do diagrama do planejamento agregado representam o modelo base que pode ser adotado por organizações no espectro de planejamento de carga e capacidade de produção.

- Venda: A classe em questão apresenta os conceitos inerentes à venda de uma família de produtos, como o código do produtos, o preço, a quantidade e o código do cliente.
- Previsão Agregada de Demanda: Apresenta os conceitos pertinentes ao cálculo da previsão de demanda num determinado período,

levando em consideração a família de produto, o horizonte, a previsão inicial e final.

- Previsão de Estoque: Mostra aspectos necessários para o cálculo da previsão de estoque e considera o período inicial e final com base em demandas anteriores e a família de produto.
- Estoque Agregado Real: Apresenta os conceitos inerentes ao estoque real, onde o mesmo é calculado a partir de dados da produção real e a previsão de estoque. Os principais atributos são o período inicial, período final e a quantidade da família de produto.
- Produto: Explicita os conceitos que envolvem o produto, como o código, nome, a quantidade mínima e o estoque.
- Família de Produto: Conceitos importantes à família de produto, como o código, o nome,
- Período de Planejamento Agregado: A classe contém o horizonte de planejamento. Os atributos são o ano e trimestre e as principais operações são cadastrar e atualizar.
- Processo do Planejamento Agregado: Exibe os aspectos relativos ao planejamento do processo, como a capacidade de produção, família de produto, os custos e a previsão.
- Produção Agregada: A classe contempla os cálculos de produção em hora normal, hora extra e a necessidade de subcontratação.
- Custos Reais de Produção Agregada: Apresenta os custos de produção em hora normal, hora extra, subcontratação e o custo total para o período do planejamento agregado.

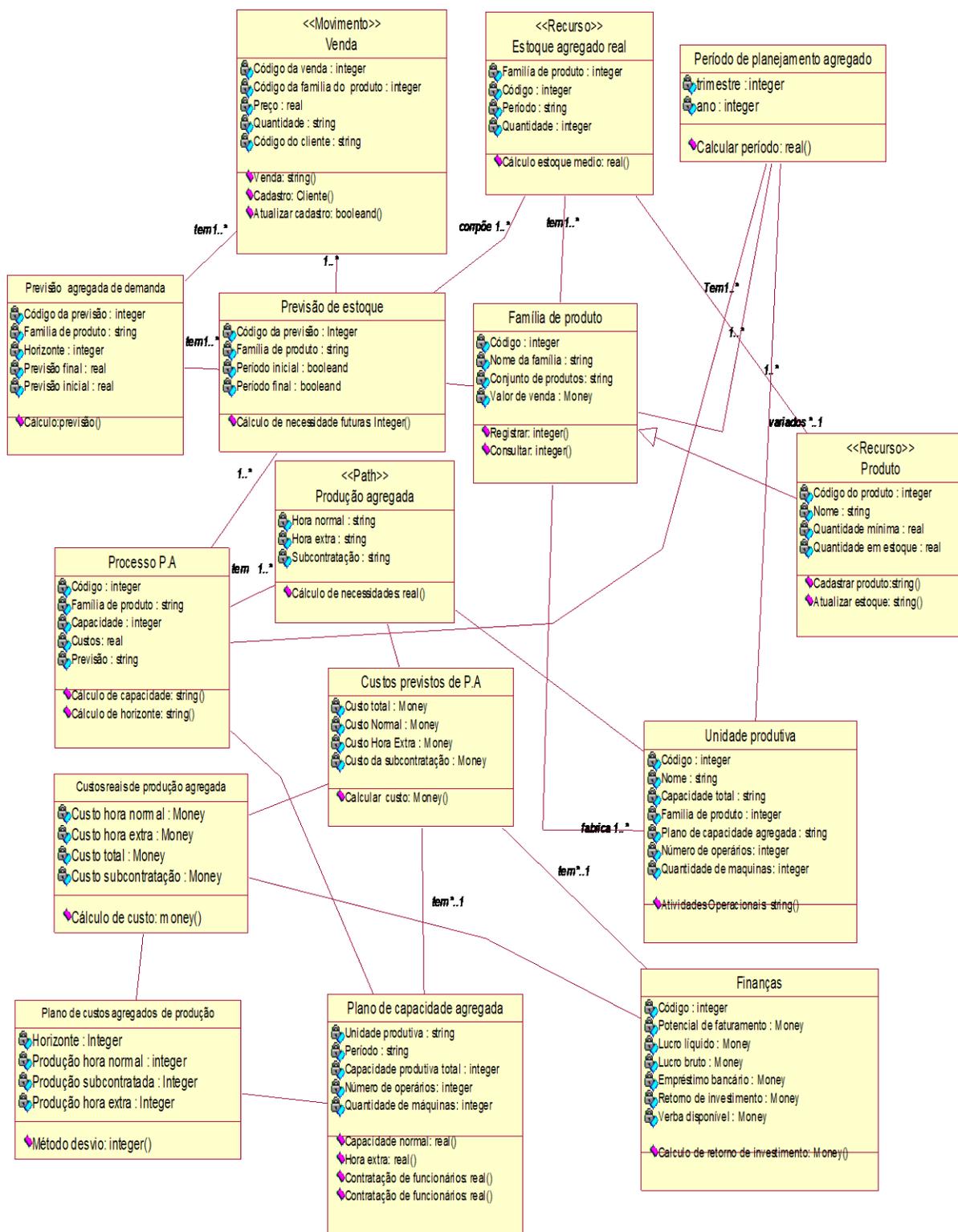


Figura 30. Diagrama de classes: Modelo de planejamento agregado

Fonte: Adaptado de Da Silva Ferreira et al (2014)

- Custos Previstos do Planejamento Agregado: Expõe os custos inerentes ao planejamento previsto de produção em hora normal, hora extra e subcontratação.
- Plano de Custos Agregados de Produção: Apresenta o horizonte do plano dos custos de produção e os custos relativos à previsão da produção em hora normal, extra e subcontratação.
- Plano de Capacidade Agregada: Contém o plano da capacidade necessária, onde se enfatiza a capacidade dos recursos produtivos. Os principais atributos são: a unidade produtiva, o período, número de operários, a capacidade produtiva total;
- Unidade Produtiva: A classe apresenta as principais particularidades da unidade de produção, como o nome, capacidade, a família de produto a ser fabricada, o número de funcionários, a capacidade das máquinas e a capacidade total relativa ao plano de produção.
- Finanças: Envolve a relação financeira do planejamento, como o potencial de faturamento, os custos, a análise de investimento, o lucro, verba disponível e a possibilidade de empréstimos financeiros para o planejamento agregado.

Os autores Ziemann & Mendling (2005), por sua vez, desenvolveram um modelo em EPC demonstrando em detalhes técnicos como ocorrem processos dinâmicos. Seu caráter, apesar de voltado também para o mundo *business*, inclui vertentes educacionais no quesito de especificar e ajudar na clareza de entendimento de como processos são caracterizados.

Na figura 31, exhibe-se um exemplo básico desta proposta, onde os autores promovem a especificação do processo de preparação de um curso a ser ministrado para um público genérico.

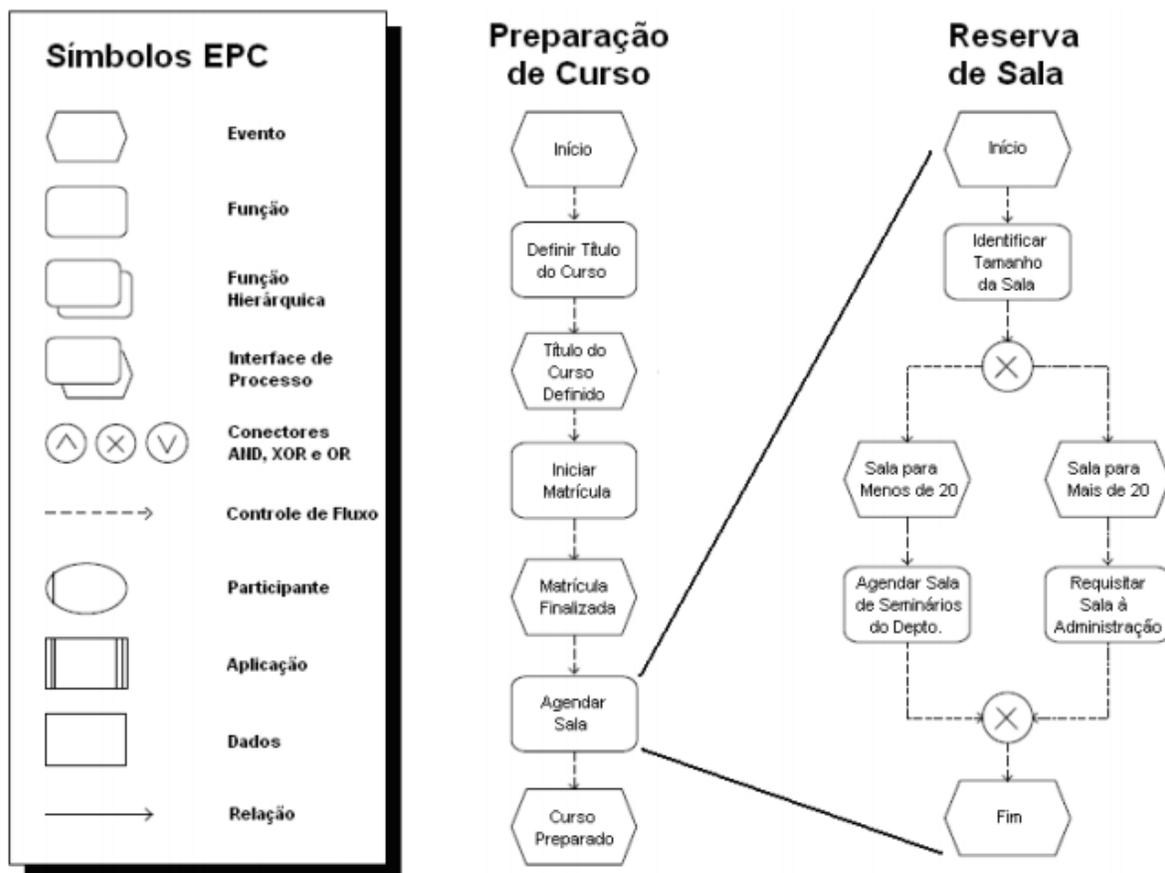


Figura 31. Modelagem básica para entendimento de processos

Fonte: Adaptado de Ziemann & Mendling (2005)

Os autores Ciurana et al. (2008), utilizando a notação de modelagem IDEF, promovem a modelagem dos processos constituintes da fase de Programação da Produção em PCP.

Os processos internos de especificação de matéria prima, determinar máquinas e operadores nos centros de trabalho, sequenciamento de máquinas e ferramentas a serem utilizadas são apresentadas, culminando no processo final de documentação.

Na figura 32 está representado tal modelo, como original e concebido pelos autores:

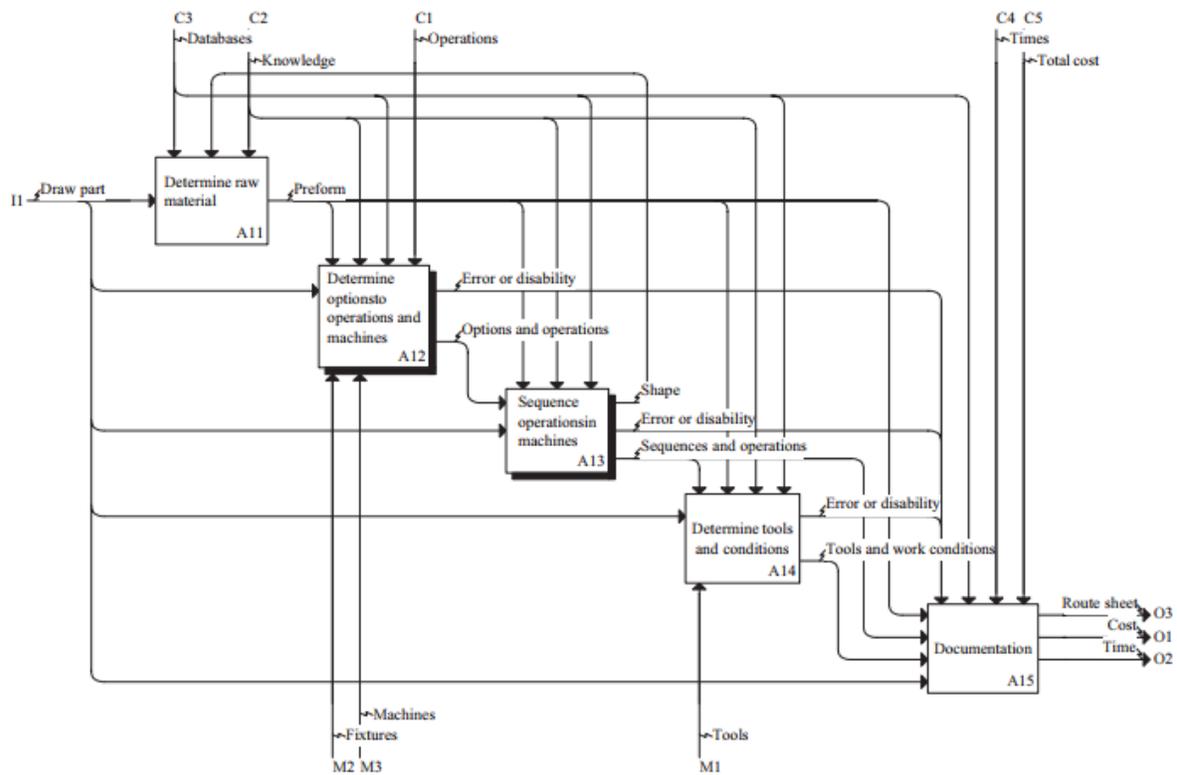


Figura 32. Modelo de Programação da Produção em IDEF

Fonte: Ciurana et al. (2008)

Como analisado neste tópico, que aborda exemplos de modelos de referência em temas de PCP, diferentes assuntos dentro do macro campo (PCP) podem ser aprofundados, construindo-se diferentes *softwares*, com diferentes linguagens de programação e notações de modelagem.

No Capítulo III, a metodologia é explicada citando o modo de desenvolvimento da pesquisa e sua proposta de aplicação.

2.5. Conceito de qualidade em modelos educacionais

Na presente seção são exibidos os principais conceitos presentes na literatura científica acerca do tema qualidade em modelos educacionais de referência, com foco nos modelos operacionalizados através de *softwares*.

A padronização dos processos de desenvolvimento de *softwares* educacionais se configura num subtema de grande relevância na literatura

científica, assim como a premissa de garantir uma maior qualidade dos sistemas para o usuário que será impactado pelo modelo.

Guerra & Coelho (2009) afirmam que um *software* educacional tem sua escala de sucesso medida com base na padronização dos processos de seu desenvolvimento. Tais processos podem ser modelados previamente para representar o contexto e a realidade dentro do campo de ensino-aprendizagem nas universidades brasileiras, por exemplo.

Neste aspecto, o autor Davis (2015) explica que a qualidade é intrínseca ao uso do instrumento a ser avaliado com base na conformidade dos requisitos. O autor ainda afirma que a qualidade pode ser definida em três pilares: objetivos; padrões; e sistema.

Em seu aspecto mais abrangente, o sistema, têm-se os parâmetros e critérios para a qualidade dos sistemas de informação são definidos pela NBR ISO/IEC 9126-1 como "a totalidade das características de um produto de software que lhe permite satisfazer necessidades explícitas e implícitas (JEONG E KIM, 2012).

De acordo com Preece et al. (2013) diante da necessidade de se avaliar um *software* educativo, depara-se com uma grande variedade de abordagens, cada uma com critérios próprios e notações diferenciadas, sendo difícil escolher qual deverá ser usada.

Algumas abordagens possuem ainda critérios muito subjetivos e com alto nível de abstração, não apresentando explicações concretas ou exemplos reais sobre como estes devem ser avaliados. Como consequência, os resultados alcançados ficam fortemente vinculados ao avaliador que aplicou a abordagem, aumentando consideravelmente a influência subjetiva deste na avaliação.

Segundo Oliveira e Aguiar (2014), a diversidade de abordagens de avaliação de *softwares* educacionais é uma realidade que pode tornar difícil a escolha sobre qual técnica adotar, uma vez que cada abordagem apresenta seu conjunto de

critérios e seu instrumento de mensuração, assim como cada abordagem possui o seu nível de dificuldade de aplicação.

Os mesmos autores afirmam que a avaliação de um *software* educacional deve considerar as características voltadas à sua qualidade didático-pedagógica, de tal modo que os objetivos dos estudiosos da ergonomia de software e dos educadores possam convergir para um mesmo ponto.

Além disso, os *softwares* educacionais devem ter suas funcionalidades corretas, de acordo com os preceitos da Engenharia de Software sendo importante ainda que a interatividade e a interface oferecidas pelo SE sejam adequadas ao público-alvo (PREECE et al. 2013).

A multidisciplinaridade envolvida no processo de avaliação também exige do avaliador uma gama de conhecimentos particulares, deixando explícita a necessidade de expertise e *know-how*, e impactando na curva de aprendizado para realização das avaliações.

Desta maneira, encara-se o processo de aplicação de questionários de avaliação de *softwares* educacionais como sendo algo não completamente consolidado na literatura em termos de padronização. O que gera maior esforço por parte dos pesquisadores em busca de dados mais precisos e confiáveis.

Na presente dissertação, utiliza-se as diretrizes de avaliação de software provenientes da norma ISO/IEC 9126-1, como proposta pelos autores referenciados Jeong e Kim (2012). Os subtemas destas diretrizes de avaliação se encontram nos subtópicos 2.5.1 a 2.5.4.

2.5.1. Funcionalidade

Os autores Jeong e Kim (2012) determinam que a funcionalidade de um *software* deve oferecer meios necessários para o usuário obter o entendimento principal e realizar as operações básicas do protótipo a ser testado.

A funcionalidade é utilizada para avaliar a satisfação dos usuários no atendimento das necessidades explícitas e implícitas no momento do uso do programa de software como qual se está lidando.

Neste contexto, pode-se definir o aspecto da funcionalidade como sendo primordial no uso do programa a ser testado, pois não existe condição de se testar os aspectos posteriores sugeridos pelos autores se não for satisfatório a avaliação do mesmo sob a luz da funcionalidade.

2.5.2. Confiabilidade

Uma vez que o software está funcionando devidamente, utiliza-se o aspecto avaliativo da confiabilidade para possível mensuração da frequência com que as falhas aparecem nos sistemas estudados.

Os autores Jeong e Kim (2012) estabelecem algumas métricas tradicionais para a medição específica deste quesito como o número de falhas por determinado período de tempo, por exemplo.

O fator confiabilidade está diretamente relacionado à qualidade do *software* no tocante aos aspectos de uso do mesmo, uma vez que o *software* deve oferecer suporte pertinente ao seu uso e não ter sua funcionalidade interrompida por problemas adjacentes.

2.5.3. Usabilidade

O fator usabilidade, segundo Jeong e Kim (2012), está diretamente relacionado à facilidade no uso do programa em que se quer avaliar, sendo uma parte importante na mensuração da qualidade do *software* sob às diretrizes da norma ISO/IEC 9126-1.

Preza-se pela intuitividade e interface amigável em *softwares* diversos. Isto porque o usuário pode dispor de muitas opções e conseqüentemente buscará o caminho de menor esforço para escolher o *software* com o qual deseja interagir.

A usabilidade em si pode ser determinante para o sucesso de um *software*, uma vez que esta qualidade é a que parece ter impacto mais direto na percepção

do usuário, dentre as diretrizes elencadas pela norma ISO/IEC 9126-1 (BEHKAMAL, KAHANI e AKBARI, 2009).

2.5.4. Eficiência

Por fim, tem-se o fator eficiência, que na presente dissertação estará diretamente relacionado ao grau em que o protótipo de *software* educacional cumpre seu papel no ensino-aprendizagem do tema tratado.

Os autores Jeong e Kim (2012) determinam que os aspectos relativos à eficiência que influenciam a percepção do usuário quanto à qualidade do *software* sejam designados logo na modelagem do tema.

Os usuários do *software* não possuem, geralmente, a noção direta da eficiência do mesmo, sendo este um aspecto intrínseco, porém que exige análise apurada qualitativa ou mensurada posterior ao uso. Ou seja, o fator eficiência se configura num importante aspecto analítico da qualidade do *software*.

CAPÍTULO III - METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia de pesquisa a ser utilizada no desenvolvimento desta dissertação. Aspectos conceituais de pesquisa bibliográfica e bibliométrica são utilizados numa abordagem que abrange tanto características quantitativas quanto qualitativas.

3.1. Tipo de pesquisa

Segundo Ciribelli (2003) a definição de pesquisa se concentra no ato de investigação a partir de uma situação-problema. Seu objetivo é ampliar o entendimento sobre determinado tema pesquisado, maximizando o conhecimento científico, aprimorando ou desenvolvendo novas teorias, e caracterizando novos princípios.

Já na visão de Rampazzo (2005), pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas por meio dos processos do método científico que é caracterizada como um procedimento reflexivo, sistemático, controlado e crítico que permite descobrir novos fatos ou dados, soluções ou leis, em qualquer área do conhecimento.

Para a presente dissertação utilizou-se a metodologia base de pesquisa bibliográfica que, segundo Gil (2002), é desenvolvida a partir de um material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

Tal material de pesquisa teve sua consulta ampliada e aprimorada através do conceito de pesquisa bibliométrica, definida por Vanti (2002) como um conjunto de métodos de pesquisa que utiliza análises quantitativa, estatística e de visualização de dados. Constituindo-se numa ferramenta útil não só para mapear a estrutura do conhecimento de um campo científico, mas também para analisar o comportamento dos pesquisadores em suas decisões na construção desse conhecimento.

O advento da internet e dos bancos de dados eletrônicos têm indicado a variação do termo bibliometria para os termos: webmetria ou *webmetrics*; e,

informetria ou *informetrics*, ambos com métricas próprias associadas à pesquisa via *internet*, tais como: número de citações na *internet*; número de acessos aos artigos; e, número de downloads, dentre outras (COSTA, 2016).

No espectro da análise bibliométrica como ferramenta, Wormell (1998) classifica os cinco os principais tipos de metodologia utilizados como sendo: análise de citações; análise de co-citação; agrupamento bibliográfico; *co-word analysis*; e “webmetria”. Neste trabalho o foco consiste na metodologia de análise de citações e, por esse motivo, deter-se-á especificamente nesse tipo de estudo, em suas origens, potencialidades, aplicações e limitações.

Quanto à abordagem deste projeto de dissertação, esta pode ser definida como qualitativa e quantitativa. Fato que implica em qualificar e quantificar os dados obtidos através de informações coletadas por meio de observações, documentos organizacionais e análises de dados.

Um exemplo disto é o comportamento subjetivo natural do pesquisador diante do conteúdo relevante gerado pela bibliometria dos temas realizada através da base de dados *Web of Science* e classificada pelo *software Nails*. Isto é, os dados de relevância são gerados quantitativamente por este *software*, que analisa o número de citações e o fator de impacto dos artigos para classifica-los em ordem de importância para a pesquisa.

Entretanto, a subjetividade do pesquisador engendra o caráter qualitativo à abordagem da pesquisa quando são analisados os artigos que possuem maior afinidade com o tema do projeto, dentre aqueles tidos como relevantes na primeira análise quantitativa.

No enquadramento metodológico científico, ainda pode se definir a presente pesquisa como sendo de natureza aplicada, uma vez que é parte da proposta deste projeto testar o *software* educacional numa amostragem de alunos universitários.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), quando há o processo de geração de conhecimento através da aplicação prática, existe a configuração de

pesquisa de natureza aplicada; que por sua vez, tem o intuito de solucionar problemas específicos envolvendo contextos locais.

3.2. Uso de recurso de bibliometria

Quanto aos dados colhidos da pesquisa bibliométrica, respeitando-se o já descrito caráter quantitativo e qualitativo da abordagem, observa-se que a bibliografia do presente projeto possui um grau de confiabilidade alicerçado na relevância dos autores escolhidos.

No seguimento do projeto de dissertação, tais dados, que representam seu referencial teórico, serão utilizados para compor a base da aplicação prática proposta. Ou seja, os temas pesquisados de PCP, UML e Mapeamento e Modelagem de Processos, servirão para direcionar os esforços na criação de um modelo de *software* educacional de referência em UML para o aprendizado dos temas de PCP.

3.3. Coleta de dados

Rampazzo (2005) afirma que toda pesquisa implica a coleta de dados de variadas fontes; E, quando o pesquisador promove o levantamento de dados que outros autores já coletaram, como é o caso deste projeto, temos a documentação indireta, que por sua vez, pode ser encontrada na bibliografia (livros e artigos).

Quanto à classificação, as fontes para a coleta de dados podem ser primárias e secundárias. Para a realização desta pesquisa, utilizou-se fontes secundárias, devido à pesquisa e coleta de informações bibliográficas relacionadas ao objeto de estudo.

Na aplicação prática desta pesquisa, são utilizadas de fontes primárias de coleta de dados, uma vez que, para avaliar a eficiência do software educacional pode se utilizar formulários, material de entrevista próprio, dentro outros métodos originais.

Para a pesquisa bibliométrica realizada, a coleta de dados foi feita buscando-se a bibliografia relevante dos temas de: PCP; S&OP; Planejamento Agregado da Produção; Planejamento das Necessidades Materiais; Programação da Produção; Mapeamento de Processos; Modelagem de Processos; e UML.

3.3.1. Metodologia de aplicação de questionário

Como parte essencial para a etapa de coleta de dados, utiliza-se a aplicação de um questionário para a validação das percepções dos usuários em relação ao *software* educacional.

Aaker (2014) afirma que a construção de um questionário é considerada uma “prática imperfeita”, uma vez que não há a garantia de procedimentos exatos para que seus objetivos de medição sejam alcançados com precisão e qualidade.

Entretanto, o mesmo autor explica uma sequência lógica de etapas que o pesquisador deve seguir para desenvolver um bom questionário:

1. Planejar o que vai ser mensurado;
2. Formular as perguntas para obter as informações necessárias;
3. Definir o texto e a ordem das perguntas e o aspecto visual do questionário;
4. Testar o questionário, utilizando uma pequena amostra inicial, na condição de pré-teste;
5. Caso necessário, corrigir o problema e fazer novo pré-teste.

Nesta dissertação, o modelo de questionário proposto se enquadra na condição de pré-teste, como definida por Aaker (2014).

Como ferramenta de disponibilização e divulgação do questionário para o público de interesse utiliza-se um formulário *online* provido pela plataforma do Google Forms (GOOGLE, 2018). Além disto, foram coletados contatos de estudantes e professores de diferentes universidades do Brasil para convite de teste do *software* e resposta ao questionário.

3.3.2. Metodologia de conteúdo de questionário

Como metodologia de conteúdo do questionário, utiliza-se como premissas as orientações dos autores Behkamal, Kahani e Akbari (2009) sobre a ISO 9126-1 (*International Organization for Standardization*) que discorre acerca dos atributos da qualidade de *software*. Estes, por sua vez, são definidos por seis classes: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade.

De acordo com Jeong e Kim (2012) a norma ISO/IEC 9126-1 é fundamentada no agrupamento de fatores a ser verificado em um *software* para avaliar o grau de qualidade do mesmo e se este possui os recursos necessários para suprir a expectativa dos usuários.

Apresenta-se no quadro 09, os fundamentos dos recursos a serem avaliados no *software* educacional

Quadro 09: Fundamentos de avaliação do protótipo de *software* educacional

Recursos	Fundamentos
Funcionalidade	Funcionamento; Suprimento das necessidades do usuário
Confiabilidade	Tempo de uso sem falhas; Tempo de uso desempenhando funcionamento planejado
Usabilidade	Interface amigável; Uso intuitivo; Facilidade de uso
Eficiência	Grau com que cumpre seu propósito

Fonte: Behkamal, Kahani e Akbari (2009)

Faz-se válido ressaltar que o recurso específico “eficiência” foi ajustado no questionário para “eficiência didática”, isto por condizer com o intuito e objetivo da presente dissertação.

No contexto de avaliação do *software* educacional, o foco será mantido nas quatro classes iniciais: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência. As

classes 'manutenibilidade' e 'portabilidade' foram excluídas da avaliação pois, o usuário final ocupa o lugar do avaliador, não possuindo a responsabilidade sobre a manutenção do sistema; e também, o *software* educacional será oferecido numa versão inicial de testes em plataforma *website*, não tendo seus aspectos de portabilidade avaliados, portanto.

O questionário foi elaborado sob o conceito de escalas tipo Likert de 1 a 5 (sendo 1 a pior avaliação, 3 neutro e 5 a melhor avaliação), possibilitando construir escores no intervalo de 1 a 5 para cada recurso (Castro et al. 2012).

3.4. Limitações do método

Como limitação tradicional de métodos que se utilizam de abordagem qualitativa, tem-se a subjetividade do pesquisador que pode alterar sutilmente as diretrizes do desenvolvimento da pesquisa e, por conta disto, não exibir o mesmo grau de eficiência nos resultados que uma pesquisa de abordagem essencialmente quantitativa que dispõe de considerável massa de dados racionais.

Outra limitação a ser citada, já descrita neste trabalho por Sauaia & Zerrenner (2009), é a incapacidade de modelos representativos de sistemas abrangerem a totalidade de variáveis que influenciam tal sistema.

Sendo assim, é natural que haja um grau de erro sistemático, uma vez que os modelos, por mais avançados que sejam, não são capazes de cobrir o dinamismo da realidade inerente a sistemas de PCP em ambientes de organizações reais.

3.5. Uso de notação UML

A UML permite que os usuários representem uma solução em um formato padronizado. Essa representação é obtida combinando elementos gráficos para formar diagramas. O objetivo de cada diagrama é representar diferentes perspectivas do sistema conhecidas como modelo

Segundo Guizzard, Almeida e Guizzardi (2015), um modelo é uma visão simplificada de uma realidade complexa. É um meio de criar abstração, permitindo que se elimine detalhes irrelevantes e se concentre em um ou mais aspectos importantes de cada vez. Modelos eficazes também facilitam as discussões entre os diferentes interessados no sistema, permitindo-lhes chegar a acordo sobre os principais fundamentos e trabalhar para atingir objetivos comuns.

Os mesmos autores afirmam que a estrutura de metaconceitos e classes abstratas da UML é capaz de gerar diretrizes de como seus constructos devem ser usados na modelagem conceitual para representação de um sistema.

Na presente pesquisa, utiliza-se especificamente o diagrama de classes, onde se utiliza a capacidade das classes abstratas da notação UML para se modelar a estrutura de conteúdo de PCP, representando seus constructos e artefatos de maneira padronizada.

No ano de 2005, a UML foi publicada pela Organização Internacional para Padronização (*International Organization for Standardization* ou ISO) como um padrão de modelagem aprovado.

Embora haja relatos na literatura científica de que a falta de precisão é um fator a se considerar quando se trata da modelagem conceitual da realidade na notação UML, propõe-se nesta dissertação o fomento de um modelo embasado na semântica formal e ontológica da notação, como definido por seus criadores Booch, Rumbaugh e Jacobson (2006) na versão especificada como OMG UML 1.4.

3.5.1 Uso do diagrama de classes

Para a modelagem do diagrama de classes, utiliza-se a ferramenta diagramática *web* disponibilizada pela empresa LucidChart e concedida através de licença de uso paga mensalmente.

O detalhamento dos diagramas de classes, bem como o desenvolvimento dos modelos, é conferido no capítulo IV.

3.5.2. Protótipo de ensino-aprendizagem

A partir da estruturação dos temas de PCP realizada através da modelagem UML, fomenta-se o conteúdo no desenvolvimento de um protótipo educacional que operacionalize a capacidade dos modelos UML de representar sistemas da realidade. Neste contexto, os diagramas de classe UML representa um programa de PCP num chão de fábrica através do protótipo de ensino-aprendizagem.

3.6. Descrição das etapas do trabalho

O *framework* metodológico utilizado na presente dissertação tem sua sequência de etapas apresentada na figura 33.

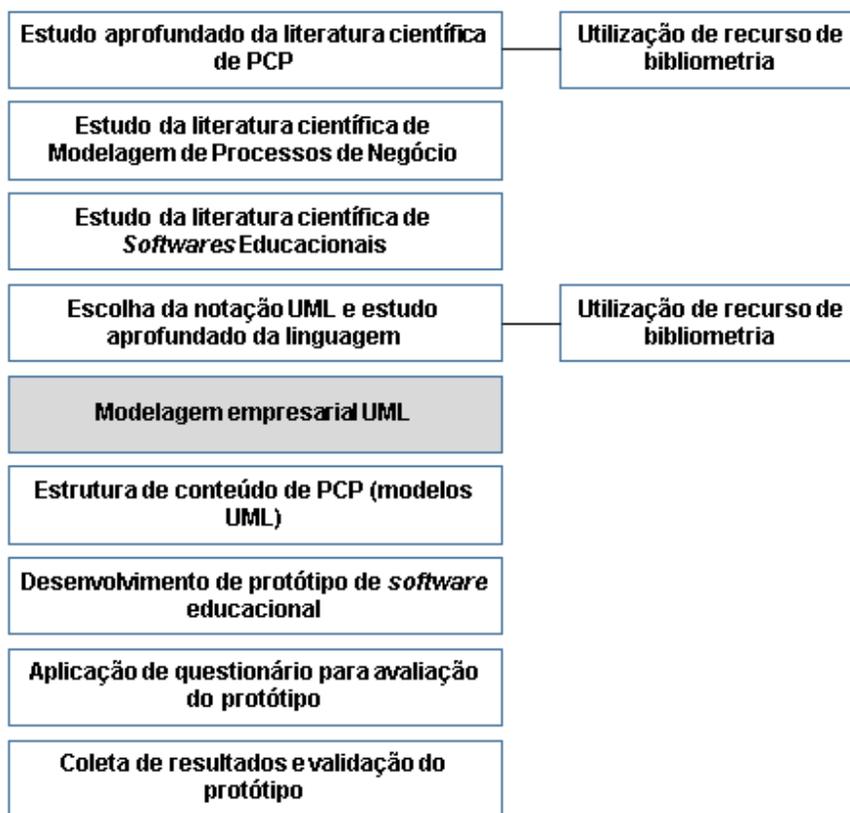


Figura 33. *Framework* metodológico da pesquisa

Fonte: própria (2019)

Como etapa introdutória, o estudo aprofundado dos temas componentes da pesquisa é observado. Mais especificamente, o campo de estudo de PCP foi

predefinido por ser um tema prático de grande relevância na engenharia de produção, e possuir conceitos diretamente relacionados aos cursos de administração.

A bibliometria do referido tema foi empregada como método de curadoria da literatura científica para alinhamento com o propósito da pesquisa.

A presença do aprofundamento no campo de estudo da UML fundamentada no referencial teórico desta pesquisa, foi resultado de estudo preliminar acerca do conceito de linguagens de modelagem de negócios, ou BPM.

O aprofundamento específico no subtema de diagrama de classes da UML foi resultado da bibliometria acerca da notação UML e se mostrou adequado ao propósito da modelagem conceitual da estrutura de conteúdo de PCP na proposta de um protótipo de ensino-aprendizagem.

O método do diagrama de classes permitiu estabelecer e destacar as relações entre os elementos chaves das “classes” existentes no PCP. Foi feita a hierarquização dos planejamentos intrínsecos do PCP e, dentro de cada um destes, denotou-se os principais elementos e suas relações.

Desta maneira, as classes de PCP geradas pela modelagem UML, exaltam os principais artefatos do tema e suas relações entre si. Isto significa que a parte mais relevante para entendimento ágil e holístico do tema é esquematizada.

A concepção do protótipo educacional complementa a pesquisa para servir de instrumento a ser avaliado pelo público alvo da proposta e medir seu desempenho sob a ótica do atingimento ou não do aumento da eficácia do ensino-aprendizagem do conteúdo do tema estruturado através das classes UML.

A medição é realizada através de aplicação de questionário próprio, previamente explicado na subseção 3.3.1 desta pesquisa. A análise dos dados provenientes das respostas ao questionário é apresentada no capítulo VI da presente dissertação.

CAPITULO IV- MODELAGEM EMPRESARIAL UML DE PCP

Para a análise e desenvolvimento da modelagem conceitual, utilizou-se recursos do programa LucidChart, onde desenvolveu-se diagramas de classe UML para explicitar os modelos de planejamento inerentes ao PCP abordados nesta dissertação.

Uma abordagem sequencial e correlativa entre as classes dos diagramas foi utilizada para representar a funcionalidade e o dinamismo dos modelos representativos do S&OP e Planejamento Agregado; Planejamento Mestre da Produção; MRP I; e Programação da Produção.

Posteriormente, como etapa complementar à pesquisa, desenvolveu-se um protótipo de software educacional em formato de AVA e um pré questionário para operacionalização e validação da modelagem conceitual da estrutura de conteúdo de PCP.

4.1. Princípios da modelagem empresarial UML utilizados

Com base na literatura acadêmica relevante, obtida através de pesquisa bibliográfica e bibliométrica, foi desenvolvida a base teórica que norteia os fundamentos da modelagem UML de PCP no presente trabalho.

O modelo empresarial conceitual, concebido através do diagrama de classes da UML, tem o objetivo de descrever a intenção destas classes através dos métodos e operações que as definem, fornecendo assim uma maneira padrão de visualizar a estrutura do conteúdo de PCP.

Ambler (2004) estabelece, dentre os vários diagramas componentes da modelagem UML, o diagrama de classes como o mais indicado da UML para representar um modelo de sistema.

O diagrama de classes UML tem a capacidade de modelar a estrutura do sistema e sua visão lógica estática, descrevendo as classes (componentes do

sistema), seus atributos (características) e seus métodos (ações). Também se evidencia as relações de interação entre objetos no diagrama de classes. O modelo explicativo de uma classe é exposto no quadro 10.

Quadro 10. Classe do diagrama UML

Nome da classe
Atributos da classe (características dos objetos pertencentes à classe)
Métodos da classe (ações que os objetos contidos nesta classe podem realizar)

Fonte: Própria (2018)

No tocante à relação de interação entre as classes UML no diagrama, foram utilizados conectores padrões da notação, como por exemplo a relação de composição exposta a figura 34, que indica que os elementos (classes) 'Plano de Custos de Materiais' e 'Plano de Custos de Mão de Obra' compõe o 'Plano Financeiro', parte importante da etapa de S&OP.

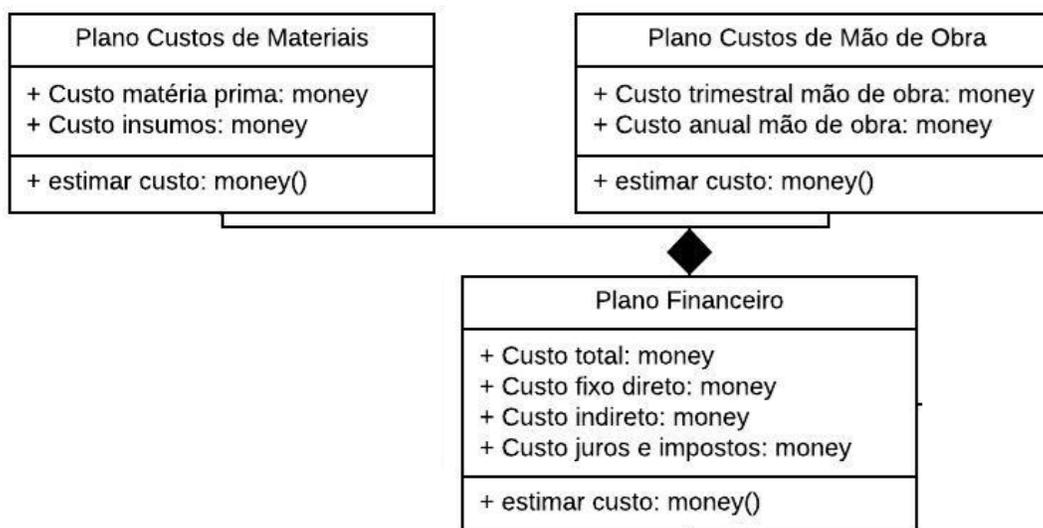


Figura 34. Exemplo de relação de composição da notação UML

Fonte: Própria (2018)

Outra relação de inteiração é a de agregação, onde a classe agregada não é parte componente exclusiva da classe agregadora, mas atua como parte adicional importante. A figura 35 representa a classe agregada 'Feedback do Plano Agregado' que pode ou não ser útil à classe agregadora 'Planejamento Mestre da Produção'.

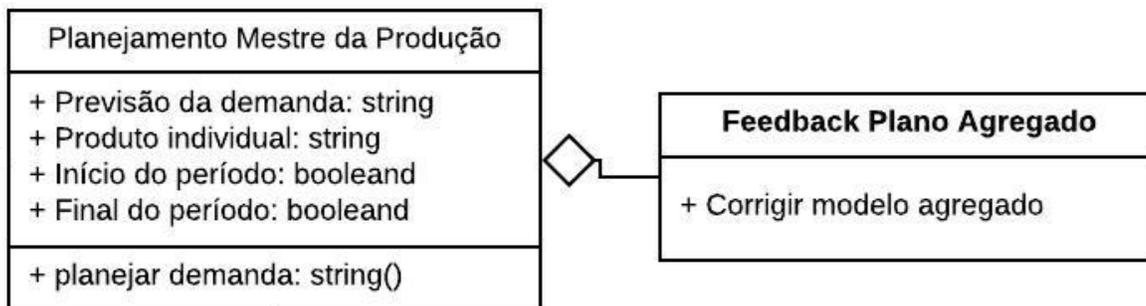


Figura 35. Exemplo de relação de agregação da notação UML

Fonte: Própria (2018)

Através da diagramação UML nos modelos de PCP, tem-se também o recurso de interação quantitativa, onde uma mesma classe pode ser descrita em termos de sua quantidade na relação de interação.

Um exemplo disto é mostrado na figura 36: a Lista de Materiais do MRP I, que é representada por uma única classe (ou Lista por Níveis ou Lista por Fases), se conecta às outras classes que, por sua vez, podem ser descritas quantitativamente na notação "0..*", indicando que uma lista pode ter de 0 a infinitos produtos e peças.

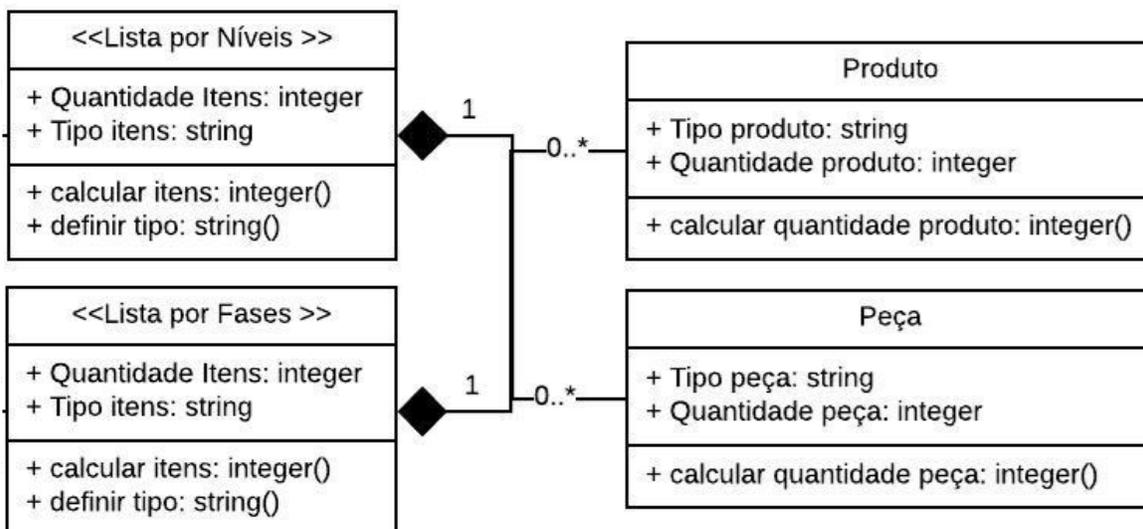


Figura 36. Exemplo de relação quantitativa da notação UML

Fonte: Própria (2018)

O recurso da realização, amplamente utilizado na notação UML, denota que uma classe utiliza uma outra classe como sua interface de aplicação para que suas operações sejam realizadas.

O exemplo da figura 37 mostra que um dos cálculos relativos à classe Capacidade de Produção é realizado pela operação da classe Lote Econômico de Produção, que pode ser modelado de forma matemática, inclusive.

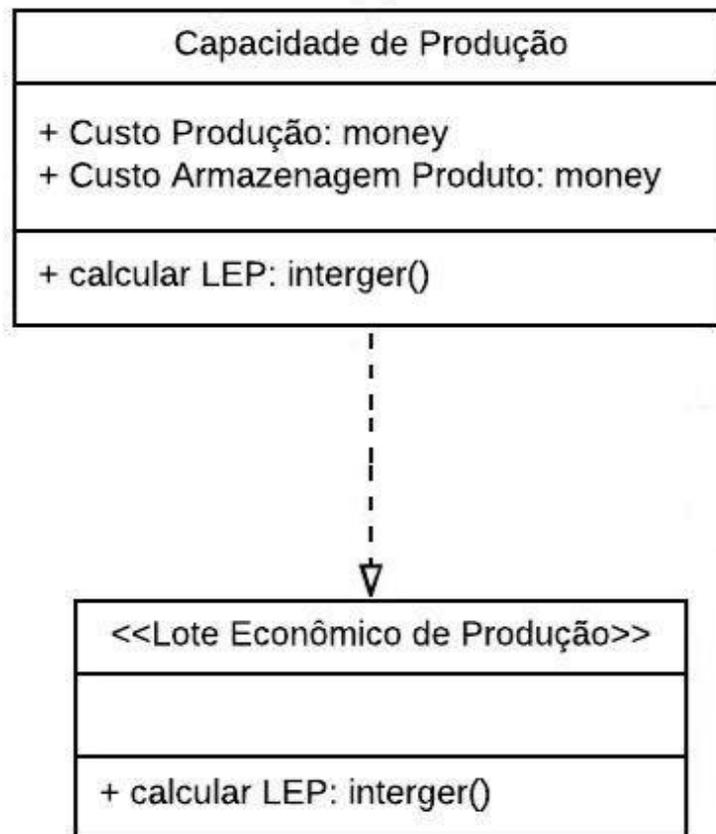


Figura 37. Exemplo de relação de realização da notação UML

Fonte: Própria (2018)

Outro recurso utilizado na modelagem, foi uma adaptação dos conectores de associação do UML para representar o fluxo informacional de dados e métricas entre classes. O termo “oferece *input*” representa o fato de uma classe alimentar a outra com informações necessárias para a fluidez do processo de PCP como um todo.

Nesta pesquisa, os conectores de associação são utilizados quando não há relação de composição nem de agregação entre as classes, mas há o fluxo de informação necessário para continuidade das operações do PCP. A figura 38 denota um exemplo do fluxo informacional citado.

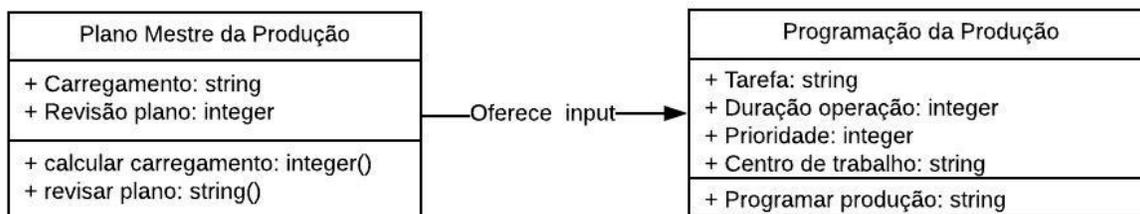


Figura 38. Exemplo de relação informacional da notação UML

Fonte: Própria (2018)

Os autores Guizzard, Almeida e Guizzardi (2015), reforçam a importância dos conectores do diagrama de classes da UML dizendo que sem eles a modelagem seria um conjunto de partes isoladas, ou seja, o modelo conseguiria representar os artefatos da realidade, mas não conseguiria denotar a relação entre eles.

Como forma eficiente de representação, estabelece-se dentro da modelagem UML o conceito de hierarquia do PCP, iniciando-se assim com os aspectos mais estratégicos (S&OP e Planejamento Agregado), passando pelos componentes táticos que configuram as decisões de materiais e capacidade (Planejamento Mestre e MRP I), até a parte mais operacional do PCP (Programação da Produção).

A modelagem UML se mostra adequada ao padrão hierárquico intrínseco às divisões internas do PCP e demonstrada por diversos autores como: Heizer & Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Gianesi e Caon (2009); Martins e Laugeni (2009); Davis, Aquilano e Chase (2001).

A modelagem hierárquica empresarial UML dos temas de PCP é conferida nas seções 4.1.1 a 4.1.8.

4.2. Modelagem UML do S&OP e Planejamento Agregado

A modelagem do S&OP se inicia com os *inputs* recebidos dos departamentos de *Marketing*, Manufatura (Operações), Engenharia (P&D) e financeiro (Custos). Seus principais conceitos são conferidos no quadro 11.

Quadro 11: Conceitos intrínsecos ao Planejamento Agregado

Planejamento Agregado e S&OP	Horizonte de longo prazo
	Estratégia de produção
	Produção agregada
	Família de produtos
	Estoques por famílias
	Custos de estocagem

Fonte: própria (2018)

Nesse contexto, torna-se possível perceber como a função produção, e consequentemente o PCP, se relacionam com os departamentos de uma empresa. Engendrando assim, um caráter de dinamismo e realidade aproximados do cenário de planejamento de operações que acontece em uma organização.

O Planejamento Agregado da Produção, por sua vez, tem seu ponto de partida no cálculo da previsão de demanda por família de produto, que é também chamada de demanda agregada na literatura científica

A previsão demanda agregada geralmente é calculada a partir de fórmulas matemáticas que utilizam como base os dados históricos da produção, como: média móvel simples e ponderada, regressão linear ou suavização exponencial.

Os próximos passos para o entendimento didático do plano agregado estão na compreensão do planejamento de capacidade agregada a ser adotada. Tal planejamento segue estratégias fáceis de assimilar na prática quando se imagina o *hall* de possíveis decisões a serem tomadas pelo gerente de produção.

- a) Política de Capacidade/Produção Constante: onde a produção é nivelada para produzir sempre a mesma quantidade; Facilitando o planejamento de recursos materiais, mão-de-obra e instalações; Criando estoques de antecipação para períodos de pico de demanda.

- b) Política de Acompanhamento da Demanda: onde decisões referentes à contratação/demissão, subcontratação e horas extras/ociosidade são planejadas em ordem de ser manter uma utilização eficiente de mão-de-obra na produção da quantidade determinada pela demanda próxima.
- c) Política Mista (ou Gerenciamento da Demanda): onde características das duas políticas anteriores podem ser adotadas de acordo com a conveniência da situação interpretada pelo gerente de produção.

Após ter a estratégia de capacidade/produção definida, faz-se necessário calcular os custos de mão de obra (hora normal, hora extra ou hora subcontratada) para a definição da estratégia de menor custo à empresa.

No tocante aos custos com matéria-prima e consumíveis, a fase do Planejamento Agregado foca em informações referentes as necessidades materiais geradas pela produção da família de produtos.

Em relação aos custos de estocagem, tem-se o custo de instalações no S&OP, onde o nível de tomada de decisão possui caráter altamente estratégico. Já no Planejamento Agregado, os custos de estocagem são referentes às famílias de produtos, como o custo de armazenagem, por exemplo.

Tratando-se especificamente das questões do horizonte de longo prazo, é estimada a receita bruta a partir do preço unitário do quantitativo das famílias de produtos planejadas. O ROI (*Return on Investment*) é calculado levando em conta a projeção dos custos totais no Plano Agregado.

Tais situações impostas exploram aspectos da vivência prática e relacionados à experiência no chão de fábrica e no ambiente organizacional. A proposta da presente dissertação consiste no *software* voltado ao ensino-aprendizagem dos temas inerentes ao PCP que tem, por sua vez, como um de seus diferenciais uma abordagem mais prática e tangível do dinamismo do cenário real do ambiente de produção numa empresa.

No quadro 12 os aspectos do Planejamento Agregado e seu respectivo referencial teórico utilizado no modelo do software educacional são descritos.

Quadro 12: Referencial teórico utilizado na modelagem da Planejamento Agregado

#	Aspectos do S&OP e Planejamento Agregado	Autores
1	Horizonte de planejamento de longo prazo	Entezaminia, Heydari e Rahmani (2016); Fleischmann, Meyr & Wagner (2015); Gansterer (2015); Heizer e Render (2014); Olhager (2013); Corrêa e Corrêa (2012); Olhager, Rudberg & Wikner (2001).
2	Agrupamento de produtos por famílias	Entezaminia, Heydari e Rahmani (2016); Gansterer (2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Olhager, Rudberg & Wikner (2001).
3	Definição da estratégia da produção : a) produção/capacidade constante; b) acompanhamento de demanda; c) estratégia mista;	Fleischmann, Meyr & Wagner (2015), Gansterer (2015), Olhager (2013), Corrêa, Gianesi e Caon (2009), Martins e Laugeni (2009), Tubino (2007).
	Definição da estratégia da produção : a) produção/capacidade constante; b) acompanhamento de demanda; c) gerenciamento da demanda	Heizer e Render (2014)
4	Custos produtivos como fator de tomada de decisão (ex: custo hora normal, extra e subcontratada; custos de armazenagem, de aluguel de galpão e de instalações; custo com atraso ou perda de venda; matéria prima e consumíveis)	Heizer e Render (2014); Olhager (2013), Munhoz e Morabito (2013), Corrêa e Corrêa (2012), Fernandes e Godinho (2010), Corrêa, Gianesi e Caon (2009) Martins e Laugeni (2009) e Stevenson (2001).
5	Utilização de dados históricos para o cálculo	Fleischmann, Meyr &

	da previsão de demanda agregada (ex: média móvel simples e ponderada; suavização exponencial; e regressão linear).	Wagner (2015), Gansterer (2015), Heizer e Render (2014); Olhager (2013), Corrêa, Gianesi e Caon (2009), Martins e Laugeni (2009), Tubino (2007).
6	Cálculo da previsão de vendas a partir dos dados da capacidade agregada projetada e previsão de demanda.	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012), Martins e Laugeni (2009), e Stevenson (2001).
7	No plano agregado da produção, definição da quantidade de produtos (agrupados por classe/família) atrelados a sua necessidade de mão de obra (produção normal, extra e subcontratada).	Fleischmann, Meyr & Wagner (2015), Heizer e Render (2014); Gansterer (2015), Olhager (2013),
8	Definição dos estoques agregados de produtos .	Entezaminia, Heydari e Rahmani (2016); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012), Martins e Laugeni (2009)
9	Cálculos dos custos totais referentes ao processo produtivo.	Fleischmann, Meyr & Wagner (2015), Gansterer (2015), Heizer e Render (2014); Olhager (2013), Corrêa e Corrêa (2012), Tubino (2007).
10	Cálculo da receita bruta referente ao processo produtivo	Corrêa e Corrêa (2012), Corrêa, Gianesi e Caon (2009), Martins e Laugeni (2009)
11	Cálculo do retorno de investimento .	Corrêa, Gianesi e Caon (2009), Martins e Laugeni (2009).
12	Feedback ao plano agregado da produção.	Heizer e Render (2014); Martins e Laugeni (2009).

Fonte: Própria (2018)

O Planejamento Agregado, por sua vez, divide-se diretamente em três classes principais: Planejamento de Mão de Obra, Planejamento da Capacidade e Planejamento de Recursos Materiais.

Tais classes engendram especificidade aos objetivos do PA, deixando mais claro as políticas de Capacidade Constante, Gestão (Acompanhamento) da Demanda, e Estratégia Mista que participam como interfaces de aplicação ao modelo de administração da demanda a ser adotado.

A administração dos estoques de famílias de produtos (adequados ao nível estratégico) desempenha papel importante e parte final na composição do Plano Agregado que, por sua vez, será *input* no Planejamento Mestre da Produção.

Como se pode conferir na figura 39, no tocante aos aspectos introdutórios do modelo, as características evidentes do Planejamento Agregado da Produção estruturam-se nas bases econômico-financeira, de engenharia, de manufatura e de *marketing* fornecidas pelo Planejamento de Vendas e Operações, o S&OP, representando pelo caráter estratégico das decisões tomadas neste estágio.

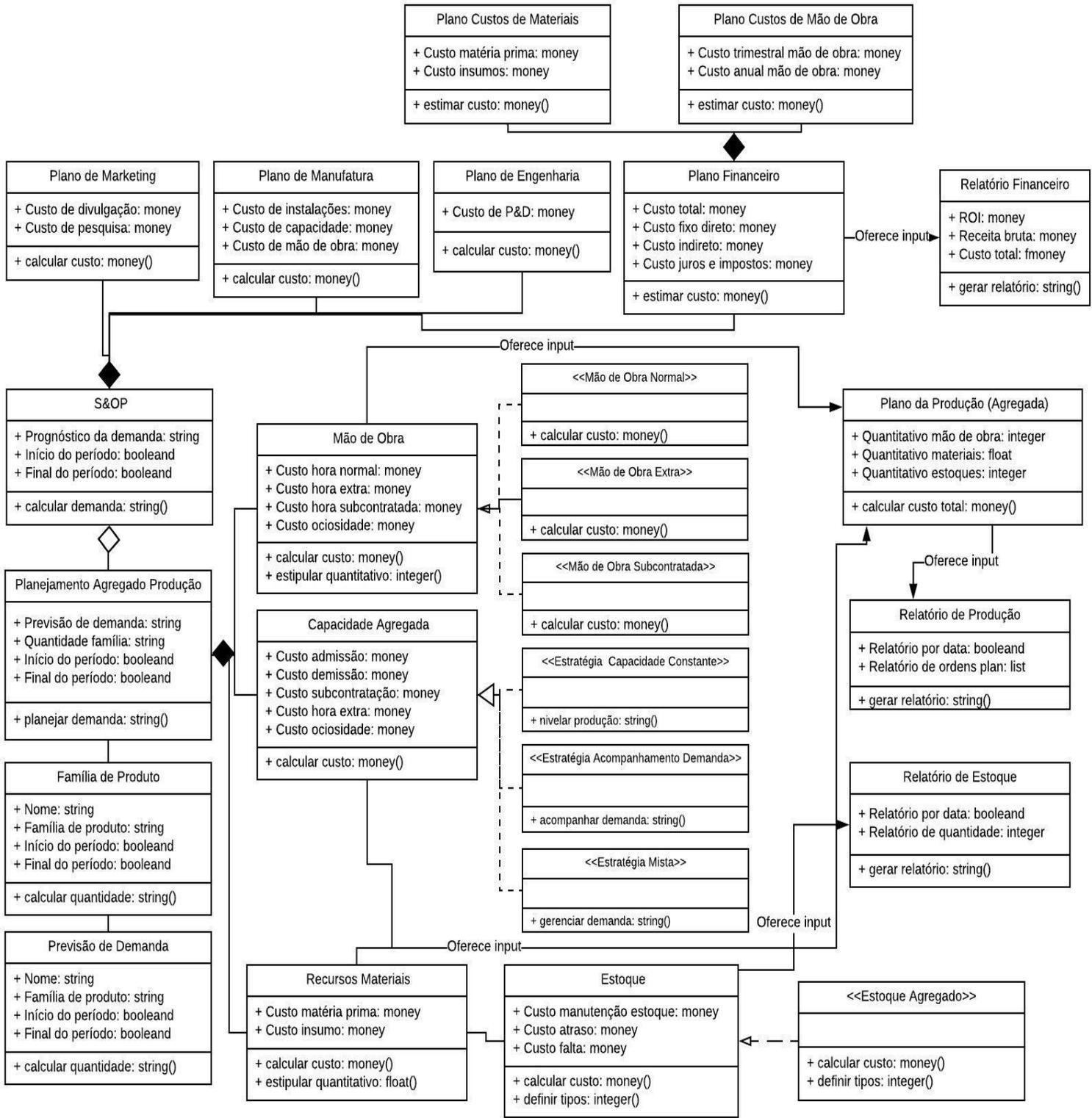


Figura 39. Modelo de Planejamento Agregado e S&OP em UML

Fonte: Própria (2018)

4.3. Modelagem UML do Planejamento Mestre da Produção

O aspecto inicial e também característica principal do Planejamento Mestre da Produção a ser tratado na modelagem do *software* educacional é a desagregação da demanda. Ou seja, o desmembramento das quantidades de famílias de produtos em produtos específicos, individuais. No quadro 13 são conferidos os principais conceitos do Planejamento Mestre.

Quadro 13: Conceitos intrínsecos ao Planejamento Mestre

Planejamento Mestre da Produção	Horizonte de médio prazo
	Estratégia de produção
	Produção desagregada
	Produtos Individuais
	Custos de estocagem

Fonte: própria (2018)

Semelhante às classes de demanda, a capacidade retratada no Planejamento Agregado da Produção se faz presente no Plano Mestre de maneira também desagregada, conseqüentemente. A partir desse fato e com o cálculo do estoque projetado, a organização tem uma informação valiosa para pode prever aos clientes quando o produto estará disponível para ser realizado como pedido em carteira.

Para a classe Plano de Produção desempenhar seus métodos, faz-se necessário o suprimento à tal produção. O Planejamento dos Recursos Materiais, ou MRP I, desempenha função importante na eficiência geral do Planejamento Mestre. Isto, por exibir caráter mais prático e operacional, tendo seu planejamento desenvolvido a partir de uma perspectiva de maior especificidade, e bem próximo do chão de fábrica e linha de produção.

No quadro 14, os aspectos do Planejamento Mestre e seu respectivo referencial teórico utilizado no modelo do *software* educacional são descritos.

Quadro 14: Referencial teórico utilizado na modelagem da Planejamento Mestre

#	Aspectos do Planejamento Mestre	Autores
1	Horizonte de planejamento de médio prazo	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012)
2	Desagregação dos produtos (produtos individuais)	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Giansesi e Caon (2009); Silva, Almeida e Roque (2006).
3	Custos da produção desagregada como fator de tomada de decisão (ex: custo mão de obra; custos de armazenagem; custo de produção; custo com atraso ou perda de venda; matéria prima e consumíveis).	Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Giansesi e Caon (2009), Tubino (2007)
4	Conceito de lote econômico de produção	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Domingos, Politano e Pereira (2015); Martins e Laugeni (2009); Silva, Almeida e Roque (2006); Stevenson (2001).
5	Definição dos estoques de produtos individuais .	Corrêa e Corrêa (2012); Domingos, Politano e Pereira (2015).
6	Cálculo do estoque projetado (recebimentos programados + estoque disponível).	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Domingos, Politano e Pereira (2015); Silva, Almeida e Roque (2006).
7	Conceito de estoque de segurança de produtos individuais	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Domingos, Politano e Pereira (2015).
8	No plano mestre, definição da quantidade de produtos individuais atrelados ao período temporal (mês ou semana), sua necessidade de mão de obra e matéria prima/ peças (MRP I).	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Silva, Almeida e Roque (2006).
9	Feedback ao plano mestre da produção.	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012), Domingos, Politano e Pereira (2015); Tubino (2007)

Fonte: Própria (2018)

Confere-se na figura 40 que o planejamento desta nova demanda desagregada, específica e de caráter tático, envolve estratégia e operacionalidade ao considerar a relação de pedidos fechados e dos pedidos em carteira para compor o quantitativo de produtos a serem fabricados. Naturalmente, o plano de produção e o estoque projetado são considerados para a totalização deste quantitativo.

4.4. Modelagem UML do MRP I

O MRP I tem em sua estrutura base a função de auxílio ao Plano Mestre da Produção, fornecendo os materiais necessários à montagem dos produtos finais. Na abordagem educacional, trata-se o MRP I como ferramenta fundamental para o suprimento e continuidade da linha de produção, principalmente em produtos de alta complexidade e quantidade de componentes e estágios produtivos.

Os Tempos de Ressuprimento, a Lista de Materiais e o Gerenciamento de Estoques são classes componentes diretas do MRP I e de extrema relevância para o seu funcionamento eficiente. Faz-se recorrente na literatura científica prática o argumento de que a falta de acurácia nos estoques é o fator predominante para o insucesso de programas de implantação de sistemas de Planejamento de Recursos Materiais. No quadro 15 se confere os principais.

Quadro 15: Conceitos intrínsecos ao MRP I

MRP I	Horizonte de curto prazo Lista de materiais Necessidades brutas dos materiais Estoques projetados dos materiais Níveis dos estoques de segurança dos componentes Lote econômico de compra Tempo de ressuprimento Prazos de entrega dos materiais
--------------	---

Fonte: Própria (2018)

O conceito Estoque de Segurança (tratado como classe de interface de aplicação no modelo UML) ilustra a função de *backup* ou redundância do MRP I ao desempenhar a função de evitar a falta de estoque de peças na produção planejada no Planejamento Mestre da Produção, evitando assim interrupções na linha de produção.

No quadro 16, os aspectos do MRP I e seu respectivo referencial teórico utilizado no modelo do software educacional são descritos.

Quadro 16: Referencial teórico utilizado na modelagem do MRP I

#	Aspectos do MRP I	Autores
1	Horizonte de planejamento de curto prazo	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012),
2	Definição das necessidades materiais para suprir a produção	Heizer e Render (2014); Domingos, Politano e Pereira (2015); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Giansesi e Caon (2009); Martins e Laugeni (2009); Davis; Aquilano e Chase (2001).
3	Cálculo do estoque projetado (recebimentos programados + estoque disponível).	Domingos, Politano e Pereira (2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Giansesi e Caon (2009); Davis; Aquilano e Chase (2001).
4	Conceito de lote econômico de compra	Girotti e Mesquita (2016); Domingos, Politano e Pereira (2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Davis; Aquilano e Chase (2001).
5	Conceito de tempo de ressuprimento	Girotti e Mesquita (2016); Domingos, Politano e Pereira (2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Davis; Aquilano e Chase (2001).
6	Conceito de ordem de montagem	Heizer e Render (2014); Domingos, Politano e Pereira (2015); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Giansesi e Caon (2009).
7	Conceito de lista de materiais	Heizer e Render (2014); Domingos, Politano e Pereira (2015); Girotti e Mesquita (2016); Corrêa e Corrêa(2012); Lustosa, Mesquita e Oliveira (2008); Davis; Aquilano e Chase (2001).

8	No plano das necessidades materiais, definição das quantidade de peças, consumíveis e matérias primas necessários à produção.	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa(2012).
9	Feedback ao MRP I	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa(2012).

Fonte: Própria (2018)

Uma abordagem mais operacional, visando a qualidade do ensino-aprendizagem como proposta do *software* educacional, é apresentada através da exploração do entendimento dos componentes do MRP I por parte dos alunos antes mesmo da apresentação da teoria geral e completa do tema, como pode se visto na figura 41.

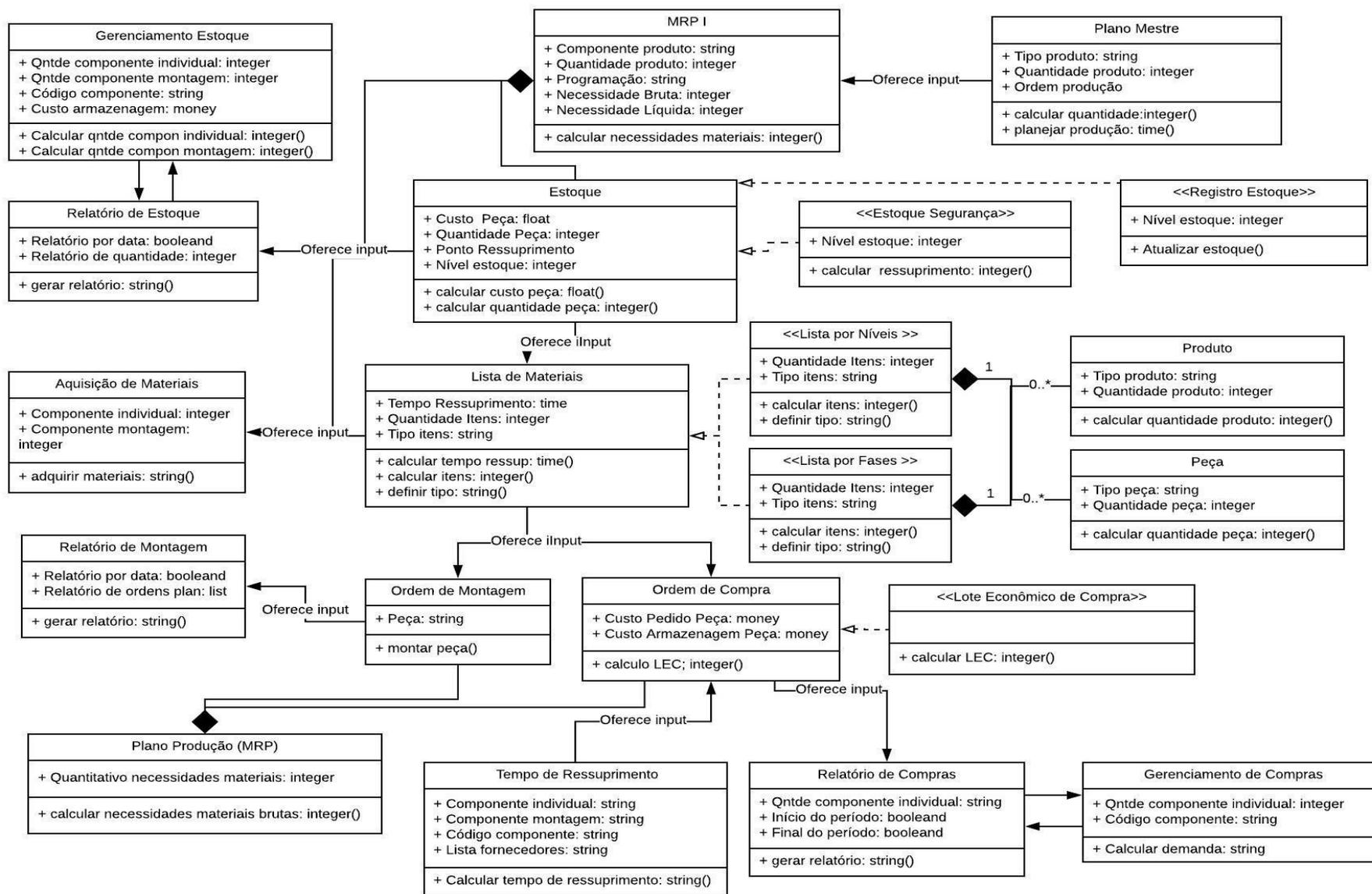


Figura 41. Modelo de MRP I em UML

Fonte: Própria (2018)

4.5. Modelagem UML da Programação da Produção

Na fase de modelagem da parte que exhibe caráter mais operacional do PCP, os aspectos inerentes de: alocação de carga de trabalho; sequenciamento; e controle são explorados. Na Programação da Produção, a informação predominante a ser incorporada pelo *software* educacional acontece no chão de fábrica. No quadro 17 são conferidos os principais conceitos acerca da Programação da Produção.

Quadro 17: Conceitos intrínsecos a Programação da Produção

Programação da Produção	Horizonte de curtíssimo prazo
	Sequenciamento da produção
	Alocação de tarefas
	Regra de prioridade
	Tempo de produção dos componentes
	Programação da produção

Fonte: Própria (2018)

A especificidade dos critérios, bem como opções, para tomada de decisão é evidente. Na modelagem UML, tais critérios foram representados como atributos das classes representativas das opções de sequenciamento da produção. Nesta parte do PCP, a engenharia de produção deve se atentar a influência da classe dos Fatores inerentes à priorização de variação e volume ocorrendo na linha de produção.

Neste contexto, diversos autores citam a Alocação da Carga de Trabalho e o Controle da Produção como a essência da administração das operações contínuas no chão de fábrica, trabalhando com informações precisas provenientes de planejamentos de curto prazo.

No quadro 18, os aspectos da Programação da Produção e seu respectivo referencial teórico utilizado no modelo do software educacional são descritos.

Quadro 18: Referencial teórico utilizado na modelagem da Programação da Produção

#	Aspectos da Programação da Produção	Autores
1	Horizonte de planejamento de curtíssimo prazo	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012).
2	Definição das necessidades materiais para suprir a produção	Heizer e Render (2014); Hendry, Huang e Stevenson (2013); Corrêa e Corrêa (2012); Lustosa, Mesquita e Oliveira (2008); Tubino (2007); Zäpfel e Missbauer (1993).
3	Custos da produção programada como fator de tomada de decisão (ex: custos de máquina; custo de produção; custo com atraso na entrega).	Heizer e Render (2014); Hendry, Huang e Stevenson (2013); Tubino (2007).
4	Cálculo do tempo de entrega do produto (data prometida)	Heizer e Render (2014); Tubino (2007).
5	Conceito de sequenciamento da produção os componentes ou produtos na linha de produção de acordo com a regra adotada (FIFO, LIFO, MeTFa, MeDE e MeTFo).	Heizer e Render (2014); Hendry, Huang e Stevenson (2013); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Giansi e Caon (2009); Martins e Laugeni (2009); Tubino (2007); Stevenson (2001).
6	Conceito de regras de priorização da produção por regras (FIFO, LIFO, data prometida, Regra de Johnson, tempo de produção).	Heizer e Render (2014); Hendry, Huang e Stevenson (2013); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Giansi e Caon (2009); Martins e Laugeni (2009); Tubino (2007); Stevenson (2001).
7	Conceito de alocação de carga (relacionado a plantas com diferentes máquinas e/ou métodos de produção)	Heizer e Render (2014); Hendry, Huang e Stevenson (2013); Corrêa e Corrêa (2012); Lustosa, Mesquita e Oliveira (2008); Tubino (2007); Zäpfel e Missbauer (1993).
8	Conceito de gráfico de Gantt como controle da produção	Heizer e Render (2014); Hendry, Huang e Stevenson

		(2013); Corrêa e Corrêa (2012); Martins e Laugeni (2009); Lustosa, Mesquita e Oliveira (2008); Tubino (2007).
9	<p>No plano da produção programado definição das datas e quantidade de produtos individuais atrelados ao período temporal (dias ou semanas), sua necessidade de máquina (alocação carga) e prioridade na produção.</p>	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Tubino (2007).

Fonte: Própria (2018)

A figura 42 mostra o detalhamento dos elementos de sequenciamento da programação, explicitando as opções existentes para a tomada de decisão do gerente de produção acerca dos critérios de eficiência e restrição que impactam diretamente na produtividade da organização.

4.6. Modelagem UML do Planejamento de Capacidade de Longo Prazo-RRP

O RRP ou Planejamento de Capacidade de Longo Prazo se estabelece nos conceitos estratégicos e de longo prazo sobre capacidade a ser utilizada no PCP. Seu início acontece com a definição da família de produtos e tem alinhamento direto com a etapa de planejamento do S&OP e Planejamento Agregado.

O cálculo da capacidade planejada, seguindo as premissas da tomada de decisão nesta fase estratégica oferece as opções: capacidade normal, subcontratada e capacidade extra. Um panorama com os principais conceitos intrínsecos ao Planejamento das Necessidades de Recursos é exibido no quadro 19.

Quadro 19: Conceitos intrínsecos ao RRP

RRP	Capacidade de produção agregada Capacidade extra planejada Horizonte de longo prazo Capacidade subcontratada planejada Taxa de carregamento Valor da hora-homem trabalhada Alinhamento com Planejamento Agregado
------------	--

Fonte: Própria (2018)

No contexto do cálculo a ser realizado da capacidade de mão de obra, faz-se a coleta de dados das informações: quantidade de mão-de-obra, taxa de produção agregada e período de trabalho. Analogamente, o cálculo da capacidade subcontratada e extra considera os mesmos fatores, obtendo-se desta maneira a capacidade total de produção planejada.

A taxa de carregamento está diretamente relacionada com capacidade total planejada e leva em consideração o cálculo do valor da hora-homem trabalhada, para cálculo dos custos de produção. Custos com estoques de famílias de

produtos do Planejamento Agregado também compõem o valor final dos custos produtivos

Como resultado final, é emitido o plano da capacidade de longo prazo com as informações pertinentes a estratégia de capacidade utilizada no PCP. O quadro 20 relaciona os principais aspectos do Planejamento das Necessidades de Recursos com seu respectivo referencial teórico.

Quadro 20: Referencial teórico utilizado na modelagem do RRP

#	Aspectos do RRP	Autores
1	Horizonte de planejamento de longo prazo	Munhoz e Morabito (2013), Corrêa e Corrêa (2012) e Arnold, Rimoli e Esteves (2006).
2	Agrupamento de produtos por famílias	Mukhopadhyay (2013), Corrêa e Corrêa (2012) e Olhager, Rudberg e Wikner (2001).
3	Definição da estratégia da produção : d) produção/capacidade constante; e) acompanhamento de demanda; f) estratégia mista;	Fleischmann, Meyr & Wagner (2015), Gansterer (2015), Olhager (2013), Corrêa, Giansesi e Caon (2009), Martins e Laugeni (2009), Tubino (2007).
4	Definição da estratégia da produção : d) produção/capacidade constante; e) acompanhamento de demanda; f) gerenciamento da demanda	Heizer e Render (2014)
5	Custos produtivos como fator de tomada de decisão (ex: custo hora normal, extra e subcontratada; custos de armazenagem, de aluguel de galpão e de instalações; custo com atraso ou perda de venda; matéria prima e consumíveis)	Heizer e Render (2014); Olhager (2013), Munhoz e Morabito (2013), Corrêa e Corrêa (2012), Fernandes e Godinho (2010), Corrêa, Giansesi e Caon (2009) Martins e Laugeni (2009) e Stevenson (2001).
6	Conceito capacidade de produção normal de longo prazo.	Entezaminia, Heydari e Rahmani (2016); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012), Martins e

		Laugeni (2009)
7	Cálculo da capacidade de produção extra de longo prazo.	Fleischmann, Meyr & Wagner (2015), Gansterer (2015), Heizer e Render (2014); Olhager (2013), Corrêa e Corrêa (2012), Tubino (2007).
8	Cálculo da capacidade de produção subcontratada de longo prazo.	Corrêa e Corrêa (2012), Corrêa, Giansesi e Caon (2009), Martins e Laugeni (2009)
9	Conceito de taxa de carregamento .	Corrêa, Giansesi e Caon (2009), Martins e Laugeni (2009).
10	Elaboração do plano de capacidade de longo prazo	Heizer e Render (2014); Martins e Laugeni (2009).
11	Feedback ao plano das necessidades de recursos	Heizer e Render (2014); Martins e Laugeni (2009).

Fonte: Própria (2018)

A figura 43 mostra o detalhamento dos elementos de Planejamento de Capacidade de Longo Prazo.

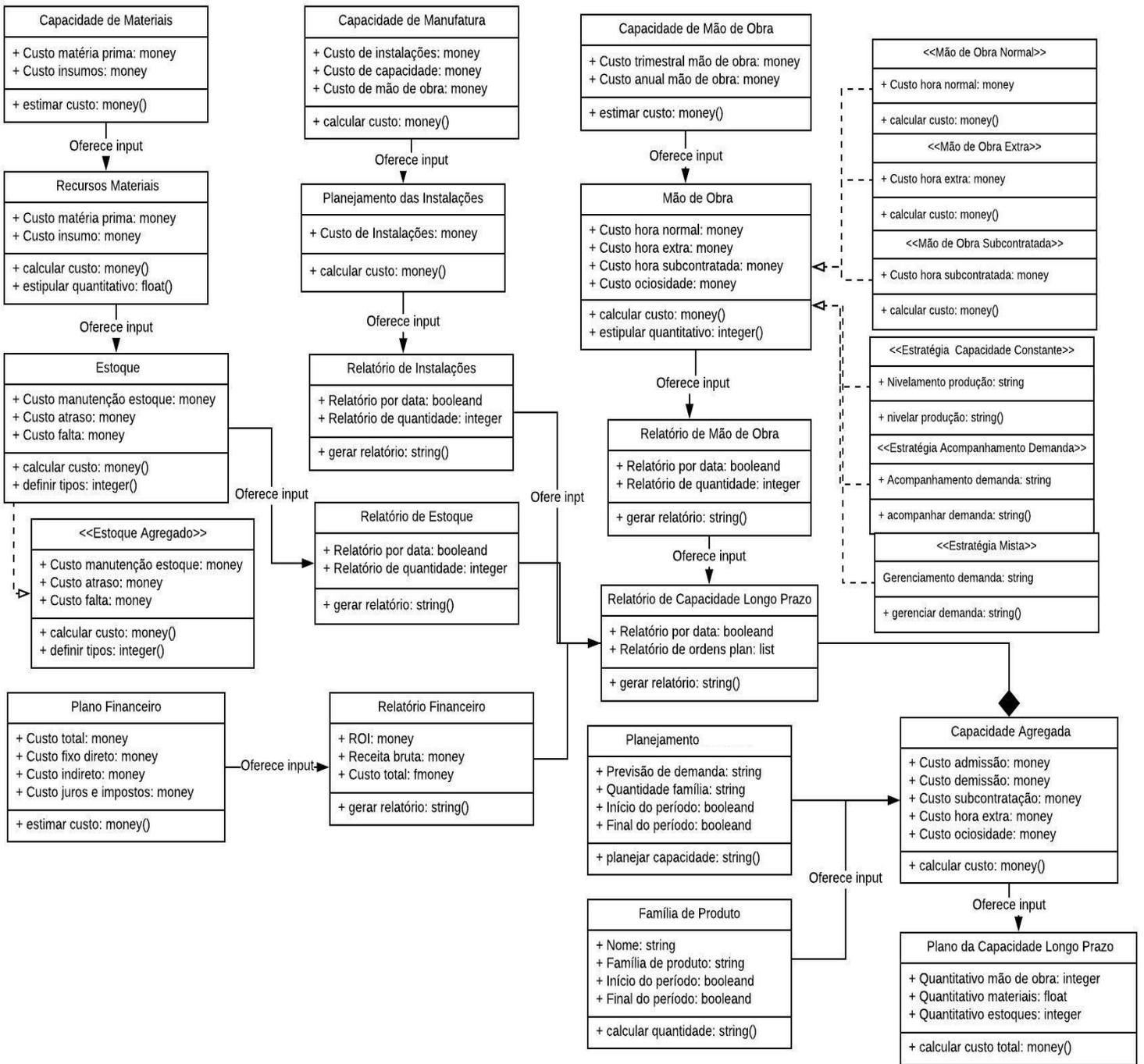


Figura 43. Modelo de RRP em UML

Fonte: Própria (2018)

4.7. Modelagem UML do Planejamento de Capacidade de Médio Prazo-RCCP

No RCCP ou Planejamento de Capacidade de Médio Prazo a tomada de decisão em relação aos termos de capacidade são definidos de acordo com o que foi estabelecido pelo Planejamento Mestre, utilizando-se produtos desagregados e o tempo de planejamento de médio prazo. O quadro 21 mostra os principais conceitos acerca do Planejamento Aproximado das Necessidades.

Quadro 21: Conceitos intrínsecos ao RCCP

RCCP	Capacidade de produção desagregada Horizonte de médio prazo Período diário de trabalho Capacidade de mão-de-obra Tempos de setup Alinhamento com Plano mestre
-------------	--

Fonte: Própria (2018)

Para esta fase do planejamento da capacidade de médio prazo, realiza-se o cálculo da capacidade necessária de produção, adotando a quantidade de produtos individuais definidos no Plano Mestre De Produção.

A taxa de produção e a capacidade de mão-de-obra disponível são os dados utilizados para o cálculo dos tempos de *setup* do processo produtivo e também da consolidação da capacidade instalada de produção.

Faz-se, também, necessário o cálculo da taxa de carregamento, realizado através da capacidade total necessária de produção e a capacidade instalada de produção. Após tais cálculos serem concluídos, tem-se os dados completos para a emissão do Plano Aproximado das Necessidades. No quadro 22 tem-se os conceitos deste planejamento atrelado ao seu respectivo referencial teórico.

Quadro 22: Referencial teórico utilizado na modelagem do RCCP

#	Aspectos de RCCP	Autores
1	Horizonte de planejamento de médio prazo	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012)
2	Desagregação dos produtos (produtos individuais)	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Gianesi e Caon (2009); Silva, Almeida e Roque (2006).
3	Custos da capacidade desagregada como fator de tomada de decisão (ex: custo mão de obra; custos de armazenagem; custo de produção; custo com atraso ou perda de venda; matéria prima e consumíveis).	Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Gianesi e Caon (2009), Tubino (2007)
4	Conceito de capacidade necessária da produção mestre.	Corrêa, Gianesi e Caon (2009), Tubino (2007)
5	Conceito de capacidade instalada da produção mestre.	Corrêa, Gianesi e Caon (2009), Tubino (2007)
6	Conceito de taxa de carregamento.	Martins e Laugeni (2009).
7	Elaboração do capacidade de médio prazo	Heizer e Render (2014); Martins e Laugeni (2009).
8	Feedback ao plano aproximado das necessidades	Heizer e Render (2014); Martins e Laugeni (2009).

Fonte: Própria (2018)

A figura 44 mostra o detalhamento dos elementos de Planejamento de Capacidade de Médio Prazo.

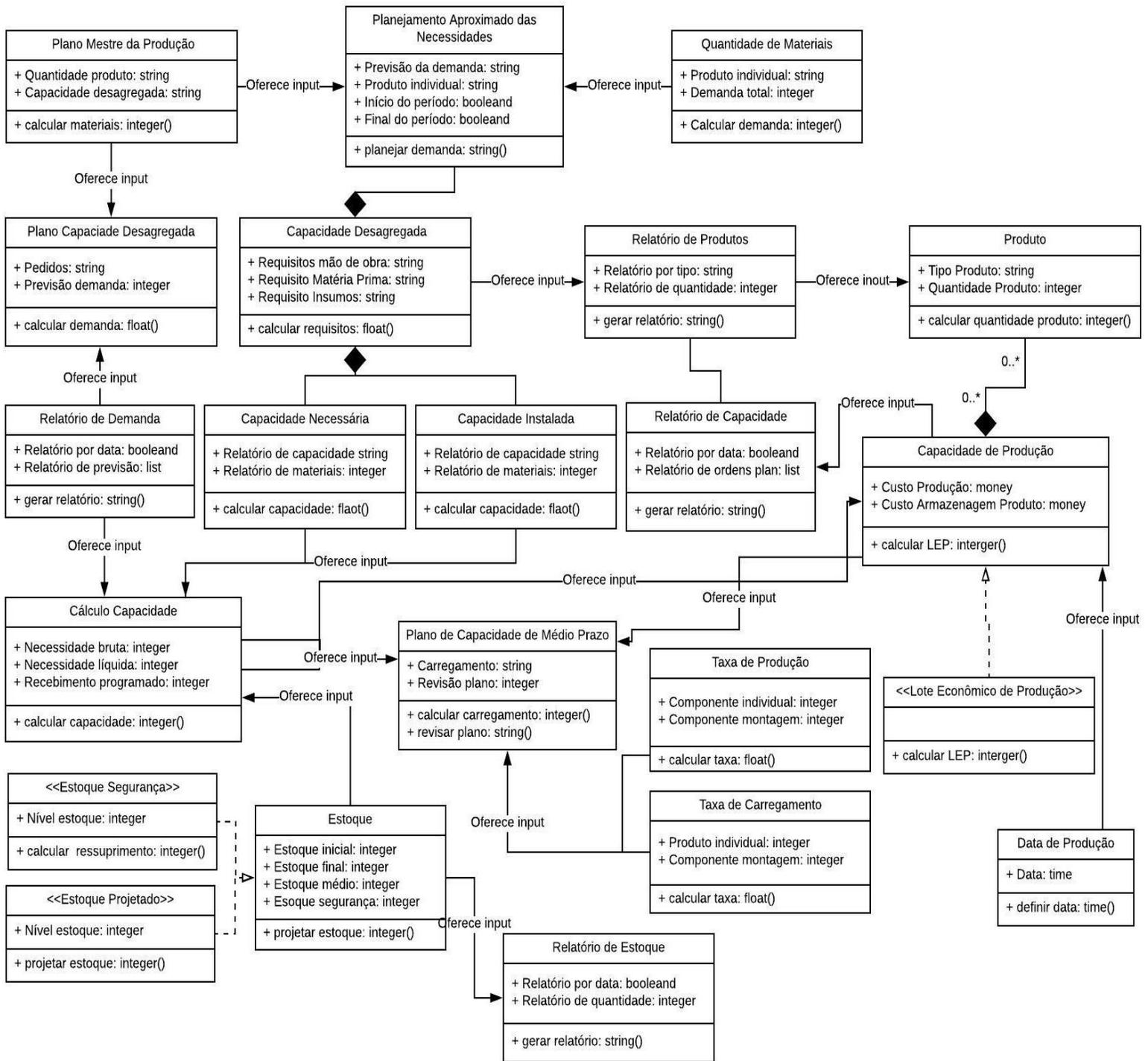


Figura 44. Modelo de RCCP em UML

Fonte: Própria (2018)

4.8. Modelagem UML do Planejamento de Capacidade de Curto Prazo-CRP

No CRP ou Planejamento de Capacidade de Curto Prazo, as atribuições de tomada de decisões acerca da capacidade são estabelecidas no ambiente mais operacional do PCP, representando a base da hierarquia.

Neste contexto, este planejamento da capacidade está diretamente relacionado ao com o que foi estabelecido pelo MRP I, levando em consideração o cálculo do tempo total de *setup* de todos os materiais (itens e produtos) através da lista de materiais. O quadro 23 fornece uma visão dos conceitos inerentes ao Planejamento de Capacidade de Curto Prazo.

Quadro 23: Conceitos intrínsecos ao CRP

CRP	Capacidade de produção no MRP (itens e produtos) Horizonte de curto prazo Capacidade Instalada Jornada de trabalho diária Quantidade de mão-de-obra Tempos de resuprimento Tempos de <i>setup</i>
------------	---

Fonte: Própria (2018)

A capacidade total necessária de produção e a capacidade instalada de produção são as bases utilizadas para o cálculo da taxa de carregamento do processo produtivo referente ao MRP I.

Entretanto, para a emissão do Planejamento de Capacidade de Curto Prazo, no contexto da fase de realização do cálculo da capacidade necessária de produção, utiliza-se a quantidade de materiais a ser usada no produto final subtraído dos recebimentos programados e estoque projetado.

Finalmente o CRP é emitido com a consolidação da capacidade instalada de produção, que para seu cálculo deve-se levar em conta as seguintes variáveis: dias úteis de trabalho, jornada de trabalho e horas extras de trabalho.

Este nível de planejamento está bem próximo ao ambiente de produção (chão de fábrica) e seus principais aspectos relacionados ao seus respectivos referenciais teóricos são conferidos no quadro 24.

Quadro 24: Referencial teórico utilizado na modelagem do Planejamento de Capacidade de Curto Prazo

#	Aspectos do CRP	Autores
1	Horizonte de planejamento de curto prazo	Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012),
2	Definição das necessidades materiais para suprir a produção	Heizer e Render (2014); Domingos, Politano e Pereira (2015); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Gianesi e Caon (2009); Martins e Laugeni (2009); Davis; Aquilano e Chase (2001).
3	Conceito de necessidades brutas	Domingos, Politano e Pereira (2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Gianesi e Caon (2009); Davis; Aquilano e Chase (2001).
4	Conceito de necessidades líquidas	Girotti e Mesquita (2016); Domingos, Politano e Pereira (2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Davis; Aquilano e Chase (2001).
5	Conceito de estoques projetados como componente da capacidade de produção	Girotti e Mesquita (2016); Domingos, Politano e Pereira (2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Davis; Aquilano e Chase (2001).
6	Conceito de recebimentos planejados	Heizer e Render (2014); Domingos, Politano e Pereira (2015); Corrêa e Corrêa (2012); Corrêa, Gianesi e Caon (2009).
7	Conceito de capacidade atrelado a lista	Girotti e Mesquita (2016); Domingos, Politano e Pereira

	de materiais	(2015); Heizer e Render (2014); Corrêa e Corrêa (2012); Davis; Aquilano e Chase (2001).
8	Elaboração do plano das necessidades de capacidade	Heizer e Render (2014); Martins e Laugeni (2009).
9	Feedback ao plano das necessidades de capacidade	Heizer e Render (2014); Martins e Laugeni (2009).

Fonte: Própria (2018)

A figura 45 mostra o detalhamento dos elementos de CRP.

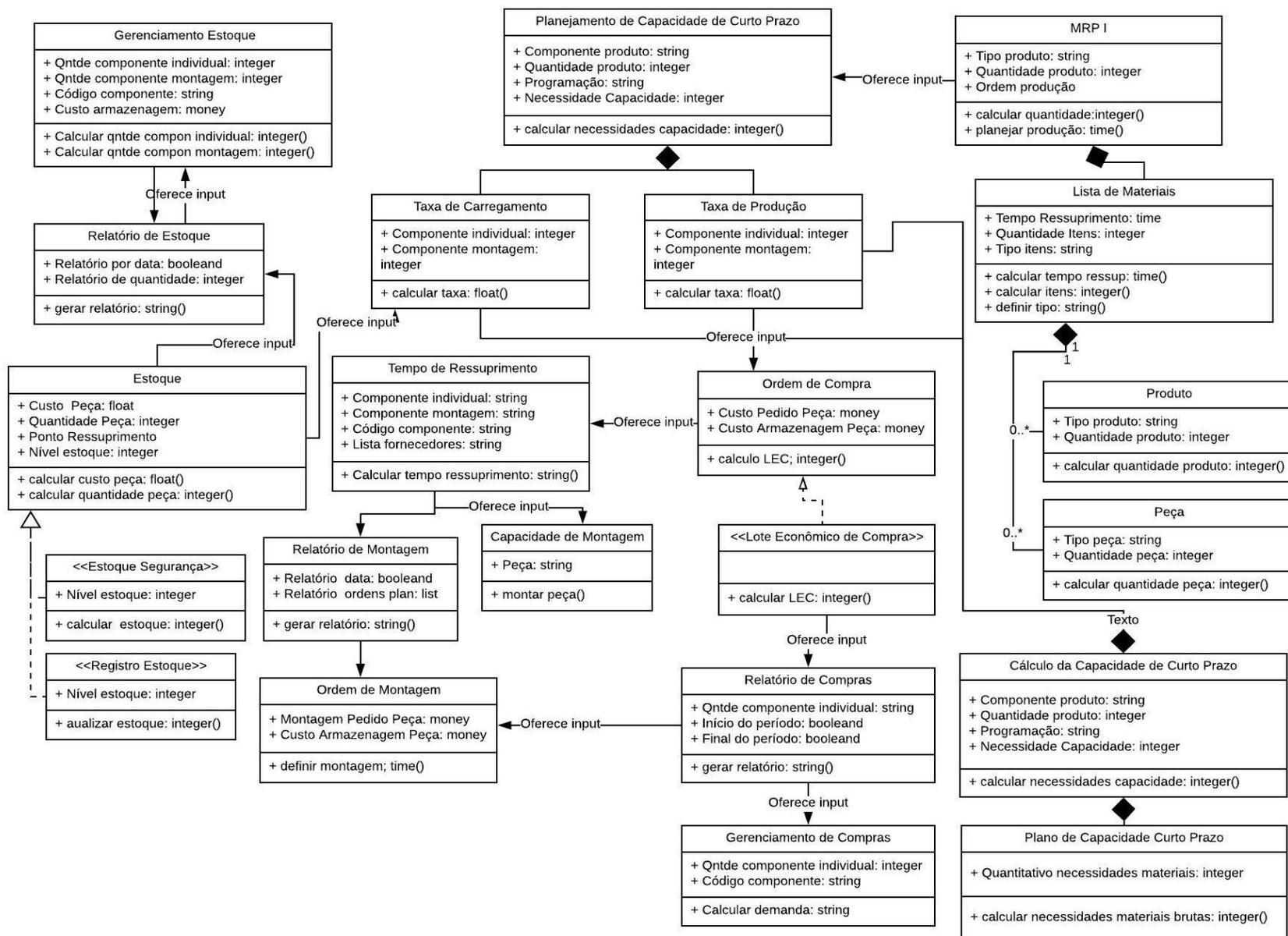


Figura 45. Modelo de CRP em UML

Fonte: Própria (2018)

4.9. Modelagem UML de Planeamento e Controle da Produção

Numa abordagem holística da modelagem UML de PCP, observam-se os planos que oferecem *input* para o S&OP (*Marketing*, Engenharia, Financeiro, Manufatura) que são exibidos como componentes iniciais do modelo de PCP. O Planeamento Agregado, e suas conexões de classes com o S&OP, são também exibidos no fluxo sequencial do modelo geral de PCP em UML.

Da mesma maneira, o MRP I como *input* do Planeamento Mestre da Produção, e o plano mestre utilizando a interface da ordem de produção para gerar contexto para a Programação da Produção também contribui com o aspecto de fluxo hierárquico citado, onde, novamente, aspectos estratégicos e operacionais, bem como aspectos sequenciais são enfatizados.

Todos os elementos cruciais dos níveis de planeamento do PCP, bem como seus respectivos planejamentos da capacidade são explicitados no modelo engendrando aspecto de fluxo hierárquico contemplando, por sua vez, a complexa e fundamentada gama de atividades e informações desempenhadas no PCP como um todo.

A versão ampliada do modelo UML de PCP pode ser encontrada no Apêndice B desta dissertação.

A partir dos modelos dos módulos de PCP, criou-se a estrutura de conteúdo para o *software* educacional proposto.

CAPÍTULO V – PRÓTOTIPO DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM PCP DESENVOLVIDO A PARTIR DA MODELAGEM EMPRESARIAL UML

Na presente seção, encontra-se o produto complementar da dissertação. A proposta do protótipo de ensino-aprendizagem estabelece sua relevância tornando tangível o objetivo de pesquisa de se aplicar um questionário de percepção acerca de sua qualidade pelo usuário através de uma metodologia de avaliação de *software*, como é visto na seção 3.3.1 da presente pesquisa.

A figura 46 mostra o conceito geral da aplicação da presente dissertação, iniciando na modelagem UML, passando pelo desenvolvimento do protótipo, até a aplicação do questionário.

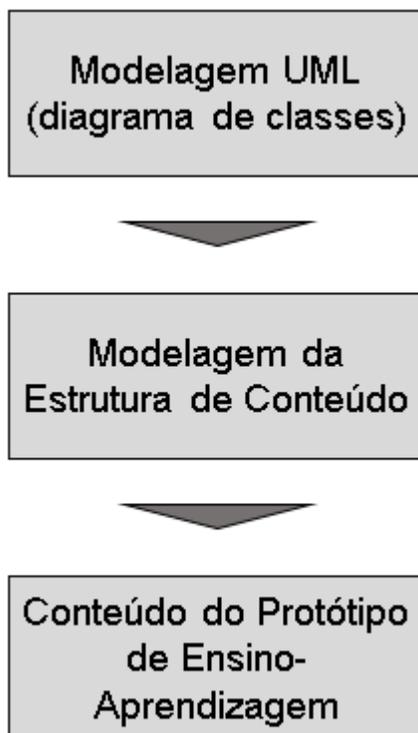


Figura 46. Modelagem UML como fomento da estrutura de conteúdo do protótipo

Fonte: Própria (2019)

Os autores Sunaga et al (2017) afirmam que é consensual o fato de que a qualidade é uma meta a ser perseguida no desenvolvimento de *softwares*, ao mesmo tempo que tais *softwares* são produtos complexos que exigem em seu desenvolvimento uma postura disciplinada de um time de desenvolvedores, frequentemente com habilidades computacionais variadas.

A partir da constatação dos autores supracitados, estabelece-se a condição de protótipo de teste para o modelo do *software* educacional proposto na presente pesquisa como suficiente para se fomentar a operacionalização da modelagem UML da estrutura de conteúdo dos temas de PCP.

Na seção 5.1, encontram-se os aspectos de desenvolvimento do protótipo.

5.1. Desenvolvimento do protótipo

Acerca dos aspectos de estrutura conceitual, o referido protótipo educacional propõe o uso de interfaces baseadas em narrativas nas telas de orientação antecedendo as telas questões sobre pontos chave do conteúdo de PCP.

O protótipo de ensino-aprendizagem foi desenvolvido em ambiente *web*, no formato de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Desta maneira, consegue-se a portabilidade para que o usuário possa acessar o *software* de computadores, tabletes e celulares, tornando o protótipo multiplataforma e multidispositiva.

Os autores Gouvêa & Nakamoto (2016) afirmam que o grau de interatividade proporcionado pela escolha de múltiplos caminhos navegacionais num *software* educacional, em muitos casos, não é vantajoso e pode resultar em desorientação e falta de foco, prejudicando o raciocínio do aluno e dificultando a coerência da experiência de aprendizagem.

Neste sentido, apresenta-se a estrutura de interfaces do protótipo de ensino-aprendizagem da presente pesquisa. A figura 47 exhibe o modelo de sequenciamento de suas telas funcionais.

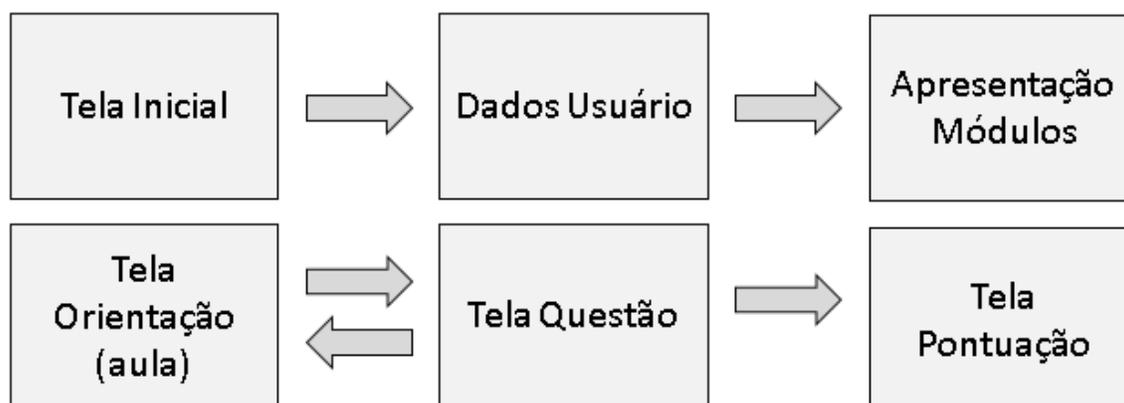


Figura 47. Estrutura do Protótipo de Ensino-Aprendizagem no AVA

Fonte: Própria (2019)

Tal modelo exhibe em suas primeiras telas, o cadastro do usuário e as coordenadas iniciais a serem seguidas. Em seguida, os módulos de PCP são apresentados e se entra no *loop* “tela de orientação-tela de questões”.

Este formato foi idealizado no intuito de se fazer analogia com o papel do professor no modelo de aprendizagem tradicional nas salas de aula das universidades.

No tocante às telas de conteúdo expostas no protótipo, adota-se o recurso de rolagem horizontal para acompanhamento dos temas introdutórios às questões de PCP, como confere-se na figura 48.



Figura 48. Estrutura de rolagem de telas adotada

Fonte: Própria (2019)

Entretanto, o *software* visa potencializar e tornar eficiente diversos aspectos da disseminação e assimilação de conteúdo pelos alunos, sendo um tipo de suporte aos estudantes para a tomada de consciência do processo da aprendizagem em que estão envolvidos.

A estruturação do conteúdo base de PCP do *software* educacional proposto é concebida nesta pesquisa de dissertação através da modelagem empresarial UML.

A partir da concepção da modelagem empresarial UML, através dos diagramas de classe expostos no capítulo IV desta dissertação, estruturou-se o conteúdo de PCP como base para adaptação na proposta de *software* educacional.

Através da notação das classes UML, desenhou-se o conteúdo de PCP de maneira hierárquica, onde se evidenciou seu aspecto sequencial e seus principais

pontos-chave que, por sua vez são conferidos no desenvolvimento da proposta de protótipo de ensino-aprendizagem da presente dissertação.

5.2. Estrutura inicial do protótipo

Para o desenvolvimento do protótipo foi utilizada uma plataforma *web* de programação, com linguagem Java e método bootstrap onde foram elaboradas as interfaces do *software* educacional PCP UENF, que foi assim nomeado.

Tal *software* foi concebido no formato AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem), que proporciona ao aluno-usuário uma interface confortável para acessar e explorar o conteúdo programático da matéria. Desta maneira, tem-se o intuito de auxiliar professores-usuários no gerenciamento de conteúdo e materiais complementares para os seus alunos.

Moran (2013) afirma que o ambiente AVA é flexível no processo de ensino aprendizagem pois permite acompanhar todo o processo de aprendizagem por parte do aluno, além de gerar relatórios sobre performance e progresso do mesmo.

O AVA também é citado por Gouvêa & Nakamoto (2016) como um meio operacionalizar de forma assertiva o ensino de temas, evitando possíveis problemas que possam ocorrer e garantindo a eficácia do processo e do ambiente virtual de aprendizagem como um todo.

Faz-se importante lembrar que as demais informações do usuário pertinentes à realização da pesquisa serão coletadas no questionário de avaliação do protótipo, parte componente desta dissertação.

Na figura 49, confere-se a referida tela que exibe o título da presente dissertação, a descrição e intuito do *software* educacional, bem como dados complementares como instituição de ensino e nomes do orientado e orientador.

Uma proposta de software educacional para o aprendizado dos conceitos de planejamento e controle da produção

GABRIEL RISO OLIVEIRA

Software educacional desenvolvido para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
Área de Concentração: Gerência da Produção

Instituição
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro – UENF
Centro de Ciência e Tecnologia – CCT
Laboratório de Engenharia de Produção – LEPROD

Orientador
Ailton da Silva Ferreira, D.Sc.

Figura 49. Tela de apresentação do projeto de dissertação no *software*

Fonte: Própria (2019)

Os temas abordados no protótipo de *software* vão desde assuntos teóricos introdutórios como Taylorismo e Fordismo, passando por controle de estoques e produtividade, até temas específicos dos planejamentos estratégicos, tático, operacional e de capacidade.

Tais temas são exibidos de maneira hierárquica no AVA, obedecendo os princípios da modelagem empresarial UML realizada. Barbosa (2015) afirma que a organização e sequenciamento de temas é uma etapa inicial simples, porém altamente impactante para a eficácia do modelo final de protótipo educacional.

Segundo Lynch (2015), o aspecto visual das telas, bem como fatores convencionais de usabilidade como a coerência de botões, caixas de texto, formatos e cores deve ser parte conjunta do planejamento do protótipo, uma vez que a atratividade visual é fator preponderante para o efetivo uso deste.

Ao longo das interfaces apresentadas no protótipo educacional PCP UENF, os alunos terão a chance de absorver os conceitos base da teoria e praticar o conhecimento através de exercícios selecionados.

O *software* terá aspecto evolutivo na sua interação com o aluno pois sua estrutura de desenvolvimento e apresentação é centrada na hierarquia de temas de PCP definida na modelagem empresarial dos diagramas de classe UML do capítulo IV.

Na visão de Rodden & Sommerville (2018) a concepção hierárquica ou sequencial de módulos ou submódulos de um *software* educacional fomenta o aspecto de fluxo ao conteúdo que é abordado. Assim, o aluno encontra no processo de aprendizagem uma escala gradativa de conhecimento do tema.

A disposição do conteúdo de PCP, bem como a estrutura em geral do protótipo proveniente da modelagem empresarial UML, são apresentados no capítulo V.

A figura 50 demonstra a disposição de temas, provenientes da modelagem empresarial UML, a serem estudados no protótipo de *software* e o botão “iniciar teste”.

Módulos PCP

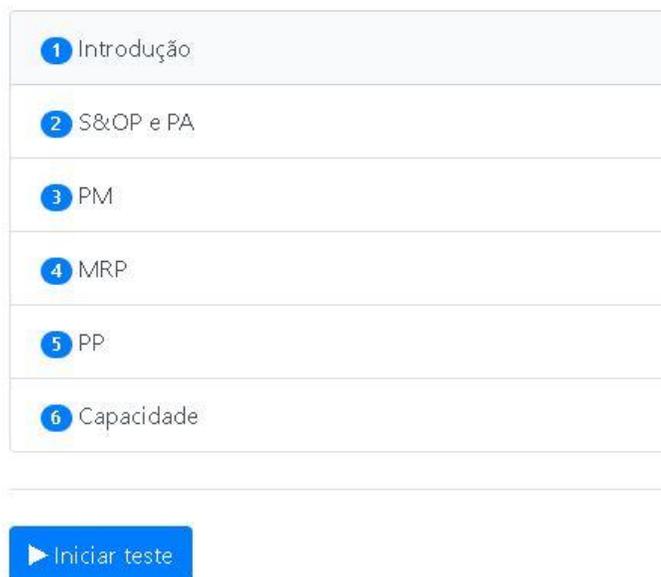


Figura 50. Tela de apresentação de módulos do conteúdo de PCP a ser estudado

Fonte: Própria (2019)

A disposição do conteúdo de PCP, bem como a estrutura em geral do protótipo proveniente da modelagem empresarial UML, são apresentados na seção 5.2.1 a 5.2.7.

5.3. Estrutura de conteúdo do protótipo

Para a concepção da estrutura de conteúdo do protótipo de ensino-aprendizagem foram utilizados insumos da modelagem empresarial UML nos diferentes planejamentos inerentes ao PCP.

Os pontos chave do campo de estudo de PCP e seus inter-relacionamentos foram destacados nos modelos expostos no capítulo IV. Tanto a parte de materiais quanto a de capacidade do tema foram abordados e analisados na estrutura do diagrama de classes UML, onde seus atributos e suas operações são descritas.

Nas seções 5.2.1 a 5.2.7, explora-se o conteúdo de PCP no protótipo de ensino-aprendizagem.

5.3.1. Módulo de introdução

Na primeira tela de orientação exibida no *software*, observa-se com clareza o aspecto de narrativa que compõe o estilo didático implementado. O tema da primeira questão é teórico e introdutório, abordando conceito de Taylorismo.

Os autores Heizer & Render (2014) explicam que a racionalização do trabalho proporcionada pelo Taylorismo e Fordismo serviu de estímulo para criação do processo de planejamento da produção.

Segundo Rodden & Sommerville (2018), a disposição do tema teórico logo no início da interação do usuário com o *software* tem por intuito sua ambientação no contexto em que o tema prático (o PCP, no caso da presente dissertação) surge e ocorre.

A presença do artefato teórico no início do processo de ensino-aprendizagem, por sua vez, é adequada ao aspecto sequencial e hierárquico que

a modelagem empresarial UML fomentou na estruturação do conteúdo de PCP no protótipo.

Após clicar no botão de ação “close”, o protótipo exhibe a primeira questão das 40 selecionadas no protótipo para o usuário responder (figura 51). A questão é relacionada a tela de orientação anterior, que aborda o tema de introdução Taylorismo. A mesma figura ainda exhibe a simulação de reação do *software* no case de uma resposta certa.

O trabalho pioneiro de Taylor abriu espaço para discussão dos problemas relacionados ao sistema de pagamento de salários do final do século XIX e a produtividade do funcionário. Nesse sentido, sua principal contribuição foi:

- A) a interpretação das organizações como sistemas abertos, tal como na biologia, em que há uma troca constante de energia com o ambiente exercendo pressão para a organização se adaptar.
- B) o entendimento de que o sistema social tem tanto ou mais influência sobre o desempenho dos funcionários que o sistema técnico da organização.
- C) a proposição do estudo sistemático e científico do tempo para a execução das tarefas, aprimorando-as e racionalizando os movimentos necessários para executá-las.
- D) o entendimento da obediência dos funcionários ao cargo e não aos ocupantes, levando em conta o fator da impessoalidade nas relações de trabalho e na percepção de autoridade.

Parabéns! Você acertou a questão.

[Responder](#) [Próxima questão](#)

Figura 51. Tela de apresentação da questão acerca do tema ‘Taylorismo’

Fonte: Própria (2019)

Caso o usuário escolha uma das três alternativas erradas para solucionar a questão, tem-se a abertura de uma caixa em vermelho sinalizando o erro e exibindo a explicação da resposta correta, como de confere na figura 52, onde exhibe-se uma tela de questão acerca de mais um assunto introdutório ao tema de PCP.

___ são estratégias desenvolvidas para conduzir o comportamento da indústria, visando maximizar os lucros e melhorar o desempenho da atividade industrial na economia. O ___ consolidou-se no Japão após a Segunda Guerra Mundial e, depois, difundiu-se em todo mundo, tendo como papel a substituição do ___ e a realização do trabalho compulsório e repetitivo pela adequação da produção conforme a demanda e a flexibilização das funções do trabalhador.

- A) Técnicas de venda, toyotismo, volvismo.
- B) Modos de Produção, fordismo, taylorismo.
- C) Sistemas econômicos, taylorismo, toyotismo.
- D) Modos de Produção, toyotismo, fordismo.

Você errou! A alternativa correta é a **letra D!**

As estratégias que procuram guiar o ritmo e as características da produção são chamadas de Modos de Produção. O modo de produção elaborado no Japão caracterizado pela flexibilização da produção é o toyotismo. O modo de produção predominante até a ascensão do toyotismo e que foi substituído por ele, caracterizado pela produção em massa, é o fordismo.

Responder

Próxima questão

Figura 52. Tela de apresentação da questão acerca do tema 'Fordismo'

Fonte: Própria (2019)

Os autores Gouvêa & Nakamoto (2016) afirmam que o modelo de correção de respostas erradas imediatamente após o erro ser cometido enfatiza o aprendizado de qualidade dos pontos-chaves da matéria.

Tais pontos-chaves, nesta dissertação elucidados pela modelagem UML, servirão de alicerce para raciocínios mais elaborados e complexos a respeito do tema e, por conseguinte, para a sustentação da relevância da modelagem empresarial UML como ferramenta de estruturação de conteúdo para o protótipo de ensino-aprendizagem.

Desta maneira, tem-se a base da construção do conteúdo do *software* educacional através de uma esquematização (modelagem) prévia dos conceitos-chave do tema a ser tratado.

5.3.2. Módulo de Planejamento Agregado

Ao se avançar nos módulos do protótipo de *software* PCP UENF, encontra-se o primeiro dos temas de PCP relacionados ao planejamento: o conjunto S&OP e Planejamento Agregado. A figura 53 exibe a tela de orientação ao assunto focada nos pontos-chaves do conceito de produtividade, aspecto estratégico intrínseco importante neste nível de planejamento.

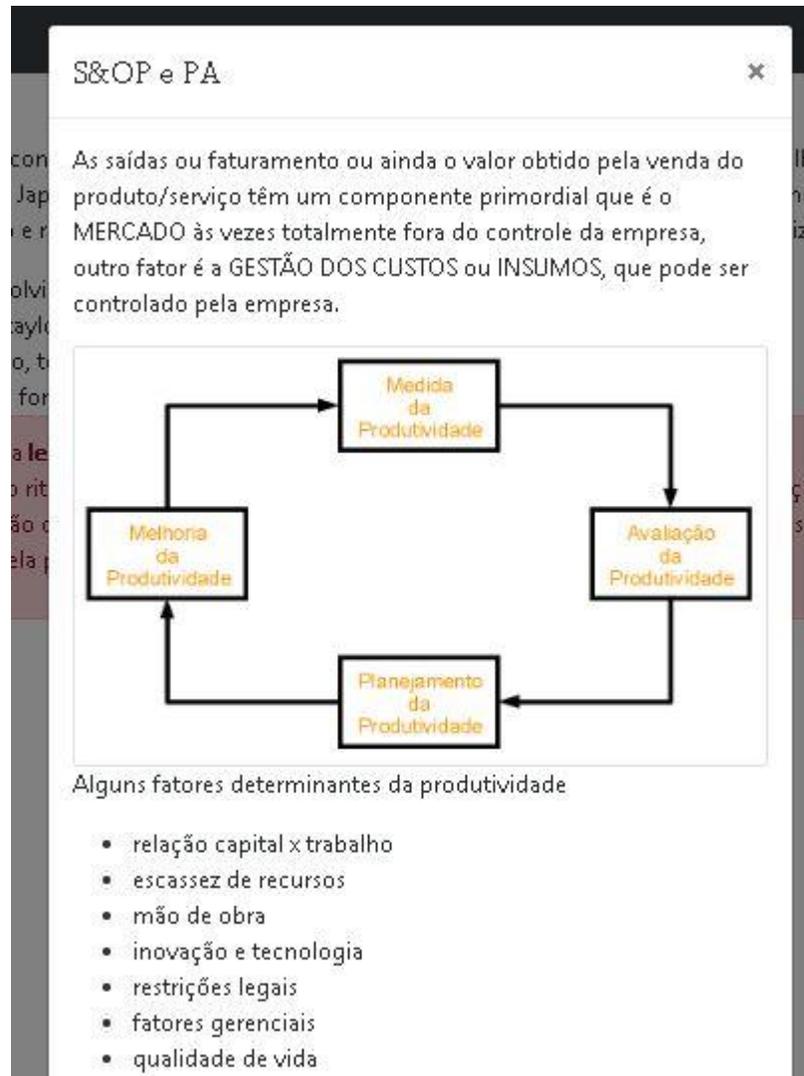


Figura 53. Tela de orientação ao assunto S&OP e Planejamento Agregado

Fonte: Própria (2019)

Nesta etapa inicial do PCP o conceito é mais estratégico e menos operacional, os fatores que influenciam a tomada de decisões no S&OP incluem temas específicos como: marketing; plano de manufatura; pesquisa & desenvolvimento (inovação); e plano financeiro.

A figura 54, que representa o início da modelagem UML do conteúdo de PCP, mostra as classes insumo que compõem o S&OP.

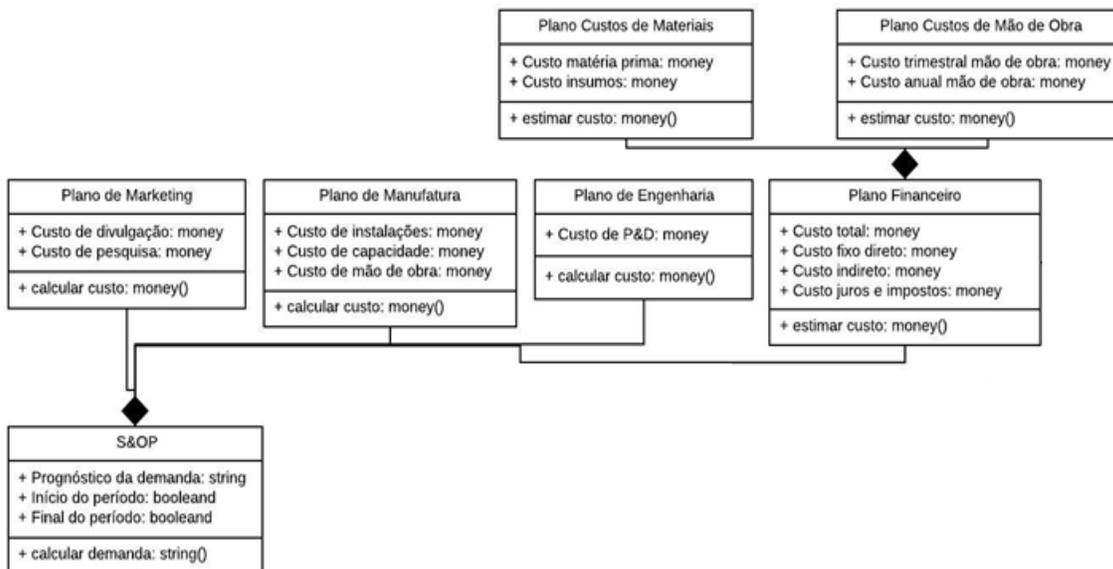


Figura 54. Base da modelagem UML do S&OP

Fonte: Própria (2019)

A figura 55, exposta no conteúdo do protótipo educacional, é o complemento das orientações para se responder à pergunta de S&OP e PA, exibindo *insights* que evocam o discernimento do usuário para se atentar aos fatores estratégicos que afetam a produtividade, como inovações tecnológicas, por exemplo.

As telas de orientação do protótipo têm o intuito de expor o conteúdo para o usuário de forma a fixa-lo em seu entendimento, fomentando sua utilidade de aumento da eficiência do ensino aprendizagem.



Importante

Quase sempre aumentos de produtividade requerem mudanças tecnológicas, de qualidade e ou na forma de organização do trabalho como um todo sistêmico

Formas de se melhorar a produtividade

1. Produzir mais output usando o mesmo nível de inputs.
2. Produzir a mesma quantidade de output usando menor nível de inputs.
3. Produzir mais output usando menor nível de inputs.

Figura 55. Tela de orientação ao assunto S&OP e Planejamento Agregado

Fonte: Própria (2019)

A figura 56 mostra um dos temas chave retratado no modelo UML de S&OP e Planejamento Agregado da Produção, o horizonte de planejamento de longo prazo, culminando nos aspectos de previsão de demanda e estratégias de produção e capacidade a serem adotados neste nível.

Planejamento agregado da produção

HIERARQUIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

- A partir do planejamento estratégico o PCP elabora uma série de planos interdependentes ao longo de um horizonte de tempo que se inicia com um plano de longo prazo denominado PLANEJAMENTO AGREGADO.
- Este plano, com o tempo, gera um plano de médio prazo chamado PLANEJAMENTO MESTRE, que, por sua vez, é convertido em um plano de curto prazo representado pelo PLANEJAMENTO DAS NECESSIDADES DE MATERIAIS e, por fim, transforma-se em um plano de curtíssimo prazo – a PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO.

PLANEJAMENTO AGREGADO (PA)

- Para Corrêa e Corrêa (2004), o Planejamento Agregado (PA) é um processo de planejar a quantidade a ser produzida, em longo prazo, por meio de ajustes da cadência (nível) de produção, da disponibilidade de mão-de-obra, de estoques e outras variáveis.

Previsão de demandas

HORIZONTE DE TEMPO NO PA

- Por meio do Planejamento Agregado da produção, este plano agrupa as informações em famílias de produtos, sendo desnecessário fazer a previsão para cada produto final com um horizonte tão longo.
- Por meio do Planejamento Agregado da produção, este plano agrupa as informações em famílias de produtos, sendo desnecessário fazer a previsão para cada produto final com um horizonte tão longo.

Figura 18.3 - A agregação dos dados diminui os erros de previsão.

AGREGAÇÃO DE VALOR E ERROS DE PREVISÃO

AGREGAÇÃO DE VALOR E ERROS DE PREVISÃO

- Esse efeito diminuidor do erro da previsão ocorre porque a agregação desconsidera as estimativas individuais; assim,
 - um desvio para mais (valor real menor que o valor da demanda prevista) estimado para um produto final acaba sendo compensado por um desvio para menos (valor real maior que o valor da demanda prevista) estimado para outro produto final pertencente à mesma família de produtos.

ESTRATÉGIAS ADOTADAS PELO PA

As principais estratégias puras usadas nas atividades de fabricação são:

1. variação de tamanho de equipe de trabalho;
2. utilização de tempo ocioso e tempo extra;
3. variação dos níveis de estoque;
4. aceite de pedidos para atendimento futuro;
5. subcontratação ou terceirização;
6. variação de capacidade produtiva.

Close

Figura 56. Tela de orientação ao assunto Planejamento Agregado

Fonte: Própria (2019)

Percebe-se a importância das características básicas da família de produto a serem enfatizadas como: nome, tipo de família de produtos, e período de planejamento. Por fim, na parte de método da classe

Chase & Aquilano (2004) afirmam que, no planejamento estratégico do PCP, a previsão da demanda é o ponto de partida para a produção, vendas e finanças de qualquer. Neste contexto, existe uma série de técnicas disponíveis, com diferenças substanciais entre elas.

Na visão dos autores Heizer & Render (2014), dentre as técnicas de previsão existentes, destacam-se as intrínsecas que utilizam dados históricos, geralmente registrados na empresa e prontamente disponíveis.

A previsão de demanda representa papel chave e introdutório no Planejamento Agregado e através de equações os princípios do cálculo utilizado na previsão de demanda podem ser demonstrados.

De acordo com Heizer & Render (2014) o método da média móvel simples considera a média de n últimos períodos para dar a estimativa da demanda futura. Uma forma de convenção nesta fórmula é utilizar a média dos últimos 3 períodos. Na equação 1 confere-se a fórmula do cálculo da média móvel simples.

$$MM3 = \frac{D1 + D2 + D3}{3} \quad (1)$$

Onde:

MM3 = Média Móvel da Demanda;

D(n) = Demanda no mês 'n', na fórmula utilizada como exemplo $n = 3$ meses.

Na visão dos autores Heizer & Render (2014), quando se prefere atribuir pesos de ponderação maiores para períodos mais recentes, objetiva-se priorizar o retrospecto mais recente da demanda para o cálculo da média. Da mesa forma, por convenção, neste protótipo, optou-se por cálculo realizar a média ponderada dos últimos 3 períodos, como é conferido na equação 2.

$$MMP = \frac{i_1 D_1 + i_2 D_2 + i_3 D_3}{3} \quad (2)$$

Onde, de maneira análoga, temos:

MMP = Média Móvel Ponderada;

$i(n)$ = porcentagem peso 'i' no mês 'n';

$D(n)$ = Demanda no mês 'n', na fórmula utilizada como exemplo $n = 3$ meses.

Os autores Heizer & Render (2014) expõem o caso da suavização exponencial de médias ponderadas de dados passados, com peso de ponderação caindo exponencialmente quanto mais antigos foram os dados. A constante de suavização exponencial é um número entre 0 e 1. A escolha do valor desta constante depende das especificações da demanda, estando diretamente relacionada à sua variação. A equação 3 traz a fórmula do cálculo da suavização exponencial.

$$MSE(n+1) = [(D_n \times i) + (1 - i) \times P_n] \quad (3)$$

Onde:

MSE (n+1) = Previsão da demanda do mês 'n + 1' através da média de suavização exponencial;

$I(n)$ = Constante de suavização exponencial;

$D(n)$ = Demanda no mês 'n', anterior ao mês 'n+1'.

A figura 57 apresenta um conceito base de previsão de demanda numa questão do protótipo de ensino-aprendizagem:

QUESTÃO 5/40 - S&OP e PA

Admitindo que a demanda de um produto nos últimos 9 meses teve o seguinte comportamento:

Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Demanda	30	27	35	40	33	29	41	38	35

Prever a demanda para o 10º mês empregando a média móvel com os quatro últimos períodos e a média exponencial móvel com $\alpha = 0,20$.

- a) 32,50 e 34,26
- b) 35 e 34,26
- c) 32,25 e 34,62
- d) 35,75 e 34,62

Responder

Próxima questão

Figura 57. Tela de apresentação da questão acerca de previsão de demanda

Fonte: Própria (2019)

Numa simulação de escolha de alternativa incorreta pelo usuário, a figura 58 apresenta a tela de explicação dos conceitos base do Planejamento Agregado da Produção através do tema de previsão da demanda.

Você errou! A alternativa correta é a **letra D!**

EXPLICAÇÃO

Neste caso é necessário calcular a **Média Móvel**, obtendo-se então $Mm_4 = 35,75$

Já a **Média exponencial móvel**

Período	Demanda	$\alpha=0,20$	
		Previsão	Erro
1	30	-	-
2	27	30	-3
3	35	29,4	5,6
4	40	30,52	9,48
5	33	32,42	0,58
6	29	32,54	-3,54
7	41	31,83	9,17
8	38	33,66	4,34
9	35	34,53	0,47
10		34,62	

Responder Próxima questão

Figura 58. Tela de apresentação da correção acerca de previsão de demanda

Fonte: Própria (2019)

Heizer & Render (2019) explicam também o modelo de regressão linear, como sendo constituído de uma variável dependente relacionada a uma ou mais variáveis independentes por uma equação linear. O modelo matemático da regressão linear minimiza os desvios quadrados dos dados reais. Na equação 4 confere-se traz a fórmula do cálculo da previsão de demanda com regressão linear.

$$RL_n = a + b \times n, \quad (4)$$

Onde:

RL_n = = previsão de demanda para o período n a partir da regressão linear,

n = período de previsão,

$$b = \frac{t \sum (RL_n \times n) - (\sum RL_n)(\sum n)}{t \sum n^2 - (\sum n)^2},$$

$$a = \frac{\sum RL_n - b \sum n}{t}, \text{ e}$$

t = número de períodos de previsão observados.

Como ponto importante do conteúdo de PA no protótipo educacional, esquematizado previamente na modelagem UML, tem-se a concepção das estratégias de produção e capacidade neste nível de planejamento que são: capacidade constante; acompanhamento de demanda; e estratégia mista.

Tais estratégias estão diretamente relacionadas com os moldes (classes) de contratação de mão de obra: normal; extra; e subcontratada.

As decisões acerca da capacidade influenciam diretamente nas estratégias da demanda Heizer & Render (2014), como demonstrado na figura 59.

QUESTAO 3/40 - S&OP e PA

A tabela a seguir representa o planejamento agregado de uma fábrica.

	Estratégia de Produção A	Estratégia de Produção B	Demanda Prevista
Janeiro	100	200	100
Fevereiro	100	200	100
Março	100	200	100
Abril	300	200	300
Maio	300	200	300
Junho	300	200	300

Analise as afirmações a seguir quanto à política de planejamento agregado associado aos ritmos de produção referentes às Estratégias A e B:

- I. A 'Estratégia B' utiliza a política de capacidade constante e ignora as flutuações nas demandas.
- II. A 'Estratégia A' utiliza a política de acompanhamento de demanda e ajusta os preços de vendas para reduzir a demanda
- III. A 'Estratégia A' utiliza a política de acompanhamento de demanda e ajusta o ritmo de produção à demanda prevista.
- IV. A 'Estratégia B' utiliza a política de gestão da demanda, abaixando os preços para aumentar a demanda e reduzindo-os para obter o efeito contrário.

Estão corretas as afirmações:

- a) II e III
- b) I, II e IV
- c) I e III
- d) III e IV

Responder

Próxima questão

Figura 59. Tela de apresentação da questão acerca do tema de estratégias de produção

Fonte: Própria (2019)

O planejamento agregado, parte mais estratégica do PCP, fornece subsídios para a realização dos dispositivos do planejamento mestre que é conferido na seção 5.3.3.

5.3.3. Módulo de Planejamento Mestre

Acerca da estruturação do conteúdo de Planejamento Mestre da Produção, os autores Martins & Laugeni (2009) afirmam que a base da decisão neste nível do PCP é determinar racionalmente qual a quantidade a ser produzida e em qual momento.

Considera-se um horizonte de planejamento menor se comparado ao Planejamento Agregado e calculando as necessidades de capacidades produtivas disponíveis, como linhas de produção de produtos específicos

De acordo com Tubino et al. (2007), no nível estratégico-tático de médio prazo, o Plano Mestre de Produção busca táticas para operar de forma eficiente o plano de produção. Este é um plano que analisa diferentes formas de guiar o sistema produtivo disponível dentro da visão de sua capacidade fabril.

Explorando o campo de estudo do Planejamento Mestre, temos o conceito abordado por Piagge, Bagni e Marcola (2015), que afirma este como sendo constituído de registros com escala de tempo que contêm, para cada produto final, as informações de demanda e estoque disponível atual. Neste sentido, exibe-se, na figura 60, um modelo de questão de reposta aberta do módulo de Planejamento Mestre.

QUESTÃO 9/40 - PM

Considere o registro de MPS abaixo da Toys fabricante de brinquedos, para seu produto SuperTrack. Considere os períodos como meses. O SuperTrack é produzido em lotes múltiplos de 400 unidades e o estoque de segurança para garantir disponibilidade sob incerteza da demanda futura é 50 unidades.

- Calcule e preencha a linha de demanda total.
- Calcule e preencha a linha do MPS

Períodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Lotes: 400 múltiplo									
Estoque de segurança: 50									
Demanda		150	180	200	200	200	200	200	200
Pedidos em carteira		50	20						
Demanda total									
Estoque projetado disp.	250								
MPS									

Figura 60. Tela de apresentação da questão aberta acerca do tema planejamento mestre

Fonte: Própria (2019)

A questão engloba ainda os fatores 'lote múltiplos' (utilizar apenas lotes múltiplos de 400 unidades), e o conceito de 'estoque de segurança', e este equivale na questão à 50 unidades, simbolizando que o estoque não pode ficar abaixo deste limite.

Nas equações (5) e (6), presente na literatura científica de Heizer & Render (2014) e Martins & Laugeni (2009), tem-se a visão da dinâmica de cálculo de produção no Planejamento Mestre, abrangendo desde a previsão de demanda nesta etapa do PCP até a produção dos lotes em si.

$$D = Prev + nPed \quad (5)$$

Onde:

D = Demanda;

Prev = Previsão de demanda calculada;

nPed = Número de Pedidos.

$$PM = D - EP \quad (6)$$

Onde:

PM = Produção Mestre;

D = Demanda;

EP = Estoque Projetado.

Desta forma, a partir da modelagem empresarial UML, pode-se perceber que o Planejamento Mestre alinha a demanda do mercado com os recursos internos da empresa calculando de maneira programada as taxas adequadas de produção de produtos finais. A figura 61 demonstra a progressão do protótipo no tema.

QUESTÃO 14 / 40

Uma empresa elabora o Plano Mestre de Produção de um dos seus produtos. Considere que essa empresa:

- Produza em lotes fixos de 250 unidades;
- Admita um estoque mínimo de 300 unidades;
- Possua um estoque de 400 unidades no início da semana 1;
- Produza a menor quantidade necessária a cada semana para satisfazer a demanda, e as restrições de estoque mínimo e lote fixo.

A previsão de demanda para as próximas quatro semanas é dada na tabela abaixo.

Plano Mestre da Produção				
Semana	1	2	3	4
Demanda	200	200	100	300
Estoque Inicial	400	200		
Produção		?		
Estoque Final	200			

Qual o número de unidades a serem produzidas na semana 2?

- a) 0
- b) 250
- c) 500
- d) 750

Responder

Próxima questão

Figura 61. Planejamento mestre em lotes fixos

Fonte: Própria (2019)

Barretini e Campos (2010), explicam que o PM resulta numa declaração de quantidades planejadas que dirigem os sistemas de gestão detalhada de materiais e capacidade. Essa declaração é baseada nas expectativas que se tem da demanda e dos próprios recursos com os quais a empresa conta hoje e vai contar no futuro (BARRETINI & CAMPOS, 2010).

Os autores Ramezani, Rahmani & Barzinpour (2012) enfatizam que existem vários recursos que estão envolvidos no modelo, como decisões de instalação e tempo de execução. Se um produto específico for produzido em um período, cada máquina necessária deve ser configurada exatamente uma vez nesse período. Os pressupostos do modelo são os seguintes

- Os tempos de configuração são independentes na sequência de trabalhos.
- As máquinas estão disponíveis em todos os momentos.
- Todos os parâmetros de programação têm valor determinista e não há aleatoriedade.

Na modelagem UML referente ao Planejamento Mestre, presente no capítulo IV, pode-se conferir nas classes “Previsão de Demanda Desagregada” e “Plano da Demanda Desagregada” o contexto que engloba a formulação racional da decisão da quantidade de produtos e o momento em que este serão produzidos.

5.3.4. Módulo de MRP I

Na tela de orientação para questão do módulo de MRP I (figura 62), a estrutura da lista de materiais se apresenta como instrumento principal para entendimento do conceito geral do Planejamento das Necessidades Materiais de prover os insumos e materiais requeridos para a produção no Plano Mestre.

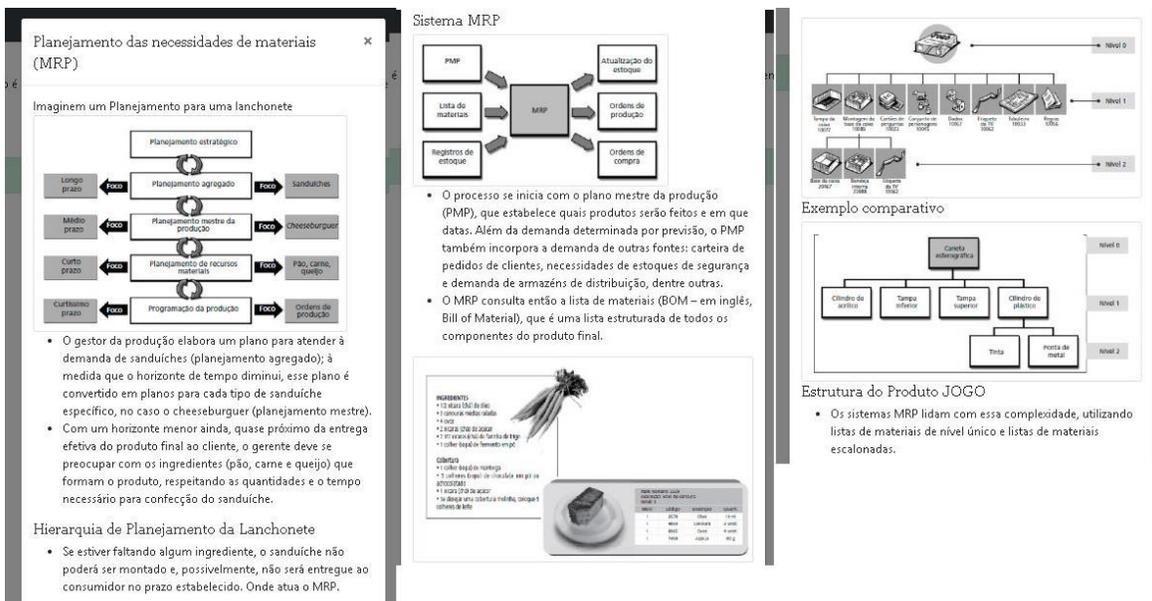


Figura 62. Tela de orientação ao módulo MRP I

Fonte: Própria (2019)

Na modelagem UML (figura 63), confere-se a representação das classes referentes à lista de materiais e seus correlatos. As classes ‘Produto’ e ‘Peça’ são diretamente relacionadas às interfaces de ação ‘Lista por Níveis’ e ‘Lista por Fases’, que são formas de representação da lista de materiais, por sua vez.

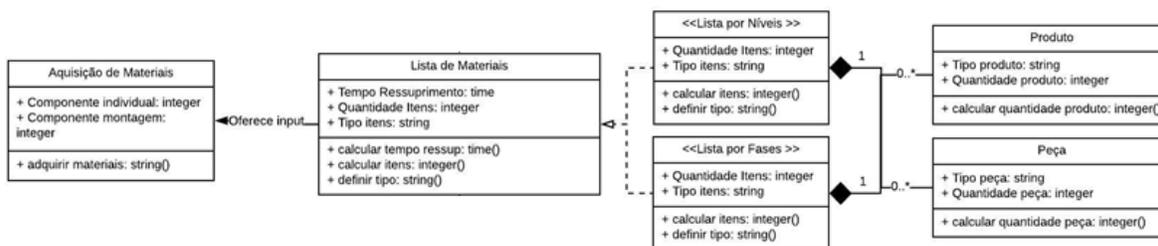


Figura 63. Representação da lista de materiais no diagrama UML

Fonte: Própria (2019)

Auxiliando no cálculo dos elementos presentes na lista de materiais, exibe-se a fórmula do cálculo das ‘necessidades líquidas’ no MRP I. Na equação 7, expõe-se também a intervenção de ‘recebimentos programados’ e do ‘estoque projetado’.

$$NL = NB - RP - EP \quad (7)$$

Onde:

NL = Necessidade Líquida;

NB = Necessidade Bruta;

RP = Recebimento Programado;

EP = Estoque Projetado.

Outro fator importante, representado na modelagem UML na figura 64, é a classe 'Tempo de Ressuprimento', que é acionada através da ordem de compra realizada para a aquisição de materiais.

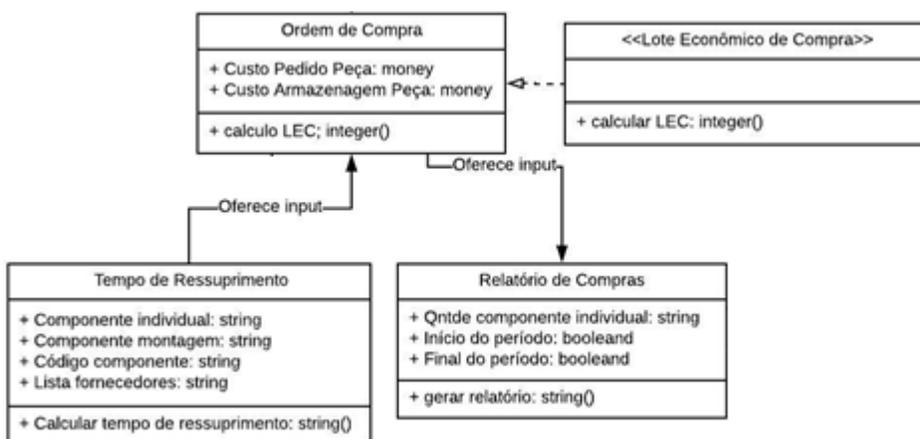


Figura 64. Classe 'tempo de ressuprimento' representada na modelagem UML

Fonte: Própria (2019)

A equação 8, por sua vez, demonstra o relacionamento do fator tempo de ressuprimento com o ponto de reposição de estoque.

$$PR = D \times TR + ES \quad (8)$$

Onde:

PR = Ponto de Reposição;

D = Demanda;

TR = Tempo de Ressuprimento;

ES = Estoque de Segurança.

Os autores Correa & Correa (2009), enfatizam o Lote Econômico de Compra (LEC) como ponto chave para entendimento de como o MRP I supre a demanda por recursos materiais do Planejamento Mestre. A figura 65 demonstra na modelagem UML a relação do LEC com a Lista de Materiais.

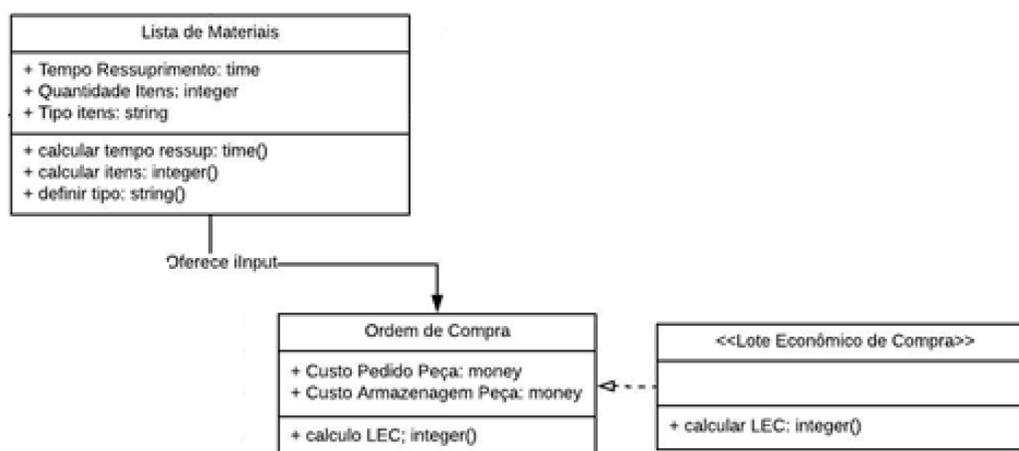


Figura 65. Cálculo do LEC no modelo UML de MRP I

Fonte: Própria (2019)

A classe interface LEC, na modelagem UML, é acionada através da ordem de compra, classe que é apontada por Heizer & Render (2014) como um artefato de tomada de decisão no PCP.

O quantitativo a ser comprado, por sua vez, é determinado pelo cálculo do LEC, demonstrado na equação 9, da literatura científica de Correa & Correa (2009).

$$LEC = \sqrt{(2 \times D \times CP) \div CA} \quad (9)$$

Onde:

LEC = Lote Econômico de Produção;

D = Demanda;

CP = Custo de Pedido;

CA = Custo de Armazenagem.

Na figura 66, confere-se a aplicação dos conceitos de LEC no protótipo de ensino-aprendizagem

QUESTÃO 11/40

Um item possui demanda anual de 6000 unidades, taxa de encargos financeiros sobre os estoques de 30% ao ano, custo unitário de \$ 20,00 e custos de preparação de máquina de \$ 70,00 por ordem. Sendo a taxa de produção da máquina que fabrica este item da ordem de 50 unidades por dia, com 300 dias úteis no ano. Defina tamanho dos lotes econômico de compra.

Dados:

- D = 6000 unidades;
- I = 0,3 ao ano;
- C = \$20,00 por unidade;
- A = \$70,00 por ordem;
- d = 6000 unidades por ano / 300 dias por ano = 20 unidades por dia.

- a) 150 unidades
- b) 200 unidades
- c) 425 unidades
- d) 375 unidades

Responder

Próxima questão

Figura 66. Tela de apresentação da questão acerca de LEC

Fonte: Própria (2019)

Sendo parte relevante dos fundamentos de MRP I, o LEC se apresenta como uma das priorizações de maior importância denotadas pela modelagem UML que exhibe a estrutura de atributos e métodos da classe LEC como um dos pontos-chaves da estrutura de conteúdo de PCP a serem inseridos no *software* educacional, como conferido na simulação de erro da questão da figura 67.

QUESTÃO 12 / 40 - PM

Um item possui demanda anual de 6000 unidades, taxa de encargos financeiros sobre os estoques de 30% ao ano, custo unitário de \$ 20,00 e custos de preparação de máquina de \$ 70,00 por ordem. Sendo a taxa de produção da máquina que fabrica este item da ordem de 50 unidades por dia, com 300 dias úteis no ano. Calcule o custo total do lote econômico de compra.

Onde:

- D = 6000 unidades;
- I = 0,3 ao ano;
- C = \$20,00 por unidade;
- A = \$70,00 por ordem;
- d = 6000 unidades por ano / 300 dias por ano = 20 unidades por dia.
- Lote econômico de compra = 375 unidades

- a) R\$ 350.00,00
- b) R\$ 245.500,00
- c) R\$ 122.245,00
- d) R\$ 185.250,00

Você errou! A alternativa correta é a **letra C**

EXPLICAÇÃO Ao utilizar a fórmula com os dados da questão, obtemos a seguinte resposta:

$$CT = 6000 * 20 + \frac{6000}{375} * 70 + \frac{375}{2} * 20 * 0,3 = \mathbf{112.245,00}$$

Responder

Próxima questão

Figura 67. Tela de simulação de erro na questão acerca de LEC

Fonte: Própria (2019)

No contexto das telas de simulação de erro, pode-se observar o intuito didático do protótipo de ensino-aprendizagem em auxiliar no correto caminho para a resposta correta exibindo a fórmula matemática envolvida. Como se confere na figura 68.

Você errou! A alternativa correta é a **letra D**

EXPLICAÇÃO Ao utilizar a fórmula com os dados da questão, obtemos a seguinte relação:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 6000 * 70}{20 * 3}} = 374,1$$

Arredondando para número inteiro, temos 375 unidades

Responder

Próxima questão

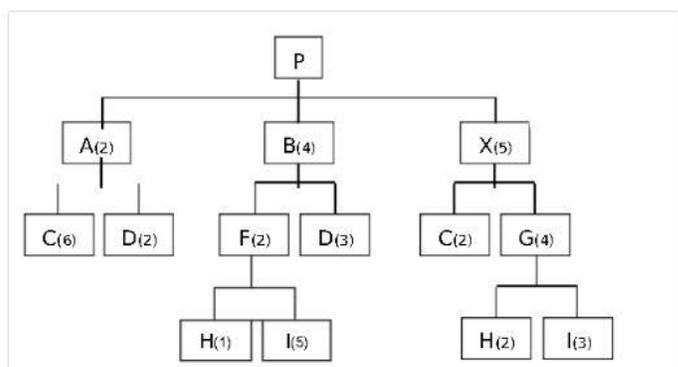
Figura 68. Tela de Correção de Questão

Fonte: Própria (2019)

A lista de materiais, um dos conceitos chaves para o entendimento do MRP I no PCP, é representada no protótipo de ensino-aprendizagem através do esquema diagramático da estrutura analítica do produto, exibida na figura 68.

QUESTÃO 17 / 40 - MRP

Dada a estrutura abaixo de lista de materiais, responda quantas unidades do item D são necessárias para a produção de 500 unidades do produto P:



- a) 4000 unidades
- b) 8000 unidades
- c) 500 unidades
- d) 600 unidades

Responder

Próxima questão

Figura 68. Lista de Materiais Estrutura Analítica do Produto

Fonte: Própria (2019)

Novamente, o recurso didático da correção é empregado de maneira gradual e sistemática (figura 69), mostrando etapas do raciocínio necessário para resolver a questão.

Você errou! A alternativa correta é a a **letra B**

EXPLICAÇÃO

Cada produto P utiliza 4 itens B. Cada item B utiliza 3 itens D na sua produção. Daí temos $4 \times 3 = 12$ itens D necessários;

Cada produto P utiliza 2 itens A. Cada item A utiliza 2 itens D na sua produção. Daí temos $2 \times 2 = 4$ itens D necessários;

Logo, conclui-se que 1 produto P exige 16 itens D ($4 + 12$) em sua composição. Assim, 500 produtos P exigirão 8000 itens D.

Responder

Próxima questão

Figura 69. Tela de Correção de Questão

Fonte: Própria (2019)

Desta maneira, a execução do plano MRP I produz os insumos necessários ao planejamento mestre para que a produção ocorra sem problemas em termos de capacidade até a programação da produção.

5.3.5. Módulo de Programação da Produção

Segundo Heizer & Render (2014) a gestão de estoques é crucial para a boa gestão de uma organização proporcionando a redução de custos e a tornando mais competitiva no mercado.

Corroborando com o *insight* exposto no *software* acerca do conceito de a manutenção de estoque reduzir o risco de falta de produtos, a modelagem UML esquematiza previamente os pontos da gestão de estoques que atuam no referido conceito. A modelagem proporciona tal esquematização através das classes: Relatório de Estoque; Estoque; Estoque de Segurança; e Registro de Estoque.

Na modelagem UML (figura 70), a gestão de estoque é exibida como tema intrínseco à hierarquia do PCP, estando presente desde o Planejamento Agregado até a Programação da Produção. Através do registro de estoque gera-se *inputs* para a geração de relatórios que proporcionam documentação acerca do controle efetivo do estoque.

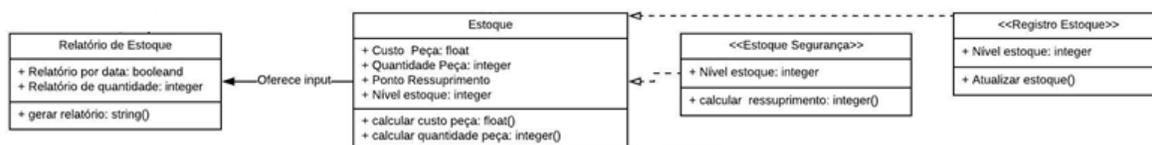


Figura 70. Modelagem UML sobre estoques

Fonte: Própria (2019)

O usuário acessa a questão relacionada ao tema de gestão de estoques. A figura 71 exibe uma simulação de erro na pergunta gerada pelo *software* e o quadro de correção mostrando como se calcular o custo diretamente proporcional pedido no enunciado da questão.

Um determinado item tem um custo de armazenagem mensal de \$0,60 por unidade e preço de compra unitário (capital investido) de \$2,00. Considerando uma taxa de juros de 12% ao mês, qual é o custo diretamente Proporcional (Cdp)?

- \$ 0,84 unid/mês
- \$ 0,78 unid/mês
- \$ 0,80 unid/mês
- \$ 0,82 unid/mês

Você errou! A alternativa correta é a **letra A!**

$Cdp = Ca + (ixP)$

$Cdp = 0,60 + (0,12 + 2,00)$

$Cdp = 0,60 + 0,24 = 0,84$

Responder

Próxima questão

Figura 71. Tela de apresentação da questão acerca de controle de estoques

Fonte: Própria (2019)

De acordo com Heizer & Render (2014), as fórmulas matemáticas que norteiam o cálculo dos custos de estoque podem ser resumidas numa composição básica que considere o custo diretamente proporcional, o custo de armazenagem, a taxa de juros aplicável e o preço do item considerado.

As equações (10), (11) e (12) demonstram o contexto básico e elementar de onde a gestão de estoques (presente nas diferentes hierarquias do PCP) se desenvolve.

$$CDP = CA + (ixP) \quad (10)$$

Onde:

CDP = Custo Diretamente Proporcional

CA = Custo de Armazenagem

i = Taxa de juros aplicável

P = Preço do item adquirido

$$EF = EI - D \quad (11)$$

Onde:

EF = Estoque Final

El = Estoque Inicial

D = Demanda

$$EI(n) = EF(n - 1) \quad (12)$$

Onde:

El(n) = Estoque Inicial no instante 'n'

EF(n-1) = Estoque Final no instante 'n-1', instante que representa o período anterior a 'n'.

A respeito do módulo mais operacional do PCP, a figura 72 exibe, na tela de orientação ao usuário, os aspectos da Programação da Produção referentes às etapas de carregamento, sequenciamento, programação e controle da linha de produção.



Figura 72. Tela de orientação ao assunto Programação da Produção

Fonte: Própria (2019)

O sequenciamento, parte específica importante na programação, deve ser promovido através de uma lógica de prioridade. A prioridade, por sua vez, é

estabelecida de acordo com o contexto em que a produção acontece. Pode-se ter, por exemplo, clientes com prioridade maior que outros, ou prioridades causadas por restrições físicas.

Há também, as regras de prioridade comuns citadas por Heizer & Render (2014) na literatura científica de PCP, como o PEPS (primeiro a entrar, primeiro a sair) e o UEPS (último a entrar, último a sair); regra da data prometida ao cliente, entre outros. Uma compilação de regras comuns está exposta na modelagem UML da figura 73.

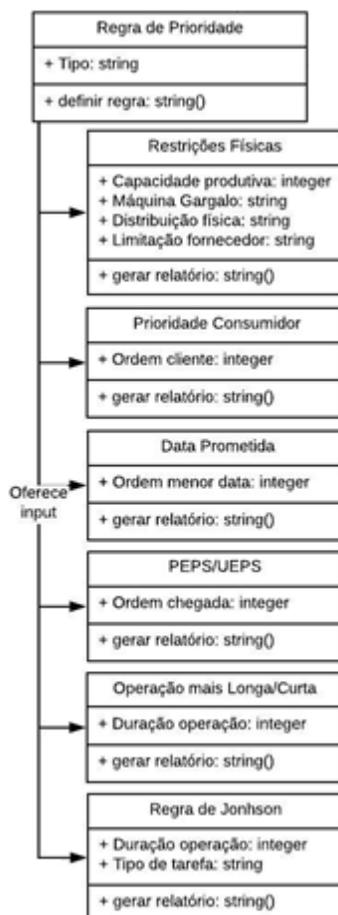


Figura 73. Regras de prioridade representadas na modelagem UML

Fonte: Própria (2019)

Outros aspectos de Programação da Produção para fomento do entendimento do módulo são: o horizonte de curto prazo em que esta etapa do

PCP está inserida; e as métricas que quantificam a utilização e eficiência de uma planta de produção, como conferido na figura 74.

QUESTÃO 25 / 40 - PP

De acordo com o método de sequenciamento da data de entrega mais próxima qual seria a ordem de produção considerando a tabela abaixo:

Ordens	Processamento (horas)		Entrega (horas)	Prioridade
	Máquina A	Máquina B		
OF1	15	10	30	5
OF2	18	19	40	1
OF3	16	16	55	3
OF4	13	14	35	2
OF5	10	18	45	4
OF6	14	15	25	6

- a) OF6-OF4-OF1-OF5-OF3-OF2
- b) OF6-OF1-OF4-OF2-OF5-OF3
- c) OF1-OF5-OF6-OF3-OF4-OF2
- d) OF1-OF4-OF5-OF6-OF3-OF2

Responder

Próxima questão

Figura 74. Tela de apresentação da questão aberta acerca do tema sequenciamento da produção

Fonte: Própria (2019)

No tocante a tela da questão referente ao PP que exige do usuário entendimento tanto do contexto quanto da composição da fórmula do tema abordado, como confere-se na figura 75.

Suponha que o fabricante de papel fotográfico tenha uma linha de cobertura cuja capacidade de projeto seja 200 metros quadrados por minuto e a linha opera 24 horas por dia, 7 dias por semana (24x7 = 168 horas).

Considere

1. Mudanças de produtos (setups): 20 h;
2. Manutenção preventiva regular: 16 h;
3. Nenhum trabalho programado: 8 h;
4. Amostras de qualidade: 8 h;
5. Tempos de troca de turnos: 7 h;
6. Paradas para manutenção corretiva: 18 h;
7. Investigação de falhas de qualidade: 20 h;
8. Falta de estoque de material de cobertura: 8 h;
9. Faltas do pessoal: 6 h;
10. Espera pelos rolos de papel: 6 h.

Perdas planejadas (de 1 - 5): **59 h**

Perdas não planejadas (de 6 - 10): **58 h**

Assim, a utilização do projeto é:

- 31,4%
- 22,4%
- 30,4%
- 23,4%

Figura 75. Tela de apresentação da questão acerca do tema programação da produção

Fonte: Própria (2019)

Na modelagem UML, o aspecto do *software* referente às métricas utilizadas como componentes do sequenciamento da produção foram elucidados como pontos chaves, como é exibido na figura 76.

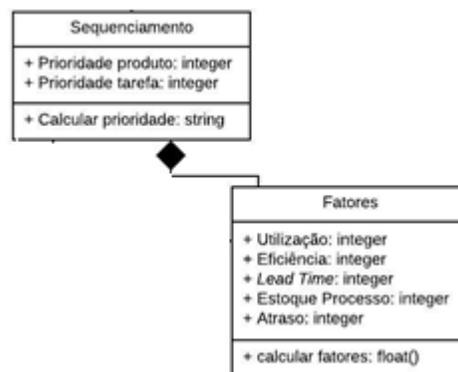


Figura 76. Sequenciamento e seus fatores representados na modelagem UML

Fonte: Própria (2019)

Devido a relevância de tais conceitos, faz-se necessário que o usuário tenha ciência das fórmulas de utilização e eficiência, representadas nas equações (13) e (14):

$$U = \frac{TP}{TP + PnP} \quad (13)$$

Onde:

U = Utilização;

TP = Tempo Programado para Produção;

PnP = Tempo de Parada não Planejada.

$$E = \frac{TT}{TP - PP} \quad (14)$$

Onde:

E = Eficiência;

TT = Tempo Efetivo de Trabalho;

TP = Tempo Programado para Produção;

PP = Tempo de Parada Planejada (geralmente Manutenção).

5.3.6. Módulo de Planejamento da Capacidade

Dentro do módulo de planejamento da capacidade do protótipo de ensino-aprendizagem, conferem-se os principais pontos e seus inter-relacionamentos dentro dos tems de PCP.

Corrêa & Corrêa (2009) definem a capacidade normal como sendo aliada da estratégia de nivelamento da produção para produzir sempre a mesma quantidade, facilitando o planejamento de recursos materiais, mão-de-obra e instalações; criando estoques de antecipação para períodos de pico de demanda.

A equação 15 mostra a fórmula da capacidade normal.

$$CN = tn \times p \times qn \quad (15)$$

Onde:

CN = capacidade normal;

t = mensuração de tempo, dias úteis (caso a mensuração seja mensal);

p = taxa de produção;
 q = quantidade de mão de obra.

Na figura 77, confere-se a representação no protótipo do ponto chave do conteúdo relacionado ao tema de capacidade.

QUESTÃO 33 / 40 - CAPACIDADE

Um setor de uma fábrica trabalha em dois turnos de oito horas, seis dias por semana, o primeiro turno tem dez trabalhadores e o segundo turno apenas cinco trabalhadores. Todos os trabalhadores são polivalentes. O percentual da capacidade total teórica que é historicamente disponível para produção é de 90%.

Considerando turnos de 8h cada, responda: Qual a capacidade total em horas/semana do setor?

- a) 246 horas/semana.
- b) 680 horas/semana.
- c) 250 horas/semana.
- d) 648 horas/semana.

Você errou! A alternativa correta é a a **letra D!**

EXPLICAÇÃO

Capacidade total:

- Turno 1: 8 horas/dia x 6 dias/semana x 10 trabalhadores = 480 horas
- Turno 2: 8 horas/dia x 6 dias/semana x 5 trabalhadores = 240 horas
- Total de horas de capacidade = 720 x 0,9 = 648 horas

Responder

Próxima questão

Figura 77. Tela de apresentação da questão acerca do tema de capacidade

Fonte: Própria (2019)

Corrêa & Corrêa (2009) explicam que o uso de mão de obra extra, muito utilizada na política de acompanhamento da demanda, é planejada sem ordem de ser manter uma utilização eficiente de mão-de-obra na produção da quantidade determinada pela demanda próxima.

A equação 16 mostra a fórmula da capacidade extra.

$$CEx = tex \times p \times qn \quad (16)$$

Onde:

CEx = Capacidade com o uso de método de hora extra;

t = mensuração de tempo, dias úteis (caso a mensuração seja mensal);

p = taxa de produção;

q = quantidade de mão de obra.

Na figura 78, confere-se a representação no protótipo do tema de capacidade sob um estilo pedagógico alternativo.

QUESTÃO 37 / 40 - CAPACIDADE

A capacidade produtiva pode ser aumentada pelas seguintes ações:

1. Aumentando o quantitativo de mão de obra
2. Abaixando o preço de venda dos produtos
3. Adicionando hora extra à jornada de trabalho
4. Contratando ou subcontratando mais operadores
5. Adquirindo equipamentos maiores e mais potentes

Quais afirmativas estão corretas?

- a) I, II e III
 b) Apenas a IV
 c) I, II e IV
 d) I, III, IV e V

Você errou! A alternativa correta é a a **letra D!**

EXPLICAÇÃO

1. Aumentando o quantitativo de mão de obra - CORRETO
2. Abaixando o preço de venda dos produtos – ERRADO: O preço de venda não influencia na capacidade da empresa.
3. Adicionando hora extra à jornada de trabalho - CORRETO
4. Contratando ou subcontratando mais operadores - CORRETO
5. Adquirindo equipamentos maiores e mais potentes - CORRETO

Responder

Próxima questão

Figura 78. Tela de apresentação da questão acerca do tema de capacidade

Fonte: Própria (2019)

Corrêa & Corrêa (2009) também explicam que o uso de mão de obra subcontratada para gerenciamento da demanda, atendendo períodos de alta demanda e de baixa.

A equação 17 mostra a fórmula da capacidade extra.

$$C_{sc} = tn \times p \times q_{sc} \quad (17)$$

Onde:

C_{Sc} = Capacidade Subcontratada;

t = mensuração de tempo, dias úteis (caso a mensuração seja mensal);

p = taxa de produção;

q = quantidade de mão de obra.

Em termos de usabilidade do protótipo, o usuário passa por todos os módulos de questões do PCP e como último recurso didático, tem-se a tela de pontuação exibida para usuário após tester seu conhecimento no protótipo de ensino-aprendizagem.

5.3.7. Tela de Pontuação do Software

Moran (2013) afirma que o ambiente AVA é flexível no processo de ensino aprendizagem pois permite acompanhar todo o processo de aprendizagem por parte do aluno, além de gerar relatórios sobre performance e progresso do mesmo.

Ao responder todas as questões, o usuário terá acesso a tela final de pontuação do *software* educacional a ser exibida no AVA (figura 79).

Pode-se definir uma média de erros aceitável e avaliar a qualidade do entendimento dos alunos quanto aos temas de PCP, bem como identificar em quais módulos há deficiência e necessidade de aprofundamento.

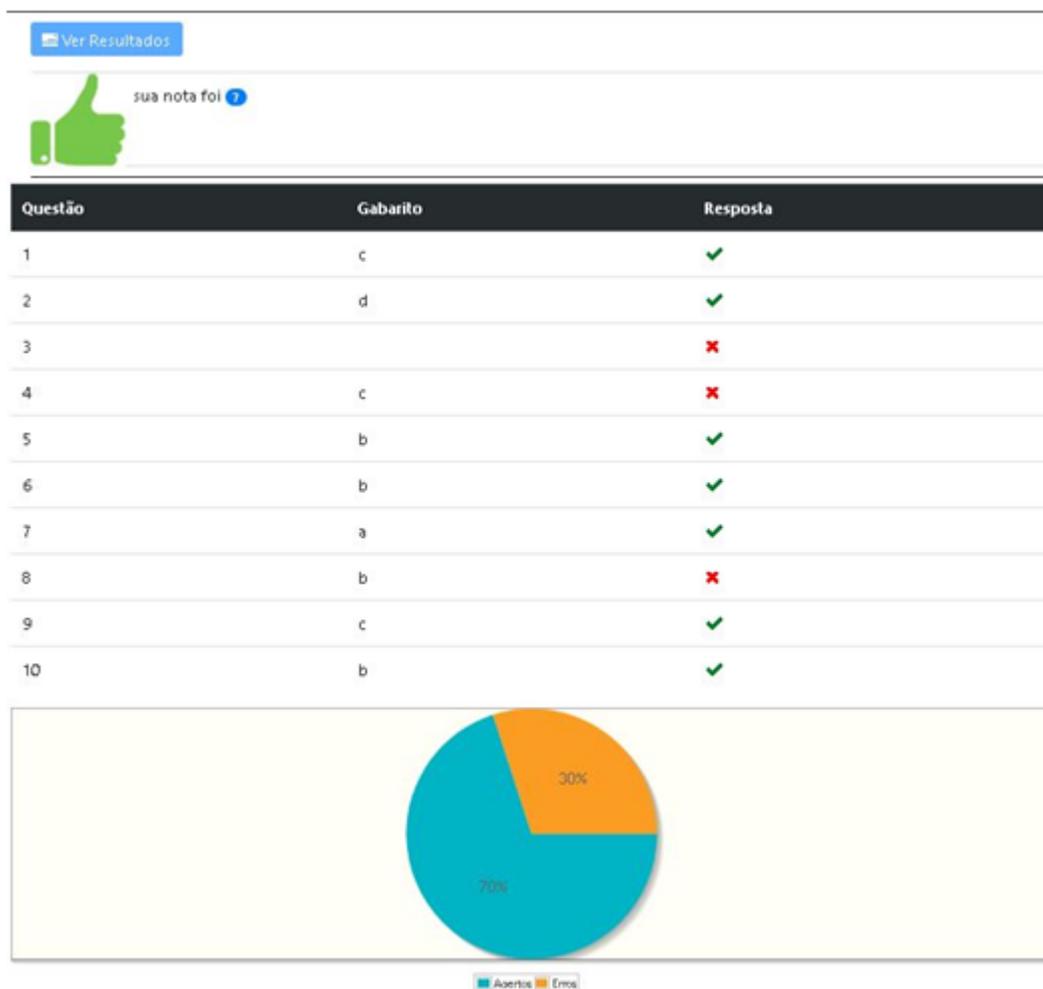


Figura 79. Tela de registro do progresso e pontuação do usuário

Fonte: Própria (2019)

Desta forma, consegue-se obter maior clareza acerca do grau de absorção de conteúdo pelo aluno medindo-se sua evolução no sequenciamento de etapas de PCP no processo de ensino-aprendizagem adotado.

Neste contexto, proporciona-se uma expansão das fronteiras do conhecimento, pois se cria novos meios de acesso e apresentação da informação e permitem-se novas posturas de ensino aprendizagem.

O protótipo de ensino-aprendizagem pode ser conceituado, de forma holística, como sendo um sequenciamento de conteúdo de aspecto intrinsecamente gradativo e hierárquico. Seguindo a linha de raciocínio de

Gouvêa & Nakamoto (2016), a disposição do conteúdo se estabelece em forma de narrativas, fato que tem grande capacidade de envolvimento com o usuário.

A modelagem empresarial UML, por sua vez, desempenha papel central no diagrama esquemático do PCP, fundamental para o cumprimento do propósito geral da presente dissertação.

CAPÍTULO VI – APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA PROPOSTA

Na presente seção são apresentados os métodos e considerações relevantes a respeito das etapas de aplicação e análise de resultados do questionário de avaliação do software educacional proposto.

Justificar mais que é importante a qualidade não sendo avaliado a modelagem e sim o software pelos alunos e que voltar a falar do tempo.

6.1. Análise do software pelos alunos da graduação

Segundo Bennett (2015), o impacto da introdução de um *software* educacional no currículo regular das universidades é melhor avaliado no contexto do projeto educacional como um todo.

Na presente dissertação, a etapa de avaliação de qualidade se tornou possível através da instrumentalização proporcionada pelo protótipo do *software* educacional PCP UENF, que é um produto representativo de uma estrutura conceitual pedagógica e didática do tema em questão. Um questionário foi utilizado como instrumento de coleta de dados acerca da avaliação do referido *software* pelos alunos.

Após conceber o *software*, explica-se nesta seção os dispositivos de disseminação e aplicação de questionário de avaliação, apresentado na metodologia e disponível no Apêndice A desta dissertação.

6.2. Elaboração do questionário

Como citado anteriormente na seção 3.3.1 da presente dissertação, o modelo de questionário utilizado tem sua formulação proveniente do cumprimento das etapas lógicas de Aaker (2014).

A eficácia do software será mensurada através de perguntas previamente definidas agrupadas de acordo com a especificação da norma ISO/IEC 9126-1 pelos autores Behkamal, Kahani e Akbari (2009).

Aaker (2014) aconselha, como etapa primordial na construção de um questionário consistente, a realização de um pré-teste como amostra inicial. Na presente pesquisa, utiliza-se o referido pré-teste como modelo de questionário.

A validação do questionário será feita através de uma amostra não probabilística, mas que se encaixa nos requisitos representativos da população alvo do questionário: estudantes e professores dos cursos de Engenharia de Produção e Administração.

O curso de Administração é o segundo mais popular em matrículas do país, apenas atrás do curso de Direito. Segundo o Censo da Educação Superior promovido pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira), existiam 710.984 matrículas ativas no curso em 2016. A mesma fonte mostra que existiam 165.677 matrículas ativas em Engenharia de Produção no mesmo ano.

Ainda sem obter dados quantitativos acerca da população de professores de PCP no Brasil, pode-se afirmar que a população-alvo do questionário da presente dissertação gira em torno de 850 mil a 1 milhão de indivíduos.

Neste contexto, uma amostra probabilística consideravelmente grande e complexa seria necessária para se determinar com precisão a média dos fatores de percepção dos indivíduos da população-alvo a respeito da avaliação do *software* educacional proposto.

A aplicação do questionário para uma amostra não probabilística, por sua vez, fomenta a coleta de dados do pesquisador com pré-resultados e impressões iniciais provenientes da parte representativa da população-alvo consultada.

Além disto, permite ao pesquisador ter a chance de aprimorar o seu instrumento avaliador através dos feedbacks gerados nesta primeira aplicação.

Os métodos de disseminação do questionário são explicados na seção 6.3.

6.3. Disseminação do questionário

A plataforma Google *Forms* foi utilizada como ferramenta de disponibilização e divulgação do questionário para o público-alvo predefinido: alunos, professores e outros participantes do meio universitário.

A técnica metodológica utilizada para fundamentar a disseminação do questionário foi a coleta de dados de amostra composta por grupos focais. Isto, utilizando estratégias para se atingir tais grupos.

Faz-se necessário salientar que nossa amostra (público-alvo) são alunos, professores e participantes do meio acadêmico diretamente ligados aos cursos de Engenharia de Produção e Administração. Neste sentido, grupos focais seriam núcleos específicos dentro da amostra, como indivíduos de uma mesma faculdade ou que participaram de determinado congresso com um conjunto.

Mattar (2018) afirma que a metodologia aplicada por grupos focais se configura numa técnica de investigação qualitativa comprometida com a abordagem metacientífica compreensivista, em que se tem um esboço valioso dos dados colhidos e sua interpretação.

Na presente pesquisa, uma série de e-mails foi disparada seguindo a estratégia de se abordar grupos focais para que o maior quantitativo possível do público-alvo fosse alcançado:

1. E-mails foram enviados para sites de cursos de Engenharia de Produção e Administração de universidades públicas e privadas brasileiras como: UENF; UERJ; Poli-UFRJ; UFPE; Universidade Cândido Mendes; ISECENSA; Estácio de Sá; UNIP. As informações de endereço de e-mail foram coletadas diretamente do website do curso, sendo uma página web pública do site da instituição de ensino.

2. Através de pesquisa bibliométrica, com limite temporal 2015 a 2018, na base de dados *Web of Science* e da Plataforma Sucupira, da CAPES, procurou-se por artigos abrangendo o tema de PCP. Nos artigos detectados como sendo do tema, extraiu-se também, o endereço de e-mail dos alunos autores e de professores orientadores dos artigos em questão.

O *software* educacional foi efetivamente testado no ambiente virtual de aprendizagem, proporcionando uma experiência interativa para o usuário/público-alvo ser capaz de avaliar aspectos intrínsecos ao software sob a luz de sua percepção como indivíduo participante do ensino-aprendizagem de PCP. A figura 80 mostra a interface do questionário.

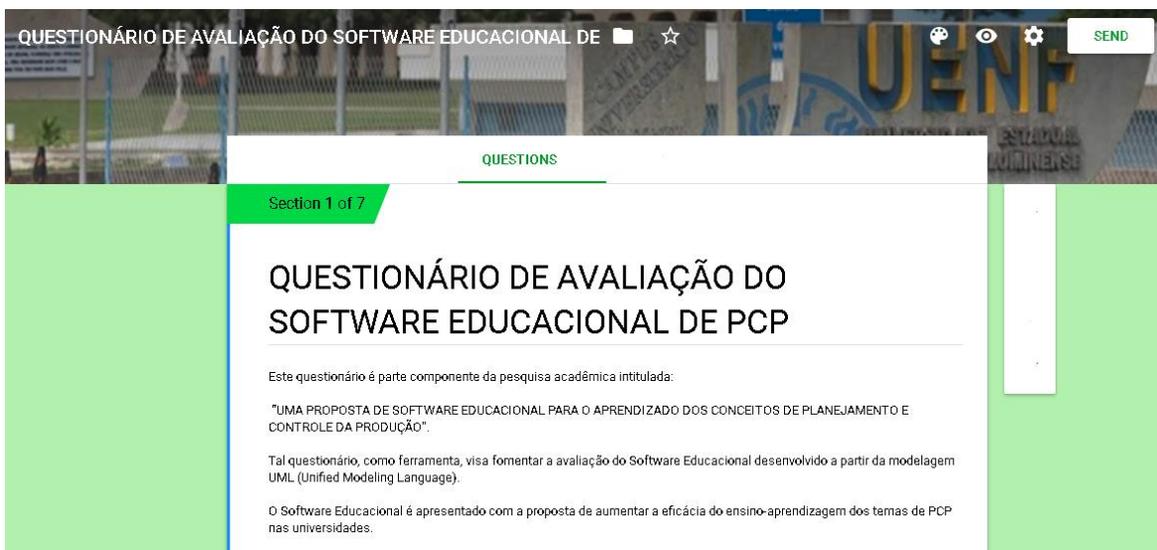
The image shows a screenshot of a Google Forms questionnaire. At the top, the title 'QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCACIONAL DE' is visible, followed by a folder icon and a star icon. On the right side of the top bar, there are icons for a globe, an eye, a gear, and a 'SEND' button. Below the top bar, the word 'QUESTIONS' is centered in green. A green banner on the left indicates 'Section 1 of 7'. The main content area has a white background with a green border on the left and right. The title 'QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCACIONAL DE PCP' is prominently displayed. Below the title, there is a paragraph of introductory text: 'Este questionário é parte componente da pesquisa acadêmica intitulada: "UMA PROPOSTA DE SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O APRENDIZADO DOS CONCEITOS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO". Tal questionário, como ferramenta, visa fomentar a avaliação do Software Educacional desenvolvido a partir da modelagem UML (Unified Modeling Language). O Software Educacional é apresentado com a proposta de aumentar a eficácia do ensino-aprendizagem dos temas de PCP nas universidades.'

Figura 80. Tela do questionário aplicado na ferramenta *Google Forms*

Fonte: Própria (2019)

O resultado completo deste questionário de avaliação é conferido na seção 6.4.

6.4. Resultados da avaliação do questionário

O método de disseminação utilizado por grupos focais resultou em 52 respostas ao *software* de diferentes universidades do Brasil. As respostas ao questionário são conferidas na seção 6.4.2 a 6.4.5.

Para a estratificação dos resultados, a metodologia de classificação das perguntas se baseou nos requisitos da norma ISO 9126-1, como explicada por Behkamal, Kahani e Akbari (2009).

Entretanto, para complementar e aprimorar o conteúdo dos dados colhidos, os resultados iniciais que são exibidos na seção 6.4.1 referem-se às perguntas gerais sobre o perfil dos respondentes.

6.4.1. Perfil dos respondentes

Os respondentes do questionário foram perguntados sobre seu grau de contato com os temas de PCP, sua universidade, sua idade, experiências, dentre outras questões generalistas e introdutórias ao intuito das perguntas seguintes de se avaliar o protótipo do *software* educacional.

6.4.1.1. Qual sua universidade?

Como se pode observar na Figura 81, quase metade dos respondentes da abordagem por grupos focais pertencem à UENF (46%), outras universidades com porcentagem significativa foram: UFES (14%); Estácio de Sá (12%); Cândido Mendes (8%) e IFES (5%). Tais números revelam que a maioria dos abordados na pesquisa por grupos focais pertencem ao ciclo próximos de onde o trabalho é desenvolvido.

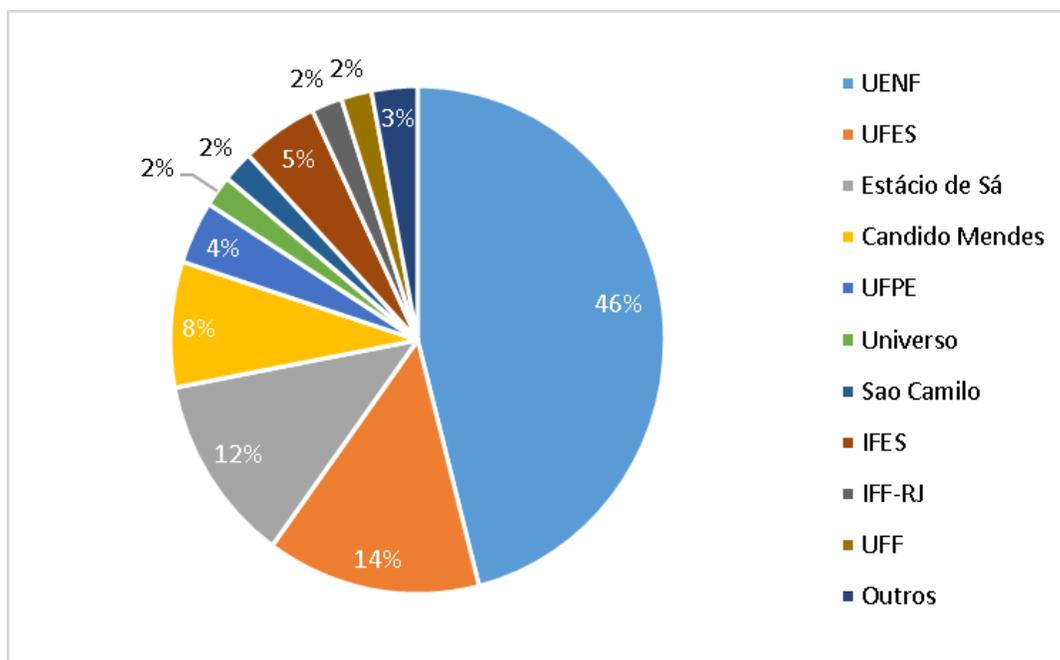


Figura 81. Porcentagem de respondentes por universidade

Fonte: Própria (2019)

Para a disseminação do questionário (descrita na seção 6.3) foi utilizada a metodologia de grupos focais. Grande parte dos estudantes são de regiões próximas a UENF, com exceção da UFPE que desenvolve linhas de pesquisa similares em qualidade de *software* e somou 4% de respondentes na coleta de dados de amostra.

Weinberg (1993) explica que a qualidade é definida a partir do valor percebido para algumas pessoas, então a qualidade é relativa, isto é, o que é qualidade para uma pessoa, pode não ser para outra.

Côrtes (2008) acrescenta que "a qualidade de um produto é subjetiva e varia de acordo com o local e o tempo ...", onde o mesmo produto pode apresentar maior ou menor qualidade quando avaliado por diferentes pessoas.

Abordando a metodologia utilizada na presente dissertação, Mattar (2018) explica que a técnica de coleta de dados de questionário por grupos focais

oferece subsídios importantes na estruturação de raciocínio do tema, podendo ser definida como sendo uma forma de investigação qualitativa.

6.4.1.2. Qual o seu gênero?

A figura 82 mostra a divisão por gênero dos respondentes, a maioria (54,8%) é do sexo masculino, 38,7% dos respondentes é do sexo feminino e 6,5% prefere não declarar.

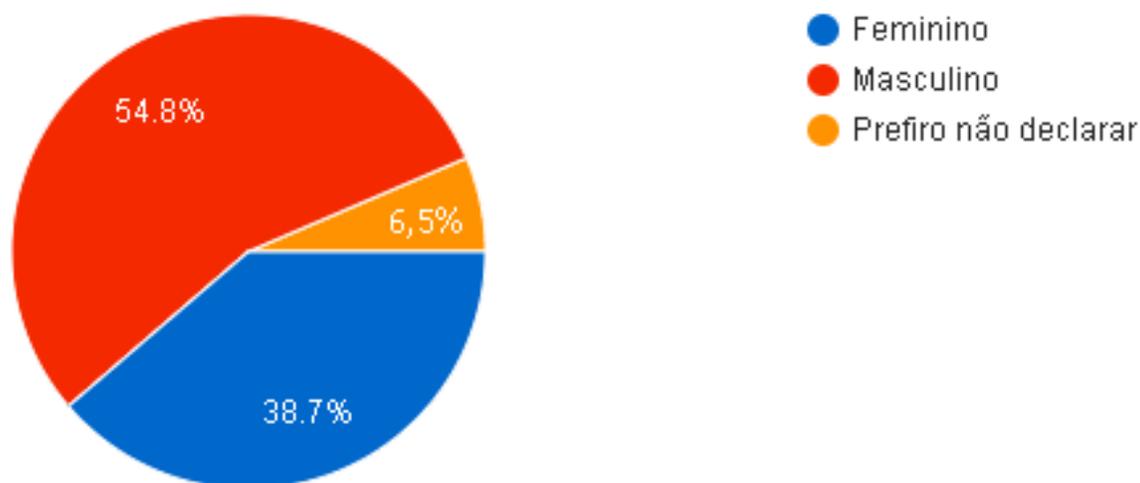


Figura 82. Gráfico acerca da pergunta sobre gênero do respondente

Fonte: Própria (2019)

6.4.1.3. Qual a sua idade?

A figura 83 mostra a divisão por idade dos respondentes, a maioria (65,5%) está na faixa etária de 21 a 30 anos. Os respondentes com menos de 20 anos somaram 12,5%, que foi o mesmo percentual para os participantes com mais de 50 anos. As menores porcentagens foram das pessoas entre 31 e 40 anos e da faixa etária de 41 a 50 anos.

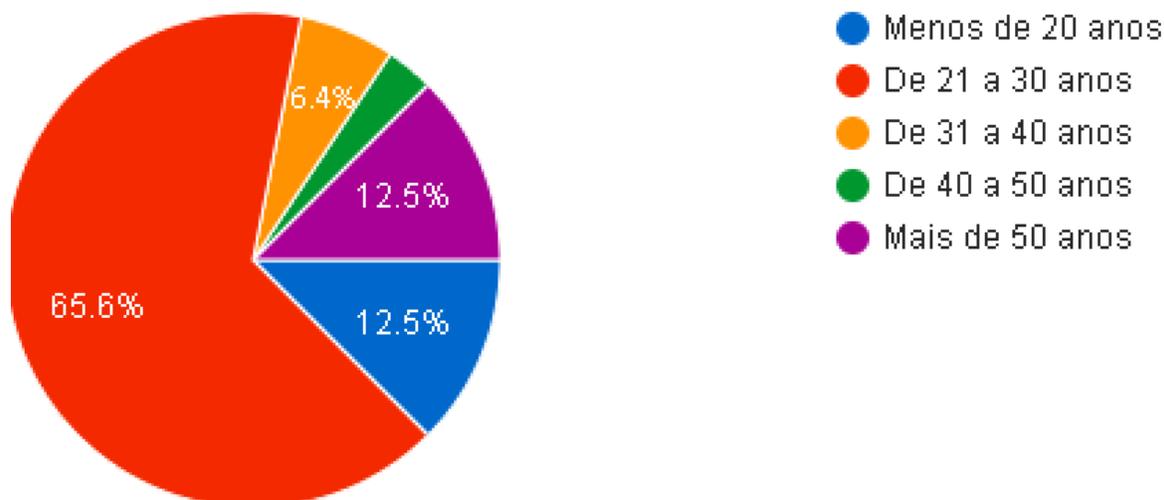


Figura 83. Gráfico acerca da pergunta sobre idade do respondente

Fonte: Própria (2019)

Faz-se válido lembrar que o público-alvo da pesquisa compreende estudantes, professor, e demais participantes do meio acadêmico, fato que justifica o percentual distribuído entre as faixas etárias exibidas.

6.4.1.4. Qual a sua escolaridade?

Quanto à escolaridade dos respondentes, observa-se na figura 84 que Graduação (62,5%) e Mestrado (21,9%) representam maioria. Não houveram relatos de respondentes com o grau de Pós-Doutorado.

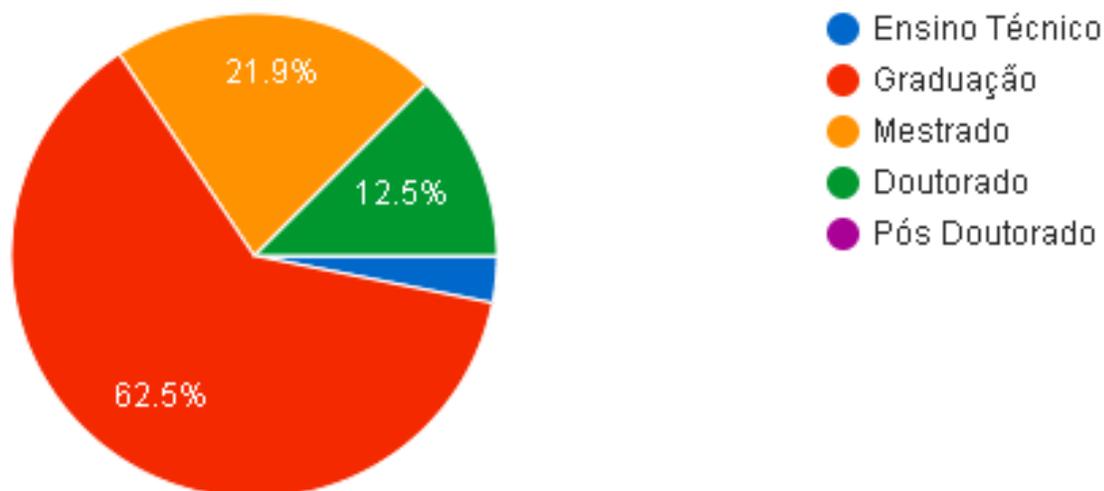


Figura 84. Gráfico acerca da pergunta sobre escolaridade do respondente

Fonte: Própria (2019)

A grande maioria dos respondentes é composta por estudantes de graduação que foram atingidos pelos e-mails de disseminação da pesquisa. Da mesma forma, estudantes de mestrado foram abordados a participar da presente pesquisa.

O público-alvo geral, por sua vez, é formado por alunos, professores e participantes do meio acadêmico diretamente ligados aos cursos de Engenharia de Produção e Administração. Neste sentido, grupos focais seriam núcleos específicos dentro da amostra, como indivíduos de uma mesma faculdade ou que participaram de determinado congresso com um conjunto, por exemplo.

6.4.1.5. Assinale suas experiências mais significativas:

Confere-se na figura 85 que Empresa Junior (27%) e Estágio (20%) se configuram nas experiências mais significativas dos respondentes. Emprego Formal (14%) e Extensão Acadêmica (14%) representam outra parcela importante do grupo de respondentes.

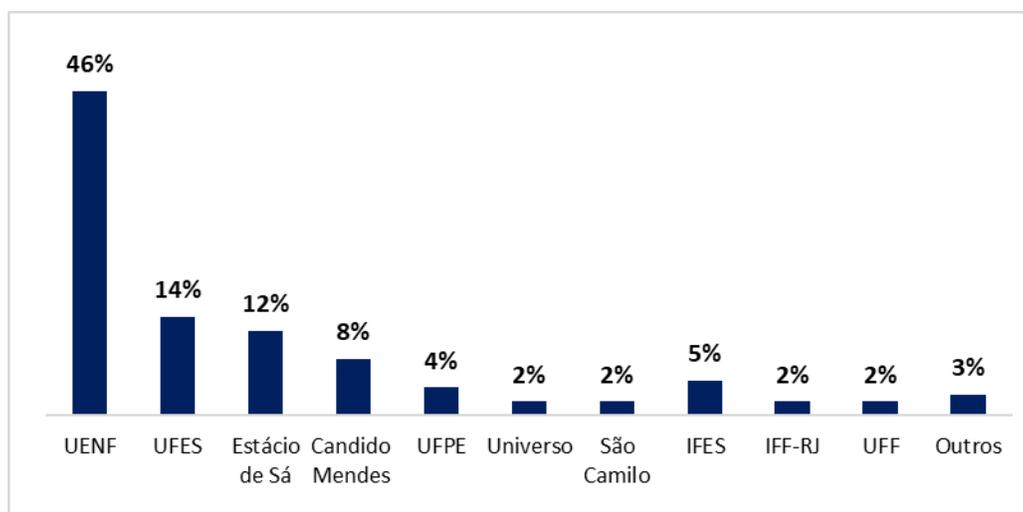


Figura 85. Gráfico acerca das experiências do respondente

Fonte: Própria (2019)

Também foi perguntado sobre participantes que tiveram outras experiências como intercâmbio e emprego como docente na universidade. Isto, no intuito de se ter um panorama detalhado sobre os participantes do questionário de avaliação do protótipo.

6.4.1.6. Qual seu grau de contato com os temas de PCP?

A figura 86 mostra que metade dos respondentes considera seu grau de contato com os temas de PCP como sendo médio. Quase 10% declaram não ter nenhum contato com a matéria.

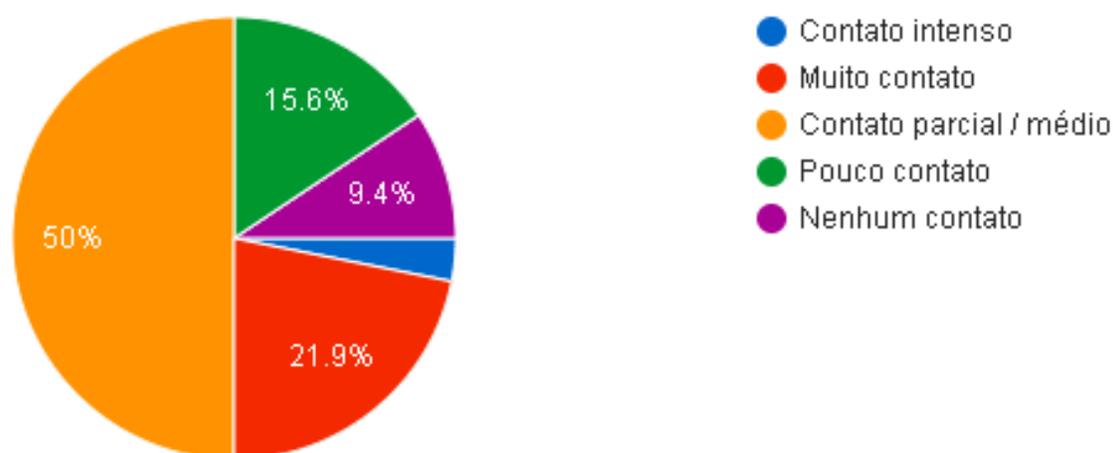


Figura 86. Gráfico acerca da pergunta sobre grau de contato com PCP

Fonte: Própria (2019)

Uma parcela bem pequena afirmou ter contato intenso com a matéria de PCP. No geral, pode-se afirmar que o grau de contato com os participantes é adequado para responder o questionário com propriedade nas perguntas específicas acerca da qualidade do *software*.

Na próxima seção, apresentam-se os resultados referentes à classe de perguntas sobre usabilidade.

6.4.2. Usabilidade

Os aspectos do protótipo do *software* educacional referentes à usabilidade foram avaliados nos quesitos de se explorar os conceitos de interface amiga, uso intuitivo e facilidade de uso, seguindo a abordagem metodológica dos autores Behkamal, Kahani e Akbari (2009).

Os autores Jeong e Kim (2012) classificam a usabilidade como sendo diretamente relacionada à facilidade no uso do programa em que se quer avaliar, sendo uma parte importante na mensuração da qualidade do *software* sob às diretrizes da norma ISO/IEC 9126-1.

6.4.2.1. Como você avalia o aspecto visual das telas do *software*?

A figura 87 mostra a classificação do aspecto visual do *software* como sendo bom (65,6%) e excelente (21,9%), demonstrando assim grande aceitação dos usuários quanto a este aspecto específico.

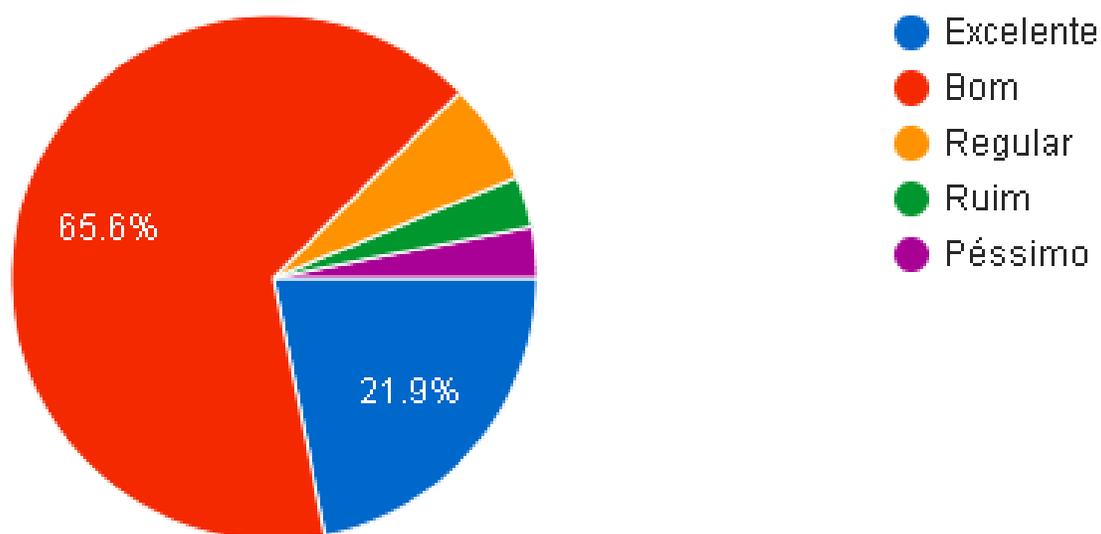


Figura 87. Gráfico acerca da pergunta sobre o aspecto visual do *software*

Fonte: Própria (2019)

Quanto ao aspecto visual, a avaliação mostrou que o protótipo foi muito bem aceito pelos avaliadores. As telas do software, que podem ser conferidas no capítulo V, agradaram visualmente os respondentes.

Os autores Jeong e Kim (2012) afirmam que a intuitividade e interface amigável se configuram em fatores poderosos para a eficácia do propósito e consequentemente o atingimento de altos níveis de qualidade em *softwares* diversos.

6.4.2.2. Como você avalia a disposição de textos, perguntas e alternativas no *software*?

De acordo com a figura 88, a disposição de itens como textos, perguntas e alternativas no software também obteve significativa aceitação por parte dos respondentes. A maioria (59,4%) avaliou como bom, 28,1% avaliaram como excelente e 12,5% como regular.

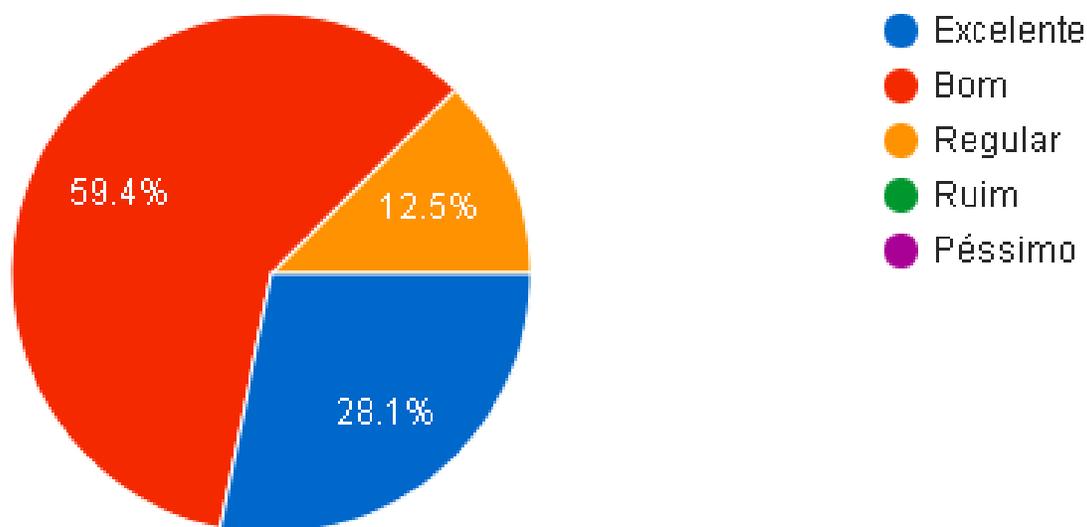


Figura 88. Gráfico acerca da pergunta sobre a disposição de itens do *software*

Fonte: Própria (2019)

No aspecto geral da disposição de textos, perguntas e alternativas, a avaliação mostrou que o *software* foi muito bem aceito pelos avaliadores.

6.4.2.3. Como usuário, como você avalia a interface do *software*?

A interface do usuário no protótipo foi avaliada como excelente (43,8%) e como bom (37,5%) pela maioria dos respondentes, como é conferido na figura 89.

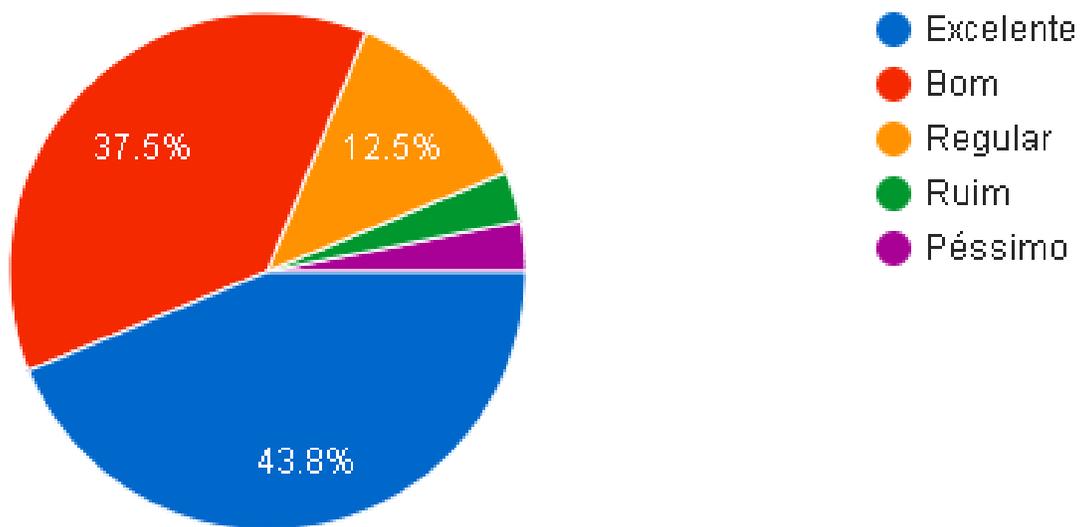


Figura 89. Gráfico acerca da pergunta sobre interface do *software*

Fonte: Própria (2019)

No contexto referente à interface, a avaliação mostrou que o protótipo foi muito bem aceito pelos avaliadores. A interface se mostra como uma das principais características de avaliação no quesito visual do *software*.

6.4.2.4. Na sua opinião, o *software* oferece comandos intuitivos que o tornam fácil de usar?

A figura 90, que discorre sobre comandos intuitivos e faz referência direta ao aspecto de facilidade de uso proposta pelos autores Behkamal, Kahani e

Akbari (2009), mostra que o *software* oferece dispositivos que o tornam fácil de usar na opinião dos respondentes.

Em números, 29% dos usuários responderam como grau parcial os comandos intuitivos do software, enquanto que 67,7% concordou que o software oferece sim comandos intuitivos.

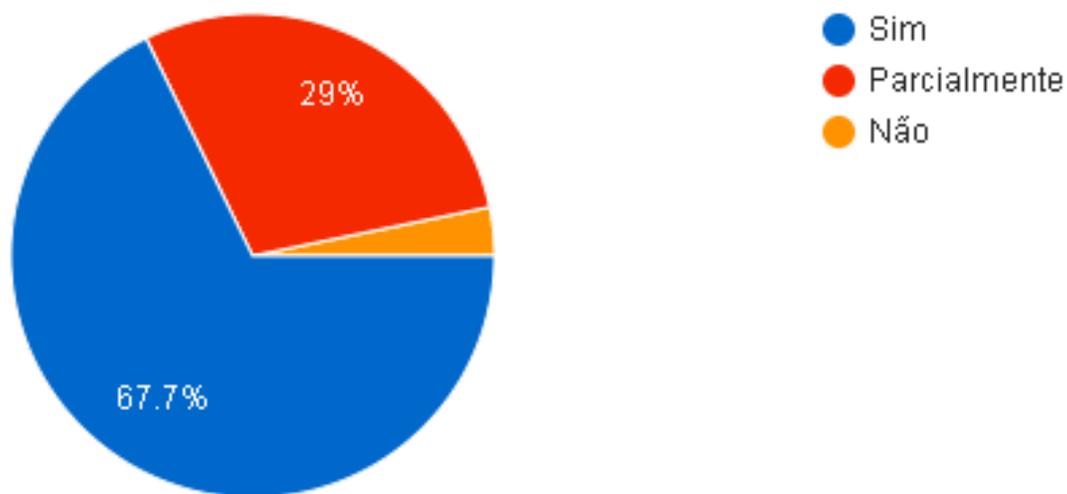


Figura 90. Gráfico acerca da pergunta sobre comandos intuitivos no *software*

Fonte: Própria (2019)

A intuitividade do *software* contribui muito para seu fácil uso e agradabilidade do usuário. Neste quesito, os respondentes avaliaram de maneira muito positiva a referido item no questionário.

A usabilidade em si pode ser determinante para o sucesso de um *software*, segundo Jeong e Kim (2012), uma vez que esta qualidade é a que parece ter impacto direto na percepção do usuário.

6.4.2.5. Na sua opinião, o *software* oferece uma experiência de uso agradável ao usuário?

A figura 91 mostra que a maioria dos respondentes 72,4% percebe a uso do software como uma experiência agradável, em termos de usabilidade.

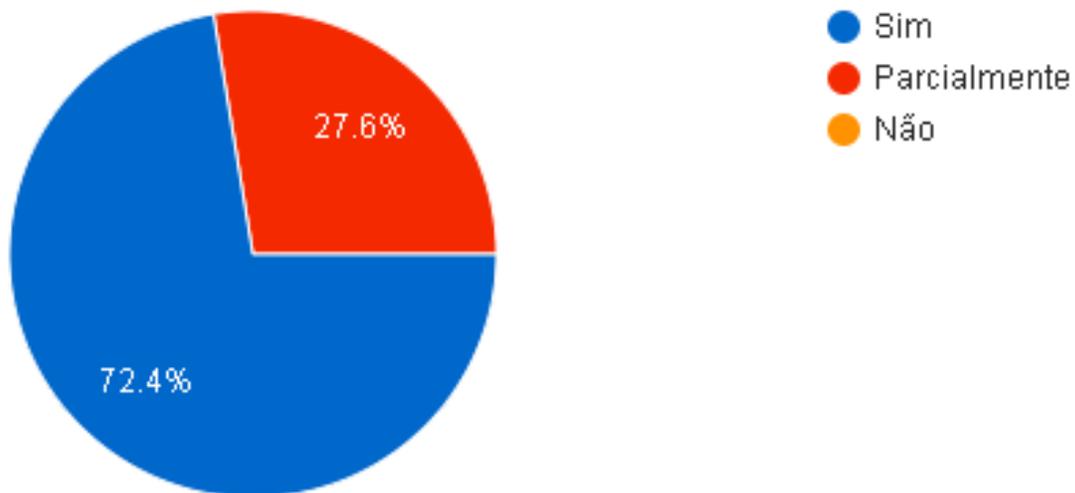


Figura 91. Gráfico acerca da pergunta sobre experiência de uso

Fonte: Própria (2019)

Oferecer um *software* agradável ao uso é um dos requisitos básicos para promover a sua aceitação no meio em que o mesmo está inserido. Neste aspecto específico o protótipo em questão cumpre seu papel segundo os dados de validação do questionário expostos.

6.4.2.6. No geral, como você avalia a USABILIDADE do *software*?

Na pergunta geral sobre usabilidade, que tem seu gráfico exibido na figura 92, percebe-se que a maioria dos respondentes avalia como bom (40,6%) a experiência com o software educacional de PCP, enquanto 37,5% o percebem como excelente e 18,8% como regular.

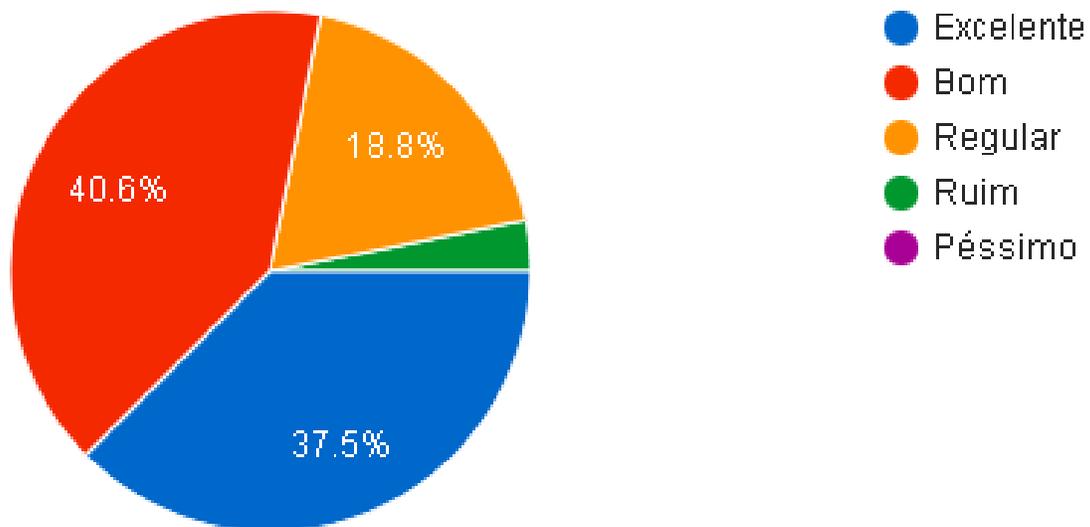


Figura 92. Gráfico acerca da pergunta sobre usabilidade

Fonte: Própria (2019)

Quanto usabilidade, a avaliação mostrou que o protótipo foi bem aceito pelos avaliadores. A usabilidade é um fator de extrema importância em softwares pois é um aspecto diretamente relacionado aos usuários finais.

Na próxima seção, apresentam-se os resultados referentes à classe de perguntas sobre Funcionalidade.

6.4.3. Funcionalidade

A classificação de perguntas do questionário que aborda o tema funcionalidade, também segue abordagem metodológica dos autores Behkamal, Kahani e Akbari (2009) e versa sobre aspectos como: funcionamento correto e suprimento das necessidades do usuário do *software*.

De acordo com Guerra e Coelho (2009) *software* é feito com base na padronização dos processos de desenvolvimento, a fim de garantir uma maior qualidade dos sistemas. Os modelos aplicados na garantia da qualidade atuam principalmente no processo funcional, mas o objetivo principal é garantir um produto final que satisfaça as expectativas do cliente.

6.4.3.1. Como você avalia o grau abrangência do conteúdo de PCP do *software*?

A figura 93 mostra o gráfico referente à opinião dos usuários quanto ao grau de abrangência do conteúdo de PCP no *software*. A maioria (37,5%) classifica como bom este aspecto, enquanto 31,3% o percebem como excelente, 15,6% como regular e 12,5% como ruim.

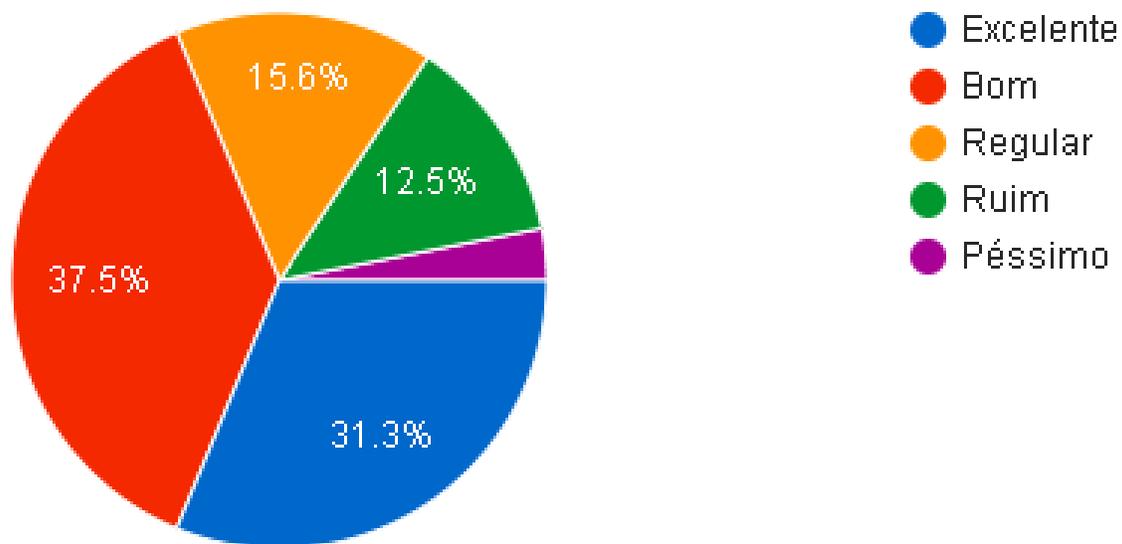


Figura 93. Gráfico acerca da pergunta de abrangência do conteúdo

Fonte: Própria (2019)

No quesito específico abordado no questionário da abrangência de conteúdo, acredita-se que alguns participantes tenham avaliado como ruim o *software* pela sua condição inicial de protótipo.

Neste contexto, observa-se a possibilidade de melhorias na abrangência de conteúdo pelo processo de versionamento, ou seja, a medida que novas versões do protótipo forem lançadas, espera-se que cada vez mais este quesito seja melhor avaliado.

6.4.3.2. Como você avalia a disposição de botões de comando/ação no *software*?

A figura 94 mostra o gráfico sobre a disposição de botões de comando/ação, onde metade dos respondentes classifica como excelente o aspecto abordado nesta pergunta, enquanto que 43,8% o classificam como bom e 6,2% como regular.

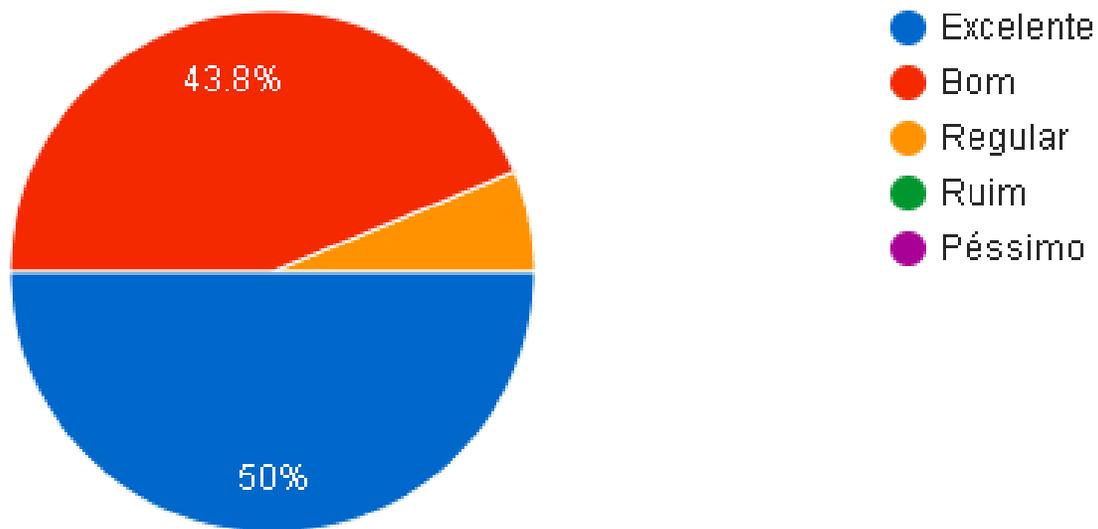


Figura 94. Gráfico acerca da pergunta de botões de comando

Fonte: Própria (2019)

No tocante aos botões de comando no protótipo, percebe-se que sua abordagem limpa e clara de tais botões (conferidos no capítulo V) propiciou maior simplicidade e agilidade de navegação no conteúdo de PCP do *software*.

6.4.3.3. Como você avalia o sequenciamento de telas do *software* para o propósito de apresentação das perguntas e alternativas?

A figura 95 mostra o gráfico sobre o sequenciamento de telas no quesito de apresentação do conteúdo de perguntas e alternativas do *software*, onde a maioria dos respondentes classifica como bom (46,9%) o aspecto abordado nesta

pergunta, enquanto que 40,6% o classificam como excelente e 12,5% como regular.

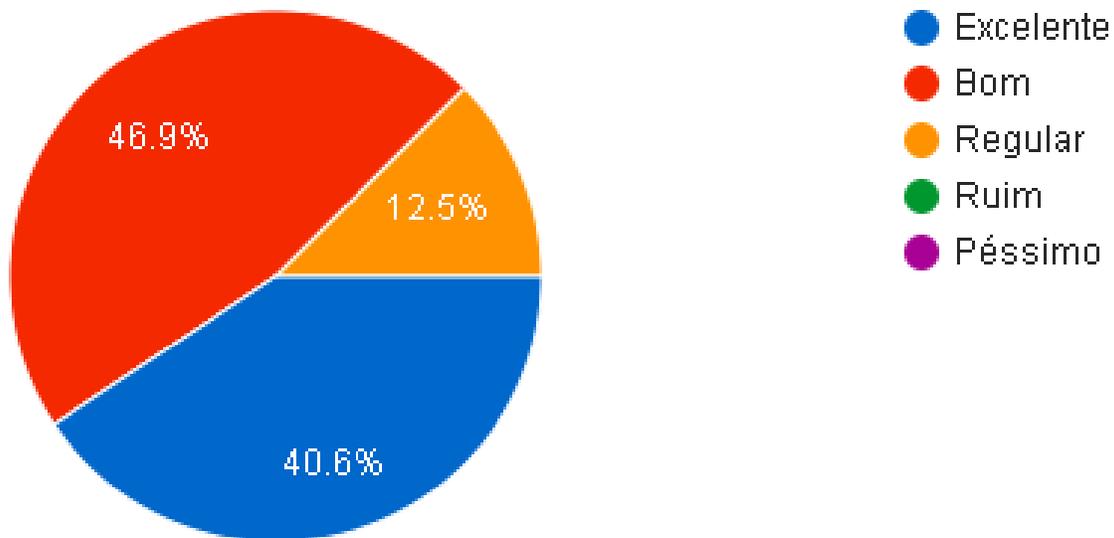


Figura 95. Gráfico acerca da pergunta de sequenciamento de telas

Fonte: Própria (2019)

No quesito específico abordado no questionário de sequenciamento de telas, acredita-se que a modelagem empresarial UML tenha colaborado majoritariamente para fomentar este aspecto no *software*.

6.4.3.4. Como você avalia o sequenciamento de telas do software para o propósito de apresentação dos textos (aulas) introdutórios?

A figura 96 mostra o gráfico sobre o sequenciamento de telas no quesito de apresentação do conteúdo das telas de orientação do *software*, onde metade dos respondentes classifica como bom o aspecto abordado.

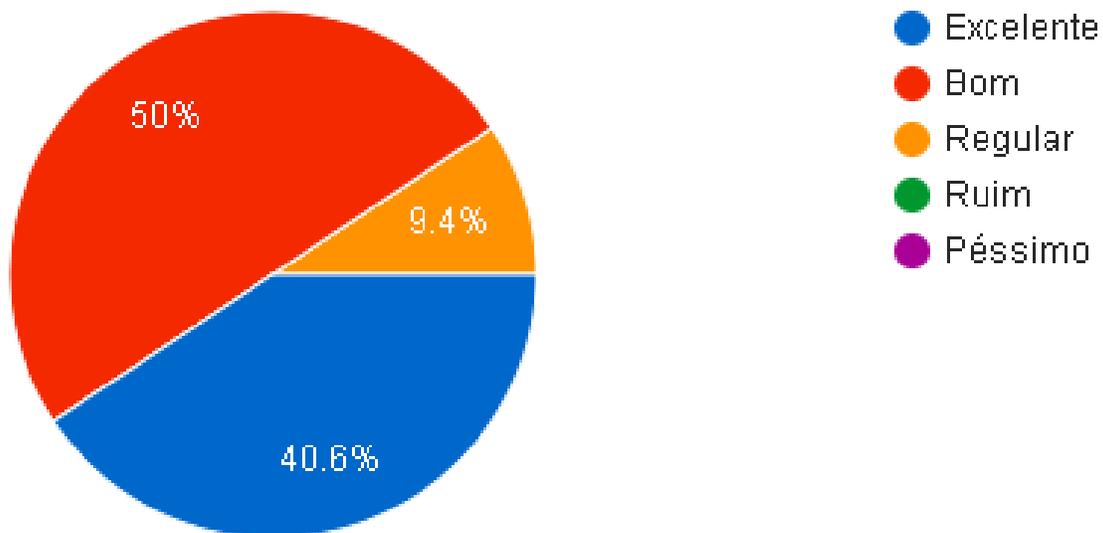


Figura 96. Gráfico acerca da pergunta de sequenciamento de telas

Fonte: Própria (2019)

No aspecto relacionado ao sequenciamento de telas de assuntos introdutórios, ou telas de orientação, presume-se mais uma vez que a modelagem empresarial UML tenha colaborado majoritariamente para fomentar este aspecto no *software*.

6.4.3.5. Como você avalia o sequenciamento de telas do software para o propósito de apresentação dos resultados finais do usuário?

A figura 97 mostra o gráfico sobre o sequenciamento de telas no quesito de apresentação do conteúdo da tela de resultado do *software*, onde a maioria dos respondentes classifica como excelente (41,9%) este aspecto específico, enquanto 35,5% o classificam como bom e 16,1% como regular.

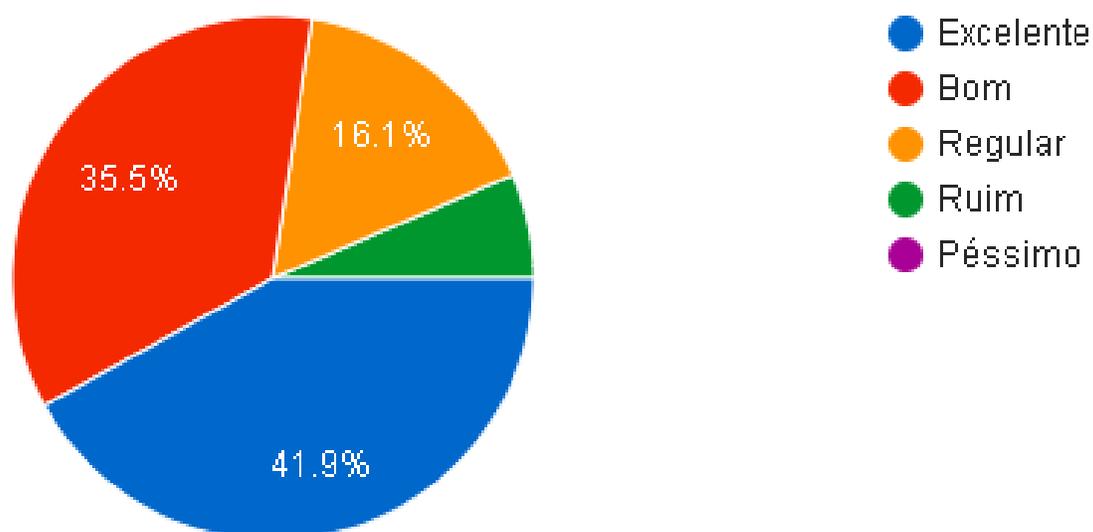


Figura 97. Gráfico acerca da pergunta de sequenciamento de telas

Fonte: Própria (2019)

A tela de resultados finais encerra a participação do usuário no *software* com uma espécie de grau de conhecimento sobre o assunto e é essencial para a dinâmica que se pretende atingir com o referido protótipo.

6.4.2.6. Na sua opinião, o conteúdo do software está condizente com sua proposta (de aumentar a eficiência do ensino-aprendizagem dos temas de PCP nas universidades)?

Mais de 2/3 dos respondentes (76,7%) acha que a proposta do software está condizente com o intuito de aumentar a eficiência do ensino-aprendizagem dos temas de PCP nas universidades, como se pode conferir na figura 98.

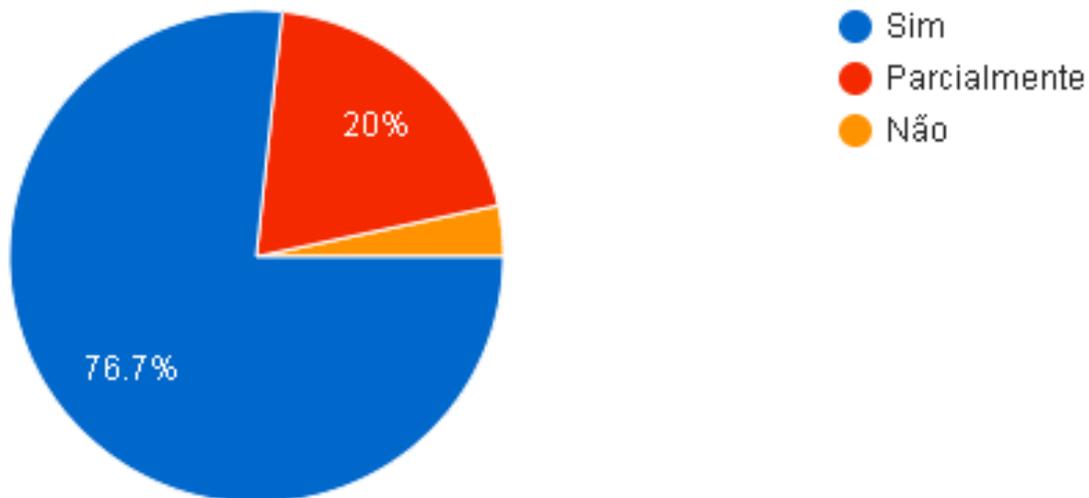


Figura 98. Gráfico acerca da pergunta da proposta do *software*

Fonte: Própria (2019)

A avaliação relacionada à proposta do software estar condizente com o objetivo de eficiência ser bem aceita mostra a aceitação do público respondente congruente com o propósito da modelagem empresarial UML nesta dissertação.

6.4.2.7. No geral, como você avalia a FUNCIONALIDADE do software?

Na pergunta geral sobre funcionalidade, a maioria (46,9%) classifica como bom este aspecto específico no *software* de PCP, enquanto 31,3% o classificarem com sendo excelente e 16,1% como regular, como é conferido na figura 99.

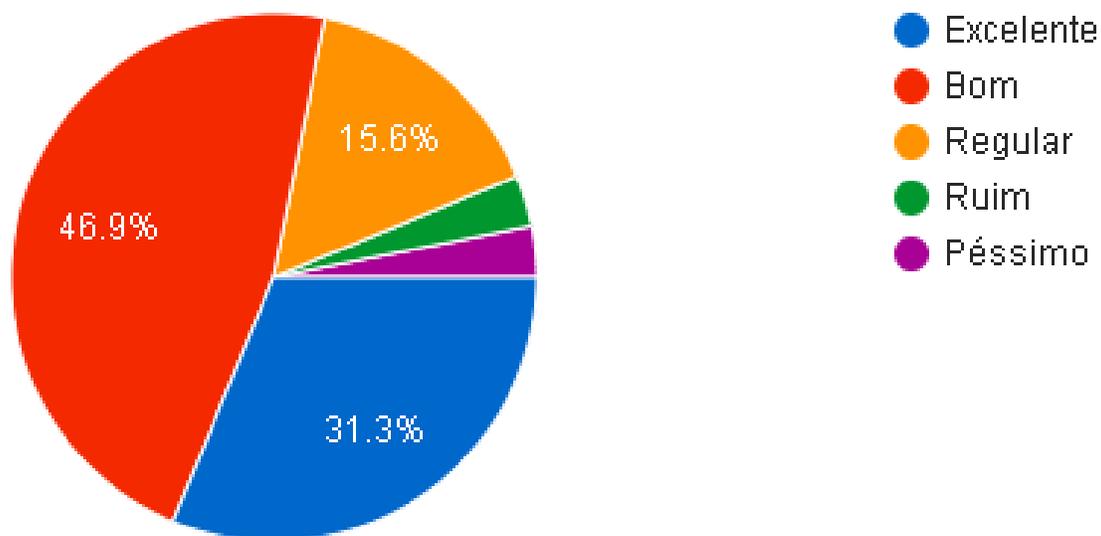


Figura 99. Gráfico acerca da pergunta de funcionalidade

Fonte: Própria (2019)

Aspectos de funcionalidade são de extrema importância para a qualidade mensurada no *software* e o fato de serem bem avaliados traz relevância para o protótipo da presente dissertação.

Na próxima seção, apresentam-se os resultados referentes à classe de perguntas sobre eficiência didática.

6.4.4. Eficiência didática

Os aspectos referentes à eficiência didática, de acordo com os autores Behkamal, Kahani e Akbari (2009), pode ser interpretado como o grau em que o protótipo do *software* cumpre o seu propósito

Os autores Jeong e Kim (2012) determinam que os aspectos relativos à eficiência que influenciam a percepção do usuário quanto à qualidade do *software* sejam designados logo na modelagem do tema.

Entretanto, o usuário do *software* não possui, geralmente, a noção direta da eficiência do mesmo, sendo este um aspecto intrínseco, porém que exige análise apurada qualitativa ou mensurada posterior ao uso. Ou seja, o fator

eficiência se configura num importante aspecto analítico da qualidade do *software*.

6.4.4.1. Como você avalia o grau de didática (capacidade de transmitir conhecimento) do *software*?

Mais da metade dos respondentes classifica como bom (56,3%) a capacidade de transmitir conhecimento do *software*, enquanto que 31,3% a classificam como excelente e 9,4% como regular, como confere-se na figura 100.

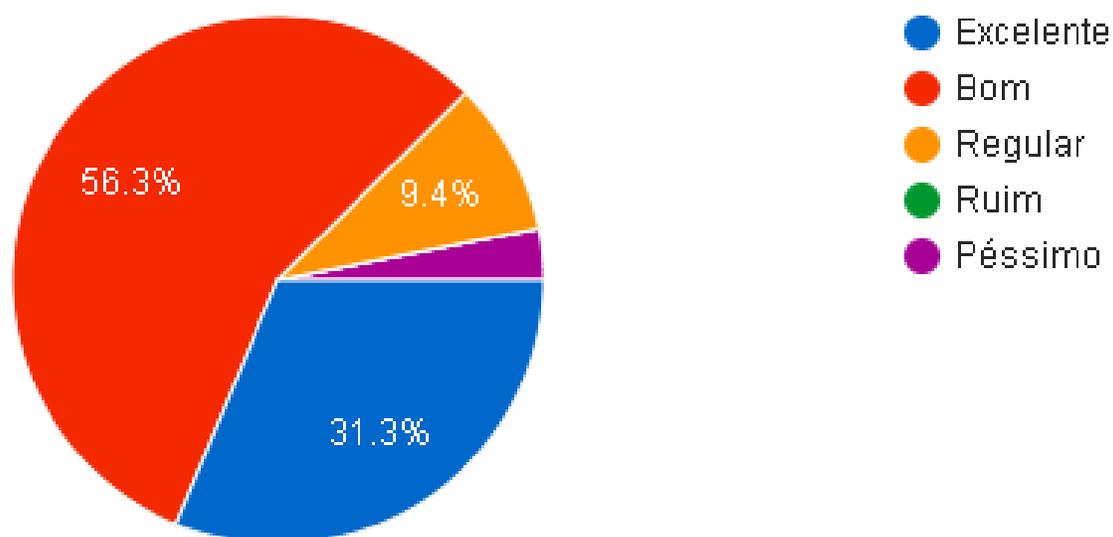


Figura 100. Gráfico acerca da pergunta sobre grau de didática

Fonte: Própria (2019)

O grau de didática, ou a capacidade de transmitir conhecimento do *software*, revelam-se ser de grande importância para a mensuração da qualidade do referido protótipo.

6.4.4.2. Como você avalia o grau de adequação do *software* às necessidades do ambiente universitário?

A figura 101 exibe o gráfico acerca da pergunta sobre grau de adequação às necessidades do ambiente universitário, onde a maioria dos respondentes classifica o aspecto abordado como excelente no protótipo de *software* avaliado.

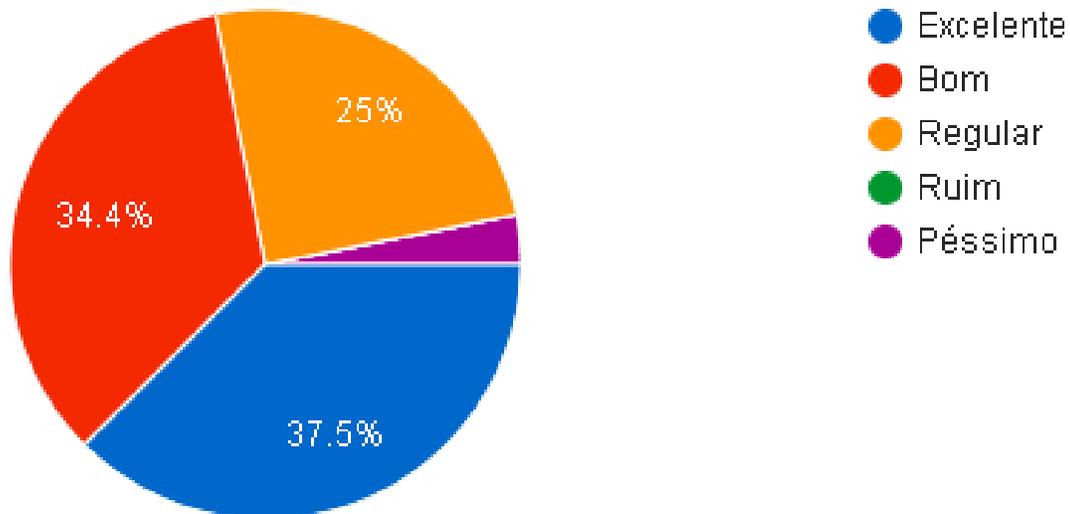


Figura 101. Gráfico acerca da pergunta sobre grau de adequação às necessidades

Fonte: Própria (2019)

O grau de adequação às necessidades promovido pelo protótipo, foi percebido como regular por $\frac{1}{4}$ dos participantes, algo que delineia um ponto específico de melhoria do *software* apresentado aos avaliadores.

6.4.4.3. Em relação a sua experiência acadêmica, você acredita que o *software* tem um propósito útil para aumentar a eficiência do processo de ensino aprendizagem?

A maioria dos respondentes (73,3%) afirma que o *software* tem um propósito útil para o objetivo de aumentar a eficiência do processo de ensino aprendizagem.

20% dos usuários do software responderam como 'parcialmente' e 6,7% como 'não'. Como confere-se na figura 102.

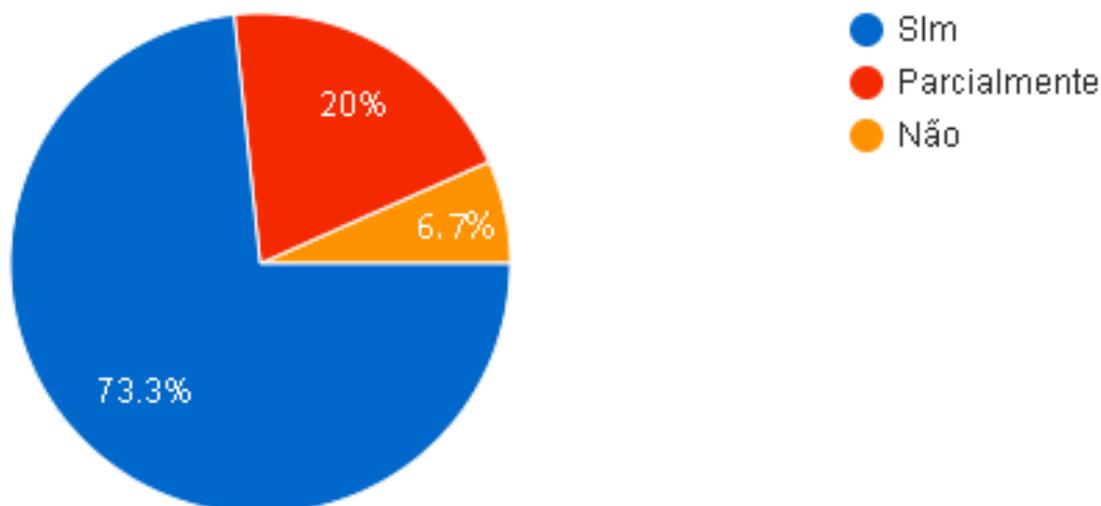


Figura 102. Gráfico acerca da pergunta sobre utilidade da proposta do *software*

Fonte: Própria (2019)

O *software* tem um propósito útil, segundo avaliações dos usuários, fomentando assim mais um dado do questionário que exalta a relevância do assunto abordado e também a importância da metodologia da modelagem empresarial UML utilizada no protótipo.

6.4.4.4. Você acredita que o *software* possui os requisitos necessários para aumentar a eficiência do processo de ensino-aprendizagem do PCP?

A figura 103 mostra que a maioria dos respondentes (43,8%) concorda que o *software* possui os requisitos necessários para aumentar a eficiência do processo de ensino-aprendizagem do PCP, enquanto 31,3% concorda plenamente, 12,5% é indiferente e a porcentagem de 6,2% se repete para os que discordam e discordam completamente.

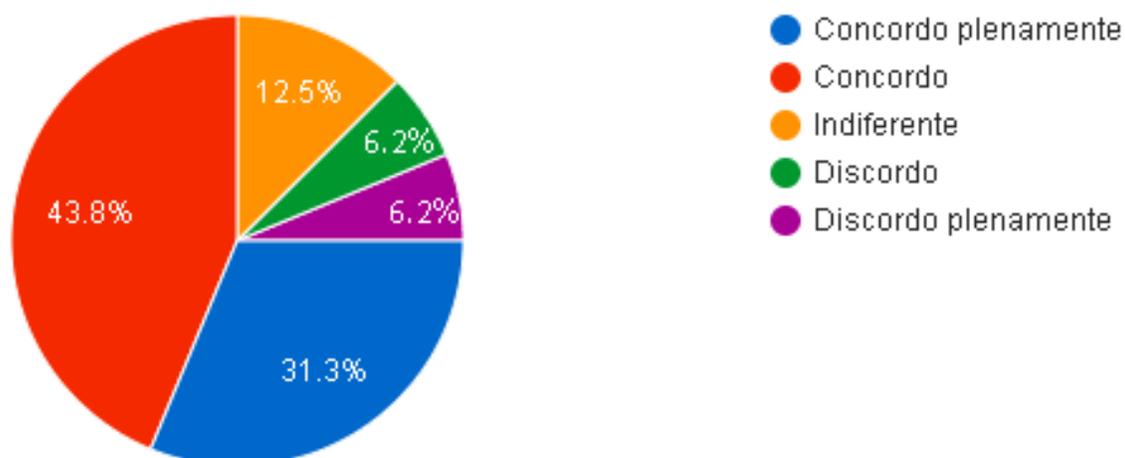


Figura 103. Gráfico acerca da pergunta sobre requisitos do *software*

Fonte: Própria (2019)

No tocante aos requisitos do *software*, mais uma vez, considera-se a questão como um indicativo de melhoria para o *software* através de um processo de versionamento, utilizando as respostas do questionário de avaliação como insumo.

6.4.4.5. Você acredita que iniciativas como a do presente *software* tem real poder de aumentar a eficiência de ensino-aprendizagem em ambientes universitários?

A figura 104 mostra que a maioria dos respondentes (46,9%) concorda que o *software* tem real poder de aumentar a eficiência de ensino-aprendizagem em ambientes universitários, enquanto 31,3% concorda plenamente, e a porcentagem de 9,4% se repete para os que são indiferentes e discordam completamente.

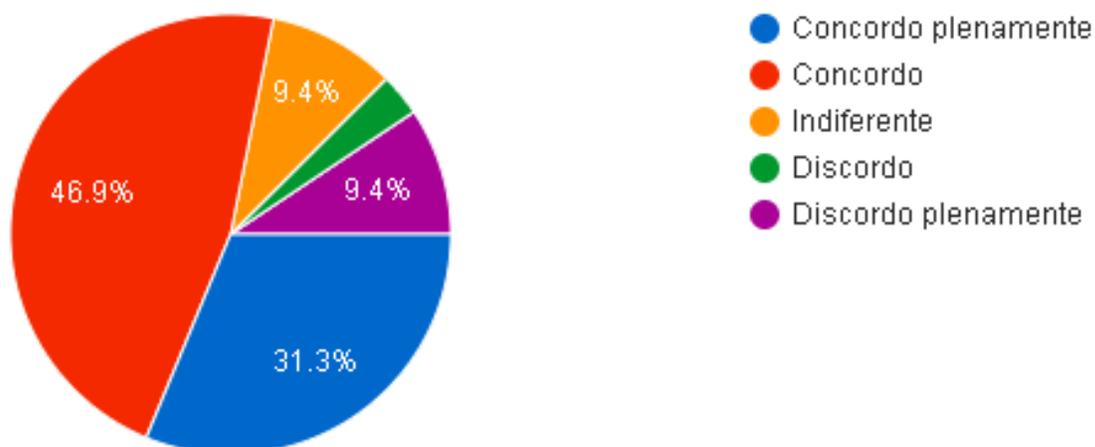


Figura 104. Gráfico acerca da pergunta sobre eficácia do *software*

Fonte: Própria (2019)

6.4.4.6. Qual a probabilidade de você indicar o *software* para um amigo?

Quanto à probabilidade de indicar o software para amigos e colegas de curso, os respondentes responderam que teria altas chances (46,9%). Entretanto, a avaliação como muito baixa (12,5%) também é significativa, como exibe-se na figura 105.

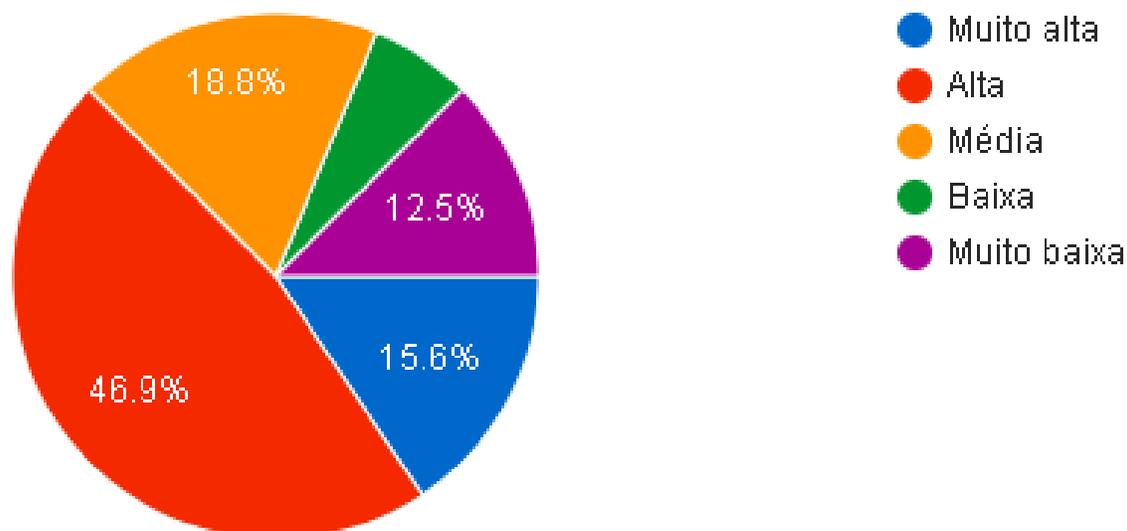


Figura 105. Gráfico acerca da possibilidade de o respondente indicar o *software* para um amigo

Fonte: Própria (2019)

A pergunta de indicação do *software* para um amigo segue a tendência de avaliação de aplicativos que desempenham certa funcionalidade e ajuda a medir a qualidade do protótipo através de uma ótica diferente das abordadas em outras perguntas.

6.4.4.7. No geral, como você avalia a EFICIÊNCIA DIDÁTICA do *software*?

Na pergunta geral sobre a eficiência do *software*, metade dos respondentes avalia como bom este aspecto específico, enquanto 31,3% o classificaram como sendo excelente e 12,5% como regular. Também houve 8,5% de respostas julgando o *software* como sendo péssimo. Como é conferido na figura 106.

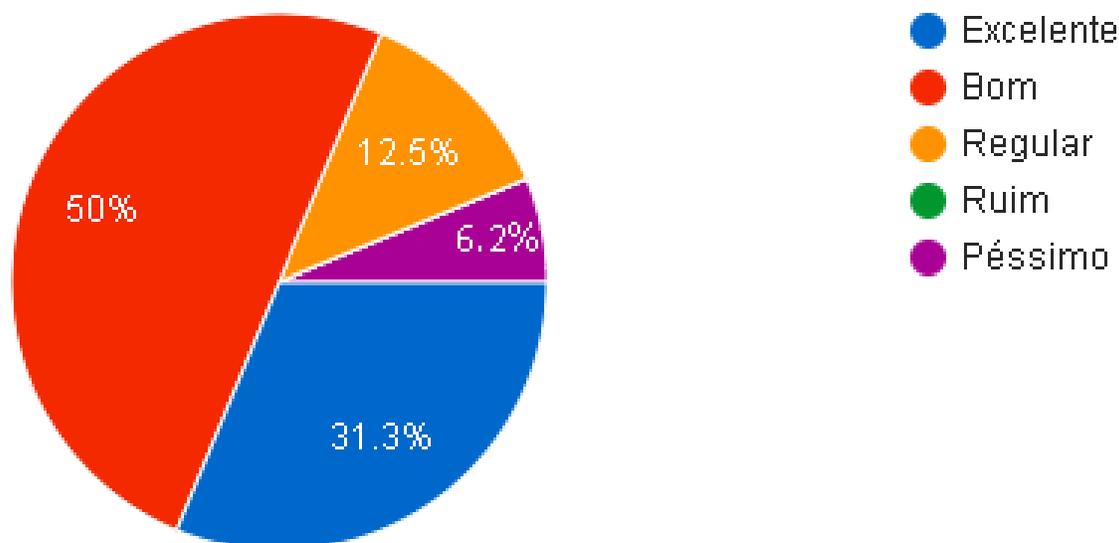


Figura 106. Gráfico acerca da pergunta sobre eficácia didática

Fonte: Própria (2019)

Segundo avaliações dos usuários, o *software* tem um propósito útil, fomentando assim sua relevância no quesito do assunto abordado e também a

importância da metodologia da modelagem empresarial UML utilizada no protótipo.

Na próxima seção, apresentam-se os resultados referentes à classe de perguntas sobre confiabilidade.

6.4.5. Confiabilidade

Na avaliação pertinente aos aspectos de confiabilidade, os autores Behkamal, Kahani e Akbari (2009) exaltam os fatores: tempo de uso sem falhas e tempo de uso desempenhando funcionamento planejado

O aspecto avaliativo da confiabilidade é utilizado para possível mensuração da frequência com que as falhas aparecem nos sistemas estudados. Os autores Jeong e Kim (2012) estabelecem algumas métricas tradicionais para a medição específica deste quesito como o número de falhas por determinado período de tempo, por exemplo.

O fator confiabilidade está diretamente relacionado à qualidade do *software* no tocante aos aspectos de uso do mesmo, uma vez que *software* deve oferecer suporte pertinente ao seu uso e não ter sua funcionalidade interrompida por problemas adjacentes.

6.4.5.1. Você considera os recursos de usabilidade do *software* confiáveis?

A figura 107 mostra que a grande maioria (84,4%) considera os recursos de usabilidade do *software* confiáveis, enquanto 15,6% considera parcialmente.

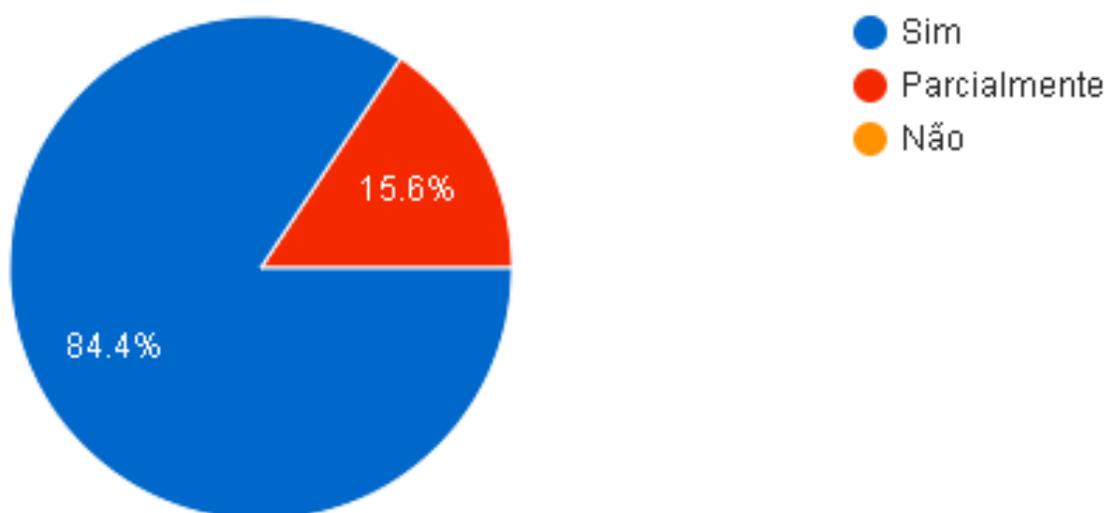


Figura 107. Gráfico acerca da pergunta sobre confiabilidade nos recursos de usabilidade

Fonte: Própria (2019)

A confiabilidade é de extrema importância para a continuidade do protótipo, isto é, para que os usuários possam perceber a regularidade de funcionamento de diversos aspectos, como a usabilidade, avaliada no gráfico da figura 107.

6.4.5.2. Você considera os recursos de conteúdo de PCP do *software* confiáveis?

A figura 108 mostra que a grande maioria (84,4%) considera os recursos de conteúdo do software confiáveis.

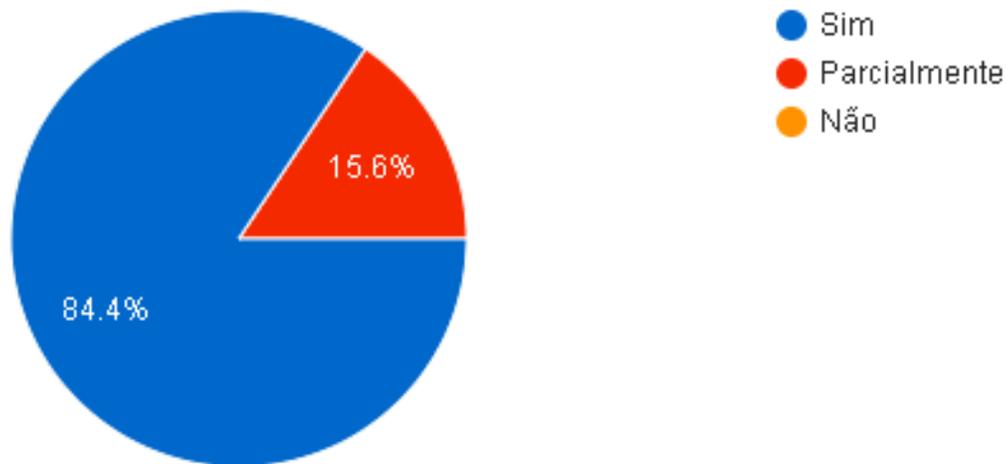


Figura 108. Gráfico acerca da pergunta sobre confiabilidade do conteúdo

Fonte: Própria (2019)

Mais uma vez confiabilidade se mostra relevante para que os usuários possam perceber a qualidade de conteúdo do protótipo.

Guerra e Coelho (2009) afirma que o aspecto de confiabilidade pode ser traduzido pela regularidade e previsibilidade da ação e resultado provenientes de comandos e recursos presentes no *software*.

6.4.5.3. No geral, como você avalia a CONFIABILIDADE do *software*?

Na pergunta geral sobre o aspecto de confiabilidade, a maioria (46,9%) avalia o *software* como bom, enquanto 37,5% o avaliam como excelente e 9,4% como ruim. Como é conferido na figura 109.

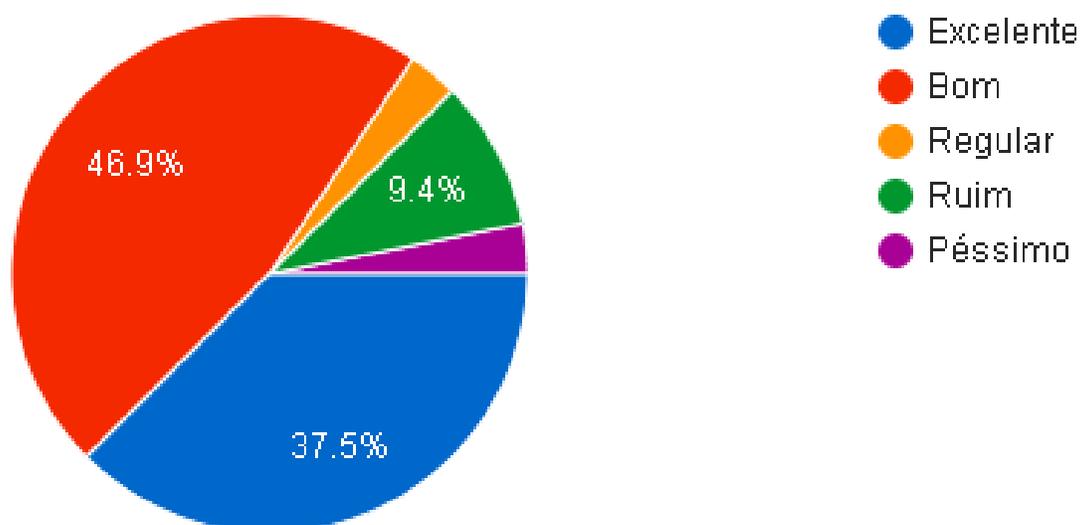


Figura 109. Gráfico acerca da pergunta sobre confiabilidade geral

Fonte: Própria (2019)

A confiabilidade, último aspecto a ser medido pelo questionário de avaliação, exibiu um grau considerado bom pelos respondentes, fomentando assim a relevância do protótipo de software educacional feito a partir da modelagem empresarial UML.

Na próxima seção, exibe-se relatos dos respondentes a respeito do software na forma de opinião aberta.

6.4.6. Opinião do respondente

Mattar (2018) afirma que a presença de uma pergunta aberta no questionário pode ser uma alternativa para deixar o respondente mais à vontade e assim ser mais espontâneo e sincero ao responder as perguntas restantes.

O questionário avaliativo do protótipo de *software* educacional da presente dissertação recebeu *feedbacks* na forma de dúvidas, críticas construtivas e sugestões por *email*.

Tais *feedbacks*, frutos da análise gerada a partir da perspectiva do usuário, ajudaram a enriquecer e aprimorar a análise puramente quantitativa das perguntas fechadas expostas nas seções 6.4.1 a 6.4.5.

Dentre as críticas mais relevantes a respeito dos aspectos funcionais estão as observações: quanto ao aspecto sequencial do *software* que não permite ao usuário pular uma questão e voltar nela depois; e quanto a necessidade de se colocar o progresso de quantas perguntas foram respondidas e quantas ainda restam.

Houveram também sugestões para se atentar a acessibilidade na *web*, para que alunos e professores portadores de necessidades especiais possam usufruir do conhecimento disponibilizado pelo *software*.

Por limite de tempo e escopo de trabalho, a bibliografia sobre acessibilidade à softwares não foi citada nesta pesquisa e é sugerida nos trabalhos futuros.

CAPITULO VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num contexto geral, interpreta-se os resultados do questionário como positivos, fomentando a estrutura das etapas complementares do modelo empresarial UML de construção de um protótipo de *software* e validação do mesmo através de avaliação por parte do publico-alvo.

7.1. Conclusão

Na presente dissertação, o modelo empresarial UML proposto foi possibilitado através de uma compreensão adequada do contexto em que o mesmo atuará.

Os conceitos de PCP, obtidos por meio de aprofundamento na literatura científica relevante do tema, foram essenciais para descrever com propriedade os pontos-chave e seus inter-relacionamentos da estrutura de conteúdo presente no protótipo de ensino-aprendizagem.

No tocante aos objetivos específicos, realizou-se o recurso da bibliometria no intuito de se obter aprofundamento bibliográfico para fornecer insumos que pudessem denotar o contexto e estado da arte dos campos de estudo de PCP, UML e *softwares* educacionais.

Desta maneira, cumprem-se com êxito tais objetivos com a criação do arcabouço teórico dos temas supracitados, fornecendo assim subsídios para a realização da modelagem como etapa central da dissertação.

A respeito dos objetivos específicos de criação de um protótipo de *software* e aplicação de um questionário para validação do mesmo, conferidos nos capítulos V e VI, respectivamente, conclue-se que o conteúdo gerado fomenta também o cumprimento de tais premissas na presente dissertação.

Os resultados do questionário foram positivos, de maneira geral, e auxiliam na fundamentação da relevância da presente pesquisa para a literatura científica dos temas de PCP, UML e *softwares* educacionais.

Como produto principal do trabalho e objetivo geral a ser alcançado, tem-se a modelagem empresarial UML, que fornece uma estrutura original e inédita para se estruturar o conteúdo de um tema prático (no caso, o PCP) sob a perspectiva de criação de um protótipo de ensino-aprendizagem.

O diagrama de classes UML, utilizado como notação gráfica, mostra-se como adequado ao propósito da pesquisa, pois exhibe os principais componentes, suas operações e seus relacionamentos para as principais etapas do PCP, destacando e priorizando assim os pontos-chaves a serem priorizados e abordados no processo de ensino-aprendizagem do tema nas universidades brasileiras.

Avaliando os modelos UML dos diferentes níveis de PCP na presente pesquisa (S&OP, Planejamento Agregado, Planejamento Mestre, MRP I, Programação da Produção, RRP, RCCP e CRP), conclui-se que a notação é capaz de oferecer uma visão simplificada de uma realidade complexa através da abstração, permitindo eliminar detalhes irrelevantes e se concentrar em um ou mais aspectos importantes de cada vez.

Como mais um dos fundamentos de relevância da modelagem UML no presente trabalho, temos a premissa de que um modelo proposto pode ser a base para outros modelos, abrindo espaço não só para aprimoramentos, mas também para ideias criativas e inovadoras à serviço da ciência.

Em linhas gerais, a pesquisa da dissertação é extensiva e abordando conceitos de bibliometria, estrutura de conteúdo de PCP, modelagem empresarial UML, concepção de protótipo de *software* educacional em formato AVA, e metodologia e aplicação de questionário.

Desta maneira, sua relevância acadêmica também se estabelece pelo conjunto da obra abordado, desde a modelagem até a sua operacionalização e validação, que oferece insumos para futuros pesquisadores desenvolverem seus trabalhos.

Quanto ao cumprimento do objetivo específico complementar de criação do protótipo de ensino-aprendizagem, exibido no capítulo V, espera-se que os estudantes sejam ativos, tendo responsabilidade sobre sua aprendizagem, uma vez que a proposta final de aumento da eficiência no ensino-aprendizagem é apenas possibilitada se houver a dedicação necessária por parte daqueles que irão absorver o conteúdo estruturado.

Dentro das salas de aula, espera-se que o *software* ofereça dinamismo, eleve a motivação de alunos e professores, acelere o aprendizado dos pontos chave da matéria e refine as dúvidas dos estudantes, que por sua vez, contarão com o apoio sempre necessário do professor/orientador no estudo.

No tocante ao objetivo de aplicação de questionário para validação inicial do protótipo de ensino-aprendizagem em formato AVA, obtém-se os resultados expostos no capítulo VI, onde o protótipo em questão foi avaliado sob a perspectiva dos fatores: usabilidade, funcionalidade, confiabilidade e eficiência didática.

Por fim, através dos argumentos nesta seção apresentados, estabelece-se como cumprido o objetivo geral da presente dissertação de se apresentar um protótipo ensino-aprendizagem formulado a partir da modelagem empresarial UML.

7.2. Proposta de trabalhos futuros

Como proposta para trabalhos futuros a partir dos modelos empresariais UML propostos, enfatiza-se o fato de que os mesmos geram insumo para a criação de outros modelos aprimorados e com diferentes intuitos.

O uso de inteligência artificial se mostra como fator relevante para o aprimoramento da presente pesquisa, uma vez que o protótipo desenvolvido oferece meios de inclusão de novas tecnologias computacionais de *software* voltado para o processo de ensino-aprendizagem.

Pesquisas focadas em cursos EAD também podem se beneficiar da utilização da modelagem empresarial UML na estruturação do conteúdo dos cursos de ensino a distância. Obtendo vantagens na padronização dos processos de formulação deste conteúdo e ganhos de eficiência com a aceleração do aprendizado dos conceitos base da matéria pelos alunos.

Estudo de acessibilidade de *software* e condição de alunos, professores e participantes do meio acadêmico portadores de necessidades especiais, tema sugerido através de *feedback* ao protótipo, se estabelece como outra vertente para desenvolvimento de pesquisas futuras

Por fim, sugere-se como proposta de trabalhos futuros, a aplicação de questionário para uma amostra probabilística avaliando o protótipo de ensino-aprendizagem de modo holístico que considere programadores, desenvolvedores e mantenedores no questionário, além do público-alvo delimitado na presente dissertação.

Desta maneira, almeja-se fomentar quantitativamente a relevância da notação UML para abstração de conteúdos complexos e dinâmicos sob a perspectiva do processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAKER, D. Aaker on branding: 20 principles that drive success. Morgan James Publishing. (2014).

AMBLER, Scott W. The object primer: Agile model-driven development with UML 2.0. Cambridge University Press, 2004.

AMBROSE, Scott. Achieving S&OP Success: How Principles of Team Effectiveness Can Help. Foresight: The International Journal of Applied Forecasting, 2016.

ARAÚJO, Luis César G. de; GARCIA, Adriana Amadeu; MARTINES, Simone. Gestão de Processos: melhores resultados e excelência organizacional. São Paulo: Atlas, 2011.

ATIYA, Bayda et al. Application of simulated annealing to solve multi-objectives for aggregate production planning. In: AIP Conference Proceedings. AIP Publishing, Vol. 1739. No. 1, 2016.

BALDAM, Roquemar; ABEPRO, Associação; ROZENFELD, Henrique. Gerenciamento de Processos de Negócio-BPM: Uma referência para implantação prática. Elsevier Brasil, 2014.

BENNETT, Randy Elliot. The changing nature of educational assessment. Review of Research in Education 39, no. 1. 2015.

BARBOSA, J. Software educacional Hagáquê e suas contribuições pedagógicas na formação de professores. 2015.

BARCELOS, Ricardo Luis et al. Processo logístico de faturamento: estudo de caso aplicado a uma distribuidora de alimentos. Navus-Revista de Gestão e Tecnologia, v. 7, n. 2, p. 66-77, 2017.

BARRETINI, Alessa; CAMPOS, Renato de. Modelos de processos para jogos de empresas na área de planejamento e controle da produção. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP, Brasil, 2010. (citado 3 vezes)

BEVILACQUA, Maurizio; MAZZUTO, Giovanni; PACIAROTTI, Claudia. A combined IDEF0 and FMEA approach to healthcare management reengineering. International Journal of Procurement Management, v. 8, n. 1-2, p. 25-43, 2014.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. UML: guia do usuário. Elsevier Brasil, 2006.

BRAMBILLA, Marco; FRATERNALI, Piero. Interaction flow modeling language: Model-driven UI engineering of web and mobile apps with IFML. Morgan Kaufmann, 2014.

CAMPOS, André LN. Modelagem de Processos com BPMN 2ª edição. Brasport, 2014.

CASTRO, Rodrigo Caprio Leite de, Daniela Riva KNAUTH, Erno HARZHEIM, Lisiane HAUSER, and Bruce BARTHLOW. "Avaliação da qualidade da atenção primária pelos profissionais de saúde: comparação entre diferentes tipos de serviços." Cadernos de Saúde Pública, 2012.

CHATURVEDI, Nitin Dutt; BANDYOPADHYAY, Santanu. Targeting aggregate production planning for an energy supply chain. Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 54, n. 27, p. 6941-6949, 2015.

CHINOSI, Michele; TROMBETTA, Alberto. BPMN: An introduction to the standard. Computer Standards & Interfaces, v. 34, n. 1, p. 124-134, 2012.

CIRIBELLI, Marilda Corrêa. Como elaborar uma dissertação de mestrado através da pesquisa científica. 7Letras, 2003.

CIURANA, J. et al. A model for integrating process planning and production planning and control in machining processes. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 24, n. 4, p. 532-544, 2008.

CORRÊA, H.; CORRÊA, C. Administração de produção e operações: manufatura e serviços - Uma abordagem estratégica. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu GN; CAON, Mauro. Planejamento, Programação e Controle da Produção. São Paulo: Atlas, v. 1, 2009.

CÔRTEZ, P. L. *Administração de sistemas de informação*. São Paulo: Saraiva. 2008.

COSTA, Alexandre Nunes; WERNECK, Vera MB; CAMPOS, Marcio Francisco. Avaliação de ferramentas para desenvolvimento orientado a objetos com UML. Cadernos do IME-Série Informática, v. 25, p. 5-14, 2013.

COSTA, Helder Gomes. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. Revista da FAE, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2016.

DAVIS, M.; AQUILANO, N. & CHASE, R. B. Fundamentos de Dirección de Operaciones. 3. ed. Espanha: McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U., 2001. (citado 2 vezes)

DA SILVA, Eduardo Correia; VILLANI, Emilia. Integrando SysML e model checking para V&V de software crítico espacial. In: Brazilian Symposium on Aerospace Engineering and Applications, São José dos Campos, SP, Brazil. 2009.

DA SILVA FERREIRA, Ailton et al. Modelagem e arquiteturas de um projeto do erp5. PerspectivasOnLine 2007-2010, v. 2, n. 7, 2014.

DE ARAÚJO, Alex Lins; CYSNEIROS, Luiz Marcio; WERNECK, Vera Maria Benjamim. NDR-Tool: Uma Ferramenta de Apoio ao Reuso de Conhecimento em Requisitos Não Funcionais. In: WER. 2014.

DI FRANCESCANTONIO, Leonardo; DE ALMEIDA, Fernando Luiz; LARUCCIA, Mauro Maia. O desenvolvimento de projetos, com o auxílio da engenharia de software e metodologia ágil scrum. Augusto Guzzo Revista Acadêmica, n. 10, p. 196-208, 2012.

DOMINGOS, Jean Carlos; POLITANO, Paulo Rogério; PEREIRA, Néocles Alves. Systems dynamics model for the expanded S&OP process. Gestão & Produção, v. 22, n. 4, p. 755-788, 2015. (citado 2 vezes)

DOMINGOS, Jean Carlos. Uso da dinâmica de sistemas no processo de S&OP. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

DROHOMERETSKI, E. Um estudo do impacto das formas de controle de inventário na acuracidade de estoque. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2009.

DWYER, John. Box clever with planning. Works Management, v. 53, n. 4, p. 30-30, 2000.

ENTEZAMINIA, Arezoo; HEYDARI, Mahdi; RAHMANI, Donya. A multi-objective model for multi-product multi-site aggregate production planning in a green supply chain: Considering collection and recycling centers. Journal of Manufacturing Systems, v. 40, p. 63-75, 2016.

EROL, Rizvan; NAKIBOGLU, Gülsün. A Mathematical Modeling Approach for Materials Requirements Planning in Remanufacturing. Business and Economics Research Journal, v. 8, n. 1, p. 101, 2017. (citado 2 vezes)

FERREIRA, Deisemara; ALMADA-LOBO, Bernardo; MORABITO, Reinaldo. Formulações monoestágio para o problema de programação da produção de bebidas dois estágios com sincronia. *Production*, v. 23, n. 1, p. 107-119, 2013.

FÉRRER, E. et al. Investigação de uma abordagem de planejamento e desenvolvimento organizacional. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

FLEISCHMANN, Bernhard; MEYR, Herbert; WAGNER, Michael. Advanced planning. In: *Supply chain management and advanced planning*. Springer Berlin Heidelberg, p. 71-95, 2015.

FRANCE, Robert B. et al. A UML-based pattern specification technique. *IEEE transactions on Software Engineering*, v. 30, n. 3, p. 193-206, 2004.

FRANCE, R. et al. The UML as a formal modeling notation. *Computer Standards & Interfaces*, v. 19, n. 7, p. 325-334, 1998.

FROHLICH, Markham T.; WESTBROOK, Roy. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of operations management*, v. 19, n. 2, p. 185-200, 2001.

GANSTERER, Margaretha. Aggregate planning and forecasting in make-to-order production systems. *International Journal of Production Economics*, v. 170, p. 521-528, 2015.

GEORGIADIS, Patroklos; ATHANASIOU, Efstratios. Flexible long-term capacity planning in closed-loop supply chains with remanufacturing. *European Journal of Operational Research*, v. 225, n. 1, p. 44-58, 2013.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. Plageder, 2009.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª ed. Atlas, São Paulo. 2002

GIROTTI, Leonel Jose; MESQUITA, Marco Aurélio. Uma análise comparativa das abordagens MRP e APS para Programação detalhada da produção. Anais do XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, São Paulo. 2011. (citado 3 vezes)

GIROTTI, Leonel José; MESQUITA, Marco Aurélio. Simulação e estudos de caso no ensino de planejamento e controle da produção: um survey com professores da engenharia de produção. *Production*, v. 26, n. 1, 2016.

GOGOLLA, Martin; BÜTTNER, Fabian; RICHTERS, Mark. USE: A UML-based specification environment for validating UML and OCL. *Science of Computer Programming*, v. 69, n. 1, p. 27-34, 2007.

GONÇALVES, Vânia Helena. Proposta para aplicação de desbaste no acervo da Biblioteca Comunitária da UFSCar. Dissertação (Mestrado em Gestão de Organizações e Sistemas Públicos). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2016.

GOUVÊA, Marianna CM de, and Paula T. NAKAMOTO. Avaliação de Software Educacional: uma oportunidade de reflexão da educação na sociedade do conhecimento. 2016.

GRAY, Casper; CHARTER, Martin. Remanufacturing and product design: Designing for the 7th generation. The Centre for Sustainable Design University College for the Creative Arts. Farnham, Reino Unido. 2007.

Guerra, A., & Colombo, R. M. T. Qualidade de produto de software. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2009.

GUIDE, V. Daniel R. Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. *Journal of operations Management*, v. 18, n. 4, p. 467-483, 2000.

GUIZZARDI, G., ALMEIDA, J. P., and GUIZZARDI, R. S. Towards ontological foundations for conceptual modeling: the unified foundational ontology (UFO) story. *Applied ontology* 10, no. 3-4, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Sinopse Estatística da Educação Superior 2016. Brasília: Inep, 2017. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basicacenso-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

HAHN, Gerd J.; KUHN, Heinrich. Value-based performance and risk management in supply chains: A robust optimization approach. *International Journal of Production Economics*, v. 139, n. 1, p. 135-144, 2012.

HAREL, David; GERY, Eran. Executable object modeling with statecharts. In: *Proceedings of the 18th international conference on Software engineering*. IEEE Computer Society, p. 246-257, 1996.

HEIZER, J., and B. RENDER. Principles of operations management. Custom edition for The University of West Florida, 2014.

HENDERSON-SELLERS, Brian. OPEN Relationships - Compositions and Containments. *Joop*, v. 10, n. 7, p. 51-55, 72, 1997.

HENDRY, L; HUANG, Y; STEVENSON, M. Workload control: Successful implementation taking a contingency-based view of production planning and control. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 33, n. 1, p. 69-103, 2013.

HENDRY, L. et al. Investigating implementation issues for workload control (WLC): A comparative case study analysis. *International Journal of Production Economics*, v. 112, n. 1, p. 452-469, 2008.

HERRERA, Carlos et al. A reactive decision-making approach to reduce instability in a master production schedule. *International Journal of Production Research*, v. 54, n. 8, p. 2394-2404, 2016.

HUNT, V. D. *Process mapping: how to reengineer your business processes*. John Wiley & Sons, 1996.

JEONG, H. and KIM, Y. A system software quality model using DeLone & McLean model and ISO/IEC 9126. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications* 6, no. 5, 2012.

KHOSRAVI, A. Business process rearrangement and renaming: a new approach to process orientation and improvement. *Business Process Management Journal*, v. 22, n. 1, p. 116-139, 2016.

KINGSMAN, G. Modelling input–output workload control for dynamic capacity planning in production planning systems. *International journal of production economics*, v. 68, n. 1, p. 73-93, 2000.

LAND, Martin J.; GAALMAN, Gerard JC. Production planning and control in SMEs: time for change. *Production Planning and Control*, v. 20, n. 7, p. 548-558, 2009.

LARMAN, Craig. *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object Oriented Analysis and Design and Iterative Development*. Pearson Education India, 2012. (citado 3 vezes)

LEE, Byunghun et al. Model transformation between OPC UA and UML. In: *Computer Standards & Interface*, Elsevier Science BV, v. 50, p. 236-250, 2017.

LYNCH, T. *The hidden role of software in educational research: Policy to practice*. Routledge, 2015.

LUSTOSA, Leonardo Junqueira; DE MESQUITA, Marco Aurélio; OLIVEIRA, Rodrigo J. Planejamento e controle da produção. Elsevier Brasil, 2008.

MARCHESI, Michele. OOA metrics for the Unified Modeling Language. In: Software Maintenance and Reengineering. Proceedings of the Second Euromicro Conference on. IEEE, p. 67-73, 1998.

MARTINS, Petrônio Garcia.; LAUGENI, Fernando Piero. Administração da Produção. 2ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MATTAR, J. Metodologias para pesquisas sobre competências e funções dos tutores online em educação a distância. Momento-Diálogos em Educação 27, no. 1, 2018.

MEIDAN, Ayman et al. A survey on business processes management suites. Computer Standards & Interfaces, v. 51, p. 71-86, 2017.

MESQUITA, Marco Aurélio de et al. Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira. Gestão & Produção, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2008.

MODARRES, M; IZADPANAHI, E. Aggregate production planning by focusing on energy saving: A robust optimization approach. Journal of Cleaner Production, v.133, p. 1074-1085, 2016.

MORAN, J. A educação que desejamos. Novos desafios e como chegar lá. Campinas: Papirus, 2013.

MOREIRA, D. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Pioneira, 5ª ed., 2008.

MUNHOZ, J. R.; MORABITO, R. A robust optimization approach for the aggregate production planning in the citrus industry. Production, v. 23, n. 2, p. 422–435, jun. 2013.

NAHMIAS, S. Production and Operations Analysis, 3ª ed. Irwin/McGraw-Hill, Burr Ridge, IL. 1997.

OLHAGER, Jan; RUDBERG, Martin; WIKNER, Joakim. Long-term capacity management: Linking the perspectives from manufacturing strategy and sales and operations planning. International Journal of Production Economics, v. 69, n. 2, p. 215-225, 2001.

OLHAGER, Jan. Strategic positioning of the order penetration point. International Journal of Production Economics, v. 85, n. 3, p. 319-329, 2013.

OLIVEIRA B.; AGUIAR, Y. Análise de abordagens objetivas para avaliação de softwares educativos. In: Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Sociedade Brasileira de Computação, 2014).

PANDIN, F. J., PEREIRA, N. A., & POLITANO, P. R. Modelo quantitativo para avaliação e melhoria de desempenho do processo de S&OP baseado no diagnóstico e redução de falhas. *Gestão & Produção*, p. 361-375, 2012.

PATEL, K V.; VYAS, C. Construction materials management on project sites. In: National Conference on Recent Trends. Engineering & Technology. p. 1-5, 2011. (citado 2 vezes)

PEDROSO, C. B., Da SILVA, A. L., & TATE, W. L. Sales and Operations Planning (S&OP): Insights from a multi-case study of Brazilian Organizations. *International Journal of Production Economics*, 182, 213-229. 2016.

PIAGGE, R.; BAGNI, G.; MARCOLA, J. Proposta de um modelo de plano mestre de produção para uma empresa de suplementos alimentares: uma pesquisa-ação. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza-CE. 2015.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, E. Design de Interação, além da interação humano-computador. Editora Bookman, 3ª Edição, 2013.

PROTO, L; MESQUITA, M. PREVISÃO de demanda para planejamento da capacidade de empresa do setor cimenteiro. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 23, 2003.

RAMEZANIAN, R., RAHMANI, D., & BARZINPOUR, F. An aggregate production planning model for two phase production systems: Solving with genetic algorithm and tabu search. *Expert Systems with Applications*, p. 1256-1263, 2012. (citado 2 vezes)

RAMPAZZO, Lino. Metodologia Científica: para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação. 3ª. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2005. (citado 2 vezes)

RECKER, Jan. Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN. *Business Process Management Journal*, v. 16, n. 1, p. 181-201, 2010.

REIS, G. Modelagem de processos, use Cases e ferramentas BPM. São Paulo: Pioneira, 1ª ed., 2007.

RIPPL, T. Business process modelling - methods and methodologies, *Systémová Integrace*, n. 3, 2005.

ROCHETTI, Angela.; CAMPOS, R.; CARVALHO, R. Uma análise comparativa entre linguagens de modelagem BPMN e CIMOSA. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos. 2010.

RODDEN, T, and SOMMERVILLE, I. Supporting cooperative software engineering. In Computer-supported Cooperative Work, pp. 207-222. Routledge, 2018.

RUMPE, B. Executable Modeling with UML. A Vision or a Nightmare?. arXiv preprint arXiv:1409.6597, 2014.

SAUAIA, A; ZERRENNER, S. Jogos de Empresas e economia experimental: um estudo de racionalidade organizacional na tomada de decisão. Revista de Administração Contemporânea, v.13, n.2, 2009. (citado 2 vezes)

SAVSANI, P. et al. Optimal Aggregate Production Planning by using Genetic Algorithm. In: Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. 2016.

SCUCUGLIA, R. Mapeamento e Gestão por Processos – BPM, 1ª ed., M. Books do Brasil, São Paulo, SP. 2011.

SEGERSTEDT, A. Cover-Time Planning/Takt Planning: A technique for materials requirement and production planning. International Journal of Production Economics. 2017

SILVA, F., SOARES, M. “Modelagem de Processos de Negócios usando BPMN para Desenvolvimento de um Prontuário Eletrônico de Pacientes”, Journal of Health Informatics, v. 8, n. 5, 2016.

SILVA, C.; ROQUE, L; ALMEIDA, A. MAPP–A web-based decision support system for the mould industry. Decision Support Systems, v. 42, n. 2, p. 999-1014, 2006.

SILVA, Rafael Bernardes. Método de diagnóstico e análise do S&OP: uma ferramenta para mapeamento do nível de integração do processo e identificação de oportunidades de melhoria. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2015.

SOFFER, Pnina; WAND, Yair. Goal-driven multi-process analysis. Journal of the Association for Information Systems, v. 8, n. 3, p. 175, 2007.

STEVENSON, Mark; HENDRY, Lino; KINGSMAN, B. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order

industry. *International Journal of Production Research*, v. 43, n. 5, p. 869-898, 2005.

STEVENSON, Mark. Refining a workload control (WLC) concept: A case study. *International Journal of Production Research*, v. 44, n. 4, p. 767-790, 2006. (citado 2 vezes)

SULE, Dileep R. *Industrial scheduling*. PWS publishing company, 1997.

SUNAGA, et al. Relation between Combinations of Personal Characteristic Types and Educational Effectiveness for Controlled Project-based Learning Course. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing* 1, 2017.

TESSARI, Rogério. *Gestão de processos de negócio: um estudo de caso da BPMN em uma empresa do setor moveleiro*. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul-RS. 2014

TSAI, Tunlung; SATO, Ryo. A UML model of agile production planning and control system. *Computers in Industry*, v. 53, n. 2, p. 133-152, 2004.

TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle da produção*. 2ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000. (citado 2 vezes)

TUBINO, D. Et al. A manufatura enxuta aplicada no setor de serviços: um estudo de caso. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu-PR, 2007.

TUOMIKANGAS, Nina; KAIPIA, Riikka. A coordination framework for sales and operations planning (S&OP): Synthesis from the literature. *International Journal of Production Economics*, v. 154, p. 243-262, 2014.

VADAKKUMCHERIL, T.; MYTHILY, M.; VALARMATHI, M. L. A Simple Implementation of UML Sequence Diagram to Java Code Generation through XML Representation. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, v. 3, p. 12, 2013.

VAN DONGEN, B.; DIJKMAN, R.; MENDLING, J. Measuring similarity between business process models. In: *Seminal Contributions to Information Systems Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, p. 405-419. 2013.

VANTI, N. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual do mecanismos utilizados para medir o registro da Informação e a difusão do conhecimento. *Ciência da Informação*, v. 31, n. 2, p. 152-162, 2002.

VERNADAT François. *Enterprise modeling and integration, Principles and Applications*, Chapman & Hall, 1996.

VERNADAT, François. Enterprise modeling and integration. Boom Koninklijke Uitgevers, 2003.

VIEIRA, E. Modelagem de Processos de Negócio, Rio de Janeiro, 2007.

VLACHOS, D.; GEORGIADIS, P.; IAKOVOU, E. A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains. *Computers & Operations Research*, v. 34, n. 2, p. 367-394, 2007.

WEINBERG, G. *Software com qualidade - Pensando e idealizando sistemas* (Vol. 1). Makron, 1993.

WOLLOWSKI M, NELLER T, BOERKOEL J. Artificial Intelligence Education. *AI Magazine*. 2017.

WORMELL, I. Informetria: explorando bases de dados como instrumento de análise. *Ciência da Informação*, v. 27, n. 2, p. 210-216, 1998.

ZÄPFEL, G.; MISSBAUER, H. Production planning and control (PPC) systems including load-oriented order release—problems and research perspectives. *International Journal of Production Economics*, v. 30, p. 107-122, 1993.

ZHANG, Q. et al. A discrete-time scheduling model for continuous power-intensive process networks with various power contracts. *Computers & Chemical Engineering*, v. 84, p. 382-393, 2016.

ZIEMANN, Jörg; MENDLING, Jan. EPC-based modelling of BPEL processes: a pragmatic transformation approach. In: *Proceedings of MITIP*. Italy. 2005.

ZUR MUEHLEN, M; RECKER, Jan. How much language is enough? Theoretical and practical use of the business process modeling notation. *Seminal Contributions to Information Systems Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, p. 429-443. 2013.

APÊNDICE A - Questionário de avaliação do software educacional de PCP



Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Sobre o questionário:

Este questionário é parte componente da pesquisa acadêmica intitulada: “UMA PROPOSTA DE SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O APRENDIZADO DOS CONCEITOS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO”. Tal questionário, como ferramenta, visa fomentar a avaliação do Software Educacional desenvolvido a partir da modelagem UML (*Unified Modeling Language*).

O Software Educacional é apresentado com a proposta de aumentar a eficiência do ensino-aprendizagem dos temas de PCP nas universidades.

Como amostra avaliadora, têm-se estudantes e professores universitários e membros da academia que possuem contato com aspectos de ensino-aprendizagem dos temas de PCP nas universidades.

Mensagem aos respondentes:

A coleta de respostas honestas ao questionário é essencial para o cumprimento dos requisitos de avaliação do Software educacional.

Por favor, leia atentamente as perguntas e responda as questões assinalando a alternativa que melhor reflete a sua opinião.

O questionário possui 20 perguntas rápidas e leva menos de 10 minutos para ser concluído!

Muito obrigado pelo tempo dedicado a responder esta pesquisa!

Gabriel Riso Oliveira – mestrando

e-mail: gabriel.riso@gmail.com

Prof. Dsc. Ailton da Silva Ferreira

e-mail: ailtonsilvaferreira@yahoo.com.br

PERFIL DO RESPONDENTE**PERGUNTAS 1 a 5:****1. Gênero:**

- Masculino
 - Feminino
 - Sem identificação
-

2. Idade:

- Menos de 20 anos
 - De 21 a 30 anos
 - De 31 a 40 anos
 - De 41 a 50 anos
 - Mais de 50 anos
-

3. Escolaridade:

- Pós-doutorado
 - Doutorado
 - Mestrado
 - Graduação
 - Ensino Técnico
-

4. Assinale suas experiências mais significativas:

- Estágio
 - Empresa Junior
 - Intercâmbio
 - Iniciação Científica
 - Extensão Acadêmica
 - Emprego Formal
 - Emprego como Docente
 - Outro
 - NDA - Nenhuma das Anteriores
-

5. Como você avalia seu grau de contato com temas de PCP nas experiências assinaladas:

- Contato intenso
- Muito contato
- Contato parcial / médio
- Pouco contato
- Nenhum contato

AVALIAÇÃO DO SOFTWARE | USABILIDADE
PERGUNTAS 6 a 11:

6. Como você avalia o aspecto visual das telas do software?

- Excelente
 - Bom
 - Mediano
 - Ruim
 - Péssimo
-

7. Como você avalia a disposição de textos, perguntas e alternativas no software?

- Excelente
 - Bons
 - Medianos
 - Ruim
 - Péssimos
-

8. Como usuário, como você avalia a interface do software?

- Excelente
 - Boa
 - Mediana
 - Ruim
 - Péssima
-

9. Na sua opinião, o software oferece comandos intuitivos que o tornam fácil de usar?

- Sim
 - Parcialmente
 - Não
-

10. Na sua opinião, o software oferece uma experiência de uso agradável ao usuário?

- Sim
 - Parcialmente
 - Não
-

11. No geral, como você avalia a USABILIDADE do software?

- Excelente
- Boa

- Mediana
- Ruim
- Péssima

AVALIAÇÃO DO SOFTWARE | FUNCIONALIDADE

PERGUNTAS 12 a 18:

12. Como você avalia a abrangência do conteúdo de PCP do software?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

13. Como você avalia a disposição de botões de comando/ação no software?

- Excelente
- Boa
- Mediana
- Ruim
- Péssima

14. Como você avalia o sequenciamento de telas do software para o propósito de apresentação das perguntas e alternativas?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

15. Como você avalia o sequenciamento de telas do software para o propósito de apresentação dos textos (aulas) introdutórios?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

16. Como você avalia o sequenciamento de telas do software para o propósito de apresentação dos resultados finais do usuário?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

17. Na sua opinião, o conteúdo do software está condizente com sua proposta (de aumentar a eficiência do ensino-aprendizagem dos temas de PCP nas universidades)?

- Sim
- Parcialmente
- Não

18. No geral, como você avalia a FUNCIONALIDADE do software?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

AVALIAÇÃO DO SOFTWARE | EFICIÊNCIA DIDÁTICA
PERGUNTAS 19 a 26:

19. Como você avalia o grau de profundidade do conteúdo de PCP do software?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

20. Como você avalia o grau de didática (capacidade de transmitir conhecimento) do software?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

21. Como você avalia o grau de adequação do software às necessidades do ambiente universitário?

- Excelente
- Bom
- Mediano
- Ruim
- Péssimo

22. Em relação a sua experiência acadêmica, você acredita que o software tem um propósito útil para aumentar a eficiência do ensino aprendizagem?

- Sim
- Parcialmente
- Não

23. Você acredita que o software possui os requisitos necessários para aumentar a eficiência do processo de ensino-aprendizagem do PCP?

- Concordo plenamente
- Concordo
- Indiferente
- Discordo
- Discordo plenamente

24. Você acredita que iniciativas como a do presente software tem real poder de aumentar a eficiência de ensino-aprendizagem em ambientes universitários?

- Concordo plenamente
- Concordo
- Indiferente
- Discordo
- Discordo plenamente

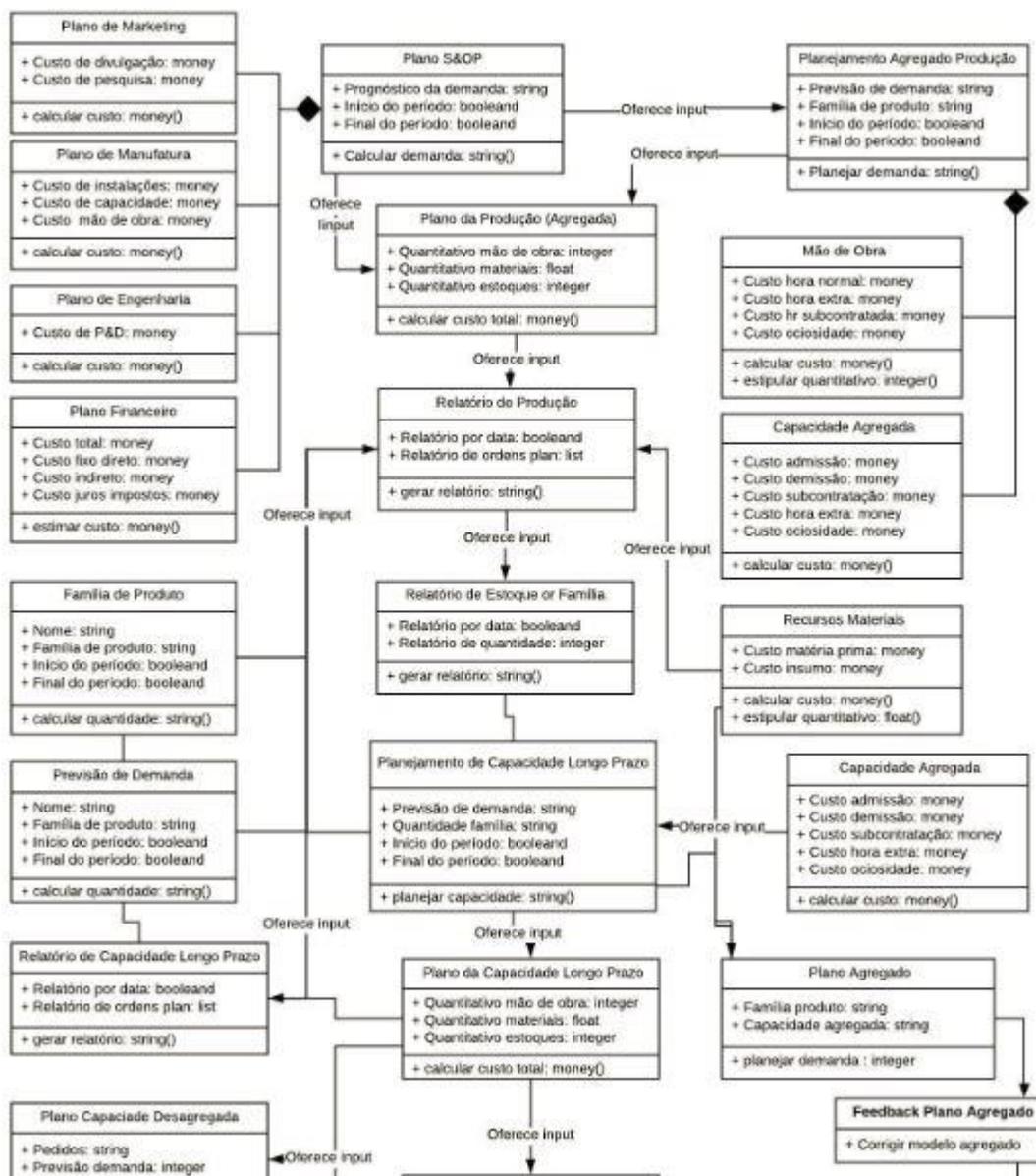
25. Qual a probabilidade de você indicar o software para um amigo?

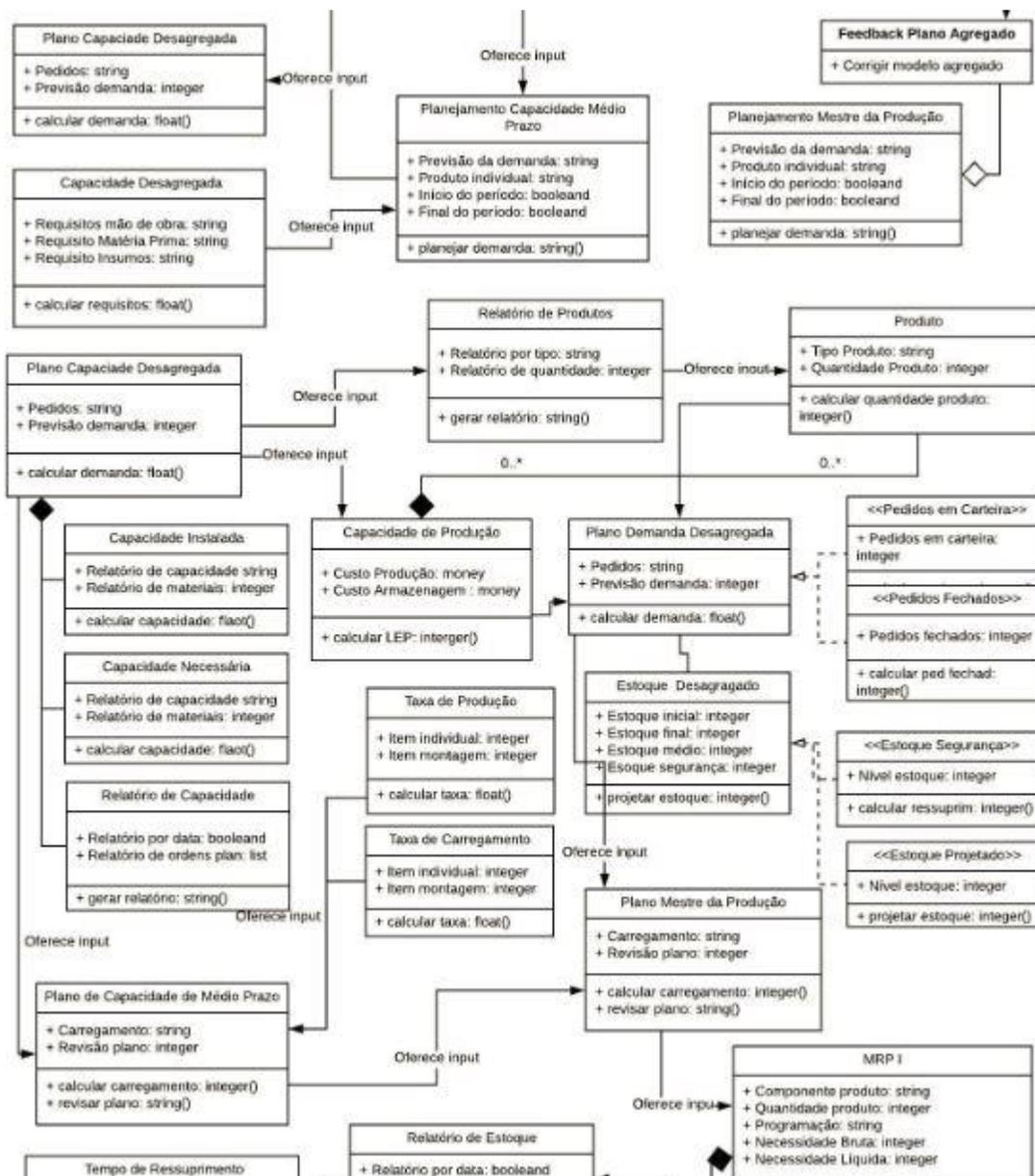
- Total
- Alta
- Média
- Baixa
- Nenhuma

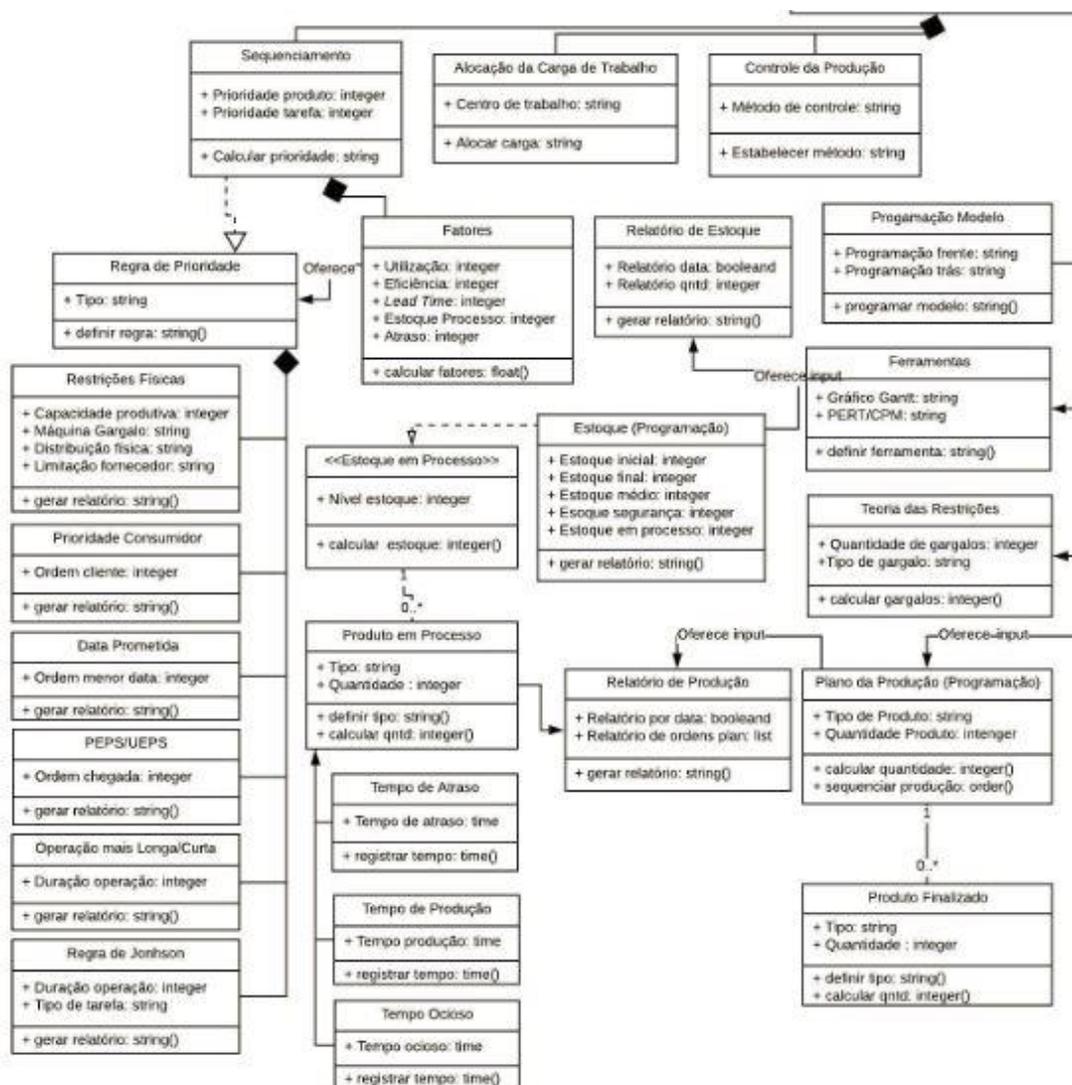
26. No geral, como você avalia a EFICIÊNCIA DIDÁTICA do software?

- Excelente
- Boa
- Mediana
- Ruim
- Péssima

APÊNDICE B - Modelo geral UML de PCP







ANEXO A - ARTIGOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSO



CARTA DE ACEITE

É com satisfação que informamos que o trabalho:

Modelo UML para conceitos de S&OP e Planejamento Agregado da Produção na perspectiva de criação de um software educacional.

Dos autores:

Gabriel Oliveira, Ailton da Ferreira

foi aceito para ser apresentado no XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEPEG) que ocorrerá em Maceió, Brasil, nos dias 16 a 19 de Outubro de 2018.

Os membros da Comissão Científica agradecem por sua submissão

Atenciosamente,

Rafael Garcia Barbastefano
Presidente do Comitê Científica



Caros Autores,

Temos a satisfação de informar que os artigos submetidos ao XXIV SIMPEP já foram completamente avaliados.

Confira abaixo o resultado da avaliação do seu artigo.

Evento: XXIV SIMPEP - 2017

Tema: CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO

DADOS DO ARTIGO

Inscrição: 1601

Título: ANÁLISE DA MODELAGEM DE PROCESSOS COM UML SOB ÓTICA DA BIBLIOMETRIA E FATOR DE IMPACTO COM O DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE PLANEJAMENTO AGREGADO

Status: **Aprovado**

1º autor: GABRIEL RISO OLIVEIRA

gabriel.riso@gmail.com

2º autor: AILTON DA SILVA FERREIRA

ailtonsilvaferreira@yahoo.com.br

3º autor: DENISE CRISTINA DE OLIVEIRA NASCIMENTO

denise_cristin@yahoo.com.br

Para mais informações sobre a avaliação do seu artigo, acesse o site.

XXIV SIMPEP - UNESP - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
 AV. ENG. LUIZ EDMUNDO CARRIJO COUBE, 14-01 CEP: 17033-360 BAURU - SP
 Fone: (14)3103-6873 - E-mail: simpep@feb.unesp.br
<http://www.simpep.feb.unesp.br>

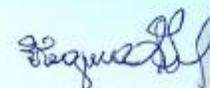
Caso NÃO deseje mais receber nossos e-mails,
[clique aqui](#) para "alterar o cadastro" e desative o recebimento ou a sua conta.

Certifica que

O artigo intitulado **"UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DE PCP NA PERSPECTIVA DE CRIAÇÃO DE UM SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO UNIVERSITÁRIO"** de autoria de **Gabriel Riso Oliveira e Ailton da Silva Ferreira** foi **ACEITO** e está **PUBLICADO** nos ANAIS do XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2018 (ISSN 2175 - 957X), promovido pela ABENGE e organizado pelas instituições Universidade Federal da Bahia, Universidade do Estado da Bahia e SENAI-CIMATEC, realizado de 03 a 06 de setembro na cidade de Salvador/BA.



Prof. Dr. Vanderli Fava de Oliveira
Presidente ABENGE



Prof. Dra. Tânia Regina Dias Silva Pereira
Coordenadora do Comitê Científico do COBENGE 2018



16 a 19 de Outubro de 2018 • Maceió, Alagoas

XXXVIII ENCONTRO NACIONAL
DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CARTA DE ACEITE

É com satisfação que informamos que o trabalho:

Modelo UML para conceitos de S&OP e Planejamento Agregado da Produção na perspectiva de criação de um software educacional.

Dos autores:

Gabriel Oliveira, Ailton da Ferreira

foi aceito para ser apresentado no XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) que ocorrerá em Maceió, Brasil, nos dias 16 a 19 de Outubro de 2018.

Os membros da Comissão Científica agradecem por sua submissão

Atenciosamente,

Rafael Garcia Barbastefano
Presidente do Comitê Científica

ANEXO B – ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

AI Publications



**International Journal of Advanced Engineering,
Research and Science (IJAERS)**

ISSN : 2349-6495 (P) | 2456-1908 (O)

www.ijaers.com

Certificate of Publication

The editor-in-chief of *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* is awarding this certificate of publication to **Gabriel Riso Oliveira** in recognition of his/her paper entitled below which was published in *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)* (ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)): Vol-5 , Issue-8 ,Pg.: 194-199, August 2018 . This Journal is a refereed, double-blind and peer-reviewed research journal published by *AI Publications*.

Paper Title: "A Webibliomining Analysis of PPC in the Perspective of Creating an Educational Software for Brazilian University Education"

Author(s): Gabriel Riso Oliveira, Ailton da Silva Ferreira

DOI: 10.22161/ijaers.5.8.24



Editor-In-Chief

International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)
www.ijaers.com
editor@ijaers.com, editor.ijaers@gmail.com

International Journal of Advanced Engineering Research and Science(IJAERS)
 104/108, Pratap Nagar, Jaipur, India | www.ijaers.com ; editor@ijaers.com

Artigo publicado em agosto de 2018.

Qualis B4 em Engenharias III (Quadriênio 2013-2016).



Artigo publicado em novembro de 2018.

Qualis B4 em Engenharias III (Quadriênio 2013-2016).

AI Publications



**International Journal of Advanced Engineering,
Research and Science (IJAERS)**

ISSN : 2349-6495 (P) | 2456-1908 (O)

www.ijaers.com

Certificate of Publication

The editor-in-chief of *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* is awarding this certificate of publication to **Gabriel Riso Oliveira** in recognition of his/her paper entitled below which was published in *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)* (ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)): Vol-5 , Issue-12 ,Pg.: 154-160, December 2018 . This Journal is a refereed, double-blind and peer-reviewed research journal published by *AI Publications*.

Paper Title: **"Scientific Literature on Production Planning and Control: A Bibliometric Analysis"**

Author(s): **Gabriel Riso Oliveira, Leonard Barreto Moreira, Ailton da Silva Ferreira**

DOI: 10.22161/ijaers.5.12.21



Editor-In-Chief

International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)
www.ijaers.com
editor@ijaers.com, editor.ijaers@gmail.com

International Journal of Advanced Engineering Research and Science(IJAERS)
 104/108, Pratap Nagar, Jaipur, India | www.ijaers.com ; editor@ijaers.com

Artigo publicado em dezembro de 2018.

Qualis B4 em Engenharias III (Quadriênio 2013-2016).

ANEXO C – ARTIGOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links	CAIE-D-19-00646	Proposal of educational model of Planning and Control of Production in UML Notation	Apr 2 2019 1:47AM	Apr 3 2019 5:36AM	Completed

Elsevier Editorial System(tm) for Computers & Industrial Engineering

Manuscript Draft Submission

Manuscript Number: CAIE-D-19-00646

Title: "Proposal of educational model of Planning and Control of Production in UML Notation"

Article Type: Research Paper

Keywords: Unified Modeling Language; Planning and Production Control; Enterprise Modeling; Brazilian University

Order of Authors: Gabriel Riso Oliveira, Jr; Ailton da Silva Ferreira, DSc

Corresponding Author: Mr. Gabriel Riso Oliveira, Jr

Corresponding Author's Institution: UENF

Periódico: C&IE

Artigo submetido em março de 2019.

Qualis A2 em Engenharias III (Quadriênio 2013-2016).

Periódico: BJO&PM

Artigo submetido em novembro de 2018.

Qualis B3 em Engenharias III (Quadriênio 2013-2016).

Periódico: IJM&P

Artigo submetido em novembro de 2019

Qualis B4 em Engenharias III (Quadriênio 2013-2016).