

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JULIO CEZAR COSTA FURTADO

**UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DO CONTROLE
ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM CURSOS SUPERIORES DE
COMPUTAÇÃO**

TD 06/2020

UFPA / ICEN / PPGCC
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JULIO CEZAR COSTA FURTADO

**UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DO CONTROLE
ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM CURSOS SUPERIORES DE
COMPUTAÇÃO**

Tese submetida à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFPA para a obtenção do Grau de Doutor em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira

UFPA / ICEN / PPGCC
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2020

Furtado, Julio Cezar Costa

Uma Abordagem para o Ensino do Controle Estatístico de Processos em Cursos Superiores de Computação / (Julio Cezar Costa Furtado); orientador, Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira. - 2020.

177f. il. 28cm.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Belém, 2020.

1. Engenharia de Software. I. Oliveira, Sandro R. B., orient.
II. Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDD 22. ed. 005.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JULIO CEZAR COSTA FURTADO

**UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSOS EM CURSOS SUPERIORES DE COMPUTAÇÃO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência da Computação, defendida e aprovada em 17/06/2020, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

Sandro Ronaldo B. Oliveira

Prof. Dr. Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira
Orientador – PPGCC/UFPA

Eloi Luiz Favero

Prof. Dr. Eloi Luiz Favero
Membro Interno – PPGCC/UFPA

Benedito Pinheiro Ferreira

Prof. Dr. Benedito de Jesus Pinheiro Ferreira
Membro Externo – FACOMP/UFPA

Carlos dos Santos Portela

Prof. Dr. Carlos dos Santos Portela
Membro Externo – UFPA

Rafael Oliveira Chaves

Prof. Dr. Rafael Oliveira Chaves
Membro Externo – UFPA

Visto: *Nelson Cruz Sampaio Neto.*
Prof. Dr. Nelson Cruz Sampaio Neto
Coordenador do PPGCC/UFPA

*“If you fail to plan, you are
planning to fail”*

Benjamin Franklin

RESUMO

Um processo considerado sob controle estatístico deve ser estável e repetível. A importância do Controle Estatístico de Processos para a indústria de software vem crescendo devido ao uso de modelos de qualidade. Para entender a importância do Controle Estatístico de Processos para a indústria de software, um *survey* foi aplicado para engenheiros de software. Este *survey* identificou os tópicos de Controle Estatístico do Processo importantes para a indústria e como estes tópicos estão sendo abordados nos cursos de graduação de Computação. Como resultado, possível constatar a disparidade entre as visões da indústria e da academia. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo propor uma abordagem de ensino para o Controle Estatístico de Processos, onde o processo de ensino-aprendizagem é centrado no aluno. A abordagem adotada para esta pesquisa contempla métodos instrucionais voltados para prática e centrados no aluno, como: leitura de artigos e relatos de experiências, casos práticos, discussão, uso de jogos e simuladores, projetos práticos e reflexão dos alunos sobre os conhecimentos aprendidos e as atividades realizadas. Um experimento formal foi realizado com estudantes de graduação matriculados em um programa de bacharelado em Ciência da Computação, que foram divididos em um grupo controle e um grupo experimental. Ao final, os dois grupos realizaram um projeto prático para avaliar a eficácia do aprendizado adquirido pelos alunos. Os resultados do estudo sugerem que houve uma diferença na eficácia do aprendizado resultante do uso da abordagem de ensino em relação ao ensino tradicional. Um ganho médio de 30,06% foi observado no grupo experimental, o que é evidência de um aumento estatisticamente significativo na eficácia da aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Controle estatístico de processos; Engenharia de software; Educação na engenharia de software; Melhoria de processos de software; Qualidade de Software.

ABSTRACT

A process considered in statistical control must be stable and repeatable. The Statistical Process Control importance for the software industry has grown mainly due to the use of quality models. To understanding the Statistical Process Control importance to the software industry, a survey was applied to software engineers. This survey aims to identify the important topics of Statistical Process Control to the industry and how these topics are being addressed in the undergraduate Computing courses. As result, it was possible to verify the disparity between the industry needs and what was being taught in academy. In this context, this work aims to propose a teaching methodology for Statistical Process Control where the learning process is student centered. The approach adopted for this research study involves the following: reading articles and experience performance reports, practical cases, discussion, the use of games and simulators, practical projects and reflection by students on the knowledge learned and activities carried out. An evaluation was conducted with undergraduates enrolled in a Computer Science Bachelor's degree program , who were divided into a control group and an experimental group. At the end of this, the two groups carried out a practical project to evaluate the effectiveness of the learning acquired by the students. The results of the study suggest that there was a difference in the effectiveness of the learning that resulted from using of the teaching approach in relation to traditional instruction. A mean gain of 30.06% was observed in the experimental group, which is evidence of a significant increase in learning effectiveness.

KEYWORDS: Statistical process control; Software Engineering; Software Engineering Education; Software Improvement; Software Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Variações controladas (Rocha, Souza e Barcellos (2012) adaptado de (Florac e Carleton, 1999))	25
Figura 2.2 - Variações não controladas e estabilização do processo (Rocha, Souza e Barcellos (2012) adaptado de (Neubauer, 2011)).....	26
Figura 2.3 - Representação de um processo estável (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).	27
Figura 2.4 - Testes de estabilidade do processo (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).....	28
Figura 2.5 - Gráfico X-bar R (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).....	29
Figura 2.6 - Gráfico XmR (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).....	30
Figura 2.7 - Gráfico mXmR (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).....	31
Figura 2.8 - Gráfico C (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).....	32
Figura 2.9 - Gráfico U (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).....	32
Figura 2.10 - Gráfico de controle com os limites de controle e de especificação representados (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).....	34
Figura 4.1 - Distribuição dos participantes da pesquisa	54
Figura 4.2 - Percepção dos alunos sobre a importância do Controle Estatístico de Processos	55
Figura 4.3 - Abordagens de aprendizagem preferidas pelos alunos	56
Figura 4.4 - Efetividade do aprendizado do Controle Estatístico de Processos	56
Figura 4.5 - Competências de CEP abordadas pelos professores de Engenharia de Software.....	57
Figura 4.6 - Focos dos Métodos de Ensino adotados pelos professores.....	58
Figura 4.7 - Abordagens de ensino adotadas pelos professores	58
Figura 4.8 - Estratégias de avaliação adotadas pelos professores	59
Figura 4.9 - Ciclo de vida adotado pela organização	59
Figura 4.10 - Referencial para definição de atividades e fases	60
Figura 4.11 - Modelos de qualidade adotados pela organização.....	60
Figura 4.12 - Referencial para avaliação da qualidade do produto	61
Figura 4.13 - Métodos de identificação de causa utilizados.....	62
Figura 4.14 - Abordagens adotadas para derivar medidas.....	62
Figura 4.15 - Tipos de gráficos de controle utilizados	63
Figura 4.16 - Percepção dos profissionais sobre a utilidade das competências de CEP	64
Figura 4.17 - Competências adquiridas pelos profissionais na academia	64
Figura 4.18 - Abordagens de ensino adotadas pelos professores e a percepção dos alunos	65
Figura 4.19 - Competências fornecidas pela academia aos profissionais e aos estudantes	66
Figura 4.20 - Relação entre o ensinado em sala de aula com o importante para a indústria.....	68
Figura 4.21 - Relação entre utilidade e o tamanho da organização.....	68

Figura 5.1 - Desenvolvimento de competências no modelo (Portela, 2017).....	85
Figura 5.2 - Ciclo de Portela (2017) adaptado ao Ciclo da Disciplina.....	87
Figura 6.1 - (a) Médias obtidas por Unidades para o Grupo Experimental; (b) Médias obtidas por Unidades para o Grupo de Controle	105
Figura 6.2 - Comparação das médias obtidas por Unidades entre o Grupo Experimental e de Controle (pós-teste).....	106
Figura 6.3 - O conteúdo ensinado na disciplina de Controle Estatístico de Processos foi relevante (Y.5.1).....	108
Figura 6.4 - O conteúdo abordado pela disciplina foi suficiente para entender como o Controle Estatístico de Processos funciona em uma organização (Y.5.2)	108
Figura 6.5 - A abordagem para ensinar os conteúdos de Controle Estatístico de Processos foi adequada (Y.5.3)	109
Figura 6.6 - Ao longo da disciplina, a abordagem de ensino me manteve motivado a aprender (Y.5.4).....	109
Figura 6.7 - Avaliação do feedback das práticas de aprendizagem do grupo experimental	110
Figura 6.8 - Comparativo da moda entre o Grupo Experimental e Grupo de Controle	114
Figura 6.9 - Percepção dos alunos sobre as dinâmicas realizadas.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 - Eficácia de aprendizagem para o Grupo Experimental.....	104
Tabela 6.2 - Comparação da eficácia de aprendizagem entre os grupos participantes no pré-teste (Mann-Whitney)	105
Tabela 6.3 - Comparação da eficácia de aprendizagem entre os grupos participantes no pós-teste (<i>Student t</i>)	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 - Critérios de inclusão e exclusão de participantes.....	48
Quadro 4.2 - Competências e Habilidades esperadas de um profissional do Controle Estatístico de Processos com base no CMMI-DEV (SEI, 2010) e MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016)	49
Quadro 4.3 - Categorias de Métodos de Ensino (Prikladnicki <i>et al.</i> , 2009).....	52
Quadro 4.4 - Questões para os professores.....	52
Quadro 4.5 - Questões para os alunos	53
Quadro 4.6 - Questões para os profissionais	53
Quadro 5.1 - Competências e Habilidades Esperadas	72
Quadro 5.2 - Unidades curriculares e competências relacionadas	74
Quadro 5.3 - Tópicos da Unidade I	78
Quadro 5.4 - Tópicos da Unidade II	80
Quadro 5.5 - Tópicos da Unidade III.....	81
Quadro 5.6 - Tópicos da Unidade IV	82
Quadro 6.1 - Sumário do experimento	94
Quadro 6.2 - <i>Scoring Rubric</i>	95
Quadro 6.3 - Detalhamento do objetivo de estudo 1	95
Quadro 6.4 - Detalhamento do objetivo de estudo 2	98
Quadro 6.5 - Agenda do experimento	101
Quadro 6.6 - Pontos fortes citados pelos participantes (Y.7)	111
Quadro 6.7 - Pontos fracos citados pelos participantes (Y.8)	111

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Motivação	15
1.3	Objetivos e Questões de Pesquisa	17
1.4	Metodologia do Trabalho	18
1.5	Estrutura da Tese	20
2	O CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS	22
2.1	O que é Controle Estatístico de Processos?	22
2.2	A História do Controle Estatístico de Processos	23
2.3	Conhecendo o Comportamento dos Processos	24
2.4	Os Gráficos de Controle	26
2.4.1	Os Gráficos de Controle para Dados de Variáveis	28
2.4.2	Os Gráficos de Controle para Dados de Atributos	31
2.5	Conhecendo o Desempenho e Determinando a Capacidade de um Processo	33
2.6	O Controle Estatístico de Processos e os Modelos de Qualidade	34
2.6.1	O CMMI-DEV	34
2.6.2	O MR-MPS-SW	36
2.7	Considerações Finais	38
3	O ENSINO DA ENGENHARIA DE SOFTWARE	39
3.1	Métodos Instrucionais para o Ensino da Engenharia de Software	39
3.1.1	Projetos Práticos	40
3.1.2	Aprendizagem Baseada em Problemas	41
3.1.3	O Uso de Jogos e Simuladores	41
3.1.4	Discussão de Relatos de Experiência	42
3.2	Existem Iniciativas para o Ensino de CEP em Cursos de Computação?	42
3.3	Trabalhos Relacionados	44
3.4	Considerações Finais	45
4	UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DA UTILIDADE DO CEP	47
4.1	<i>Design</i> do Survey	47
4.2	A Instrumentação do Survey	49
4.3	As Questões do Survey	52
4.4	Os Resultados do Survey	54
4.4.1	Sobre o Perfil dos Participantes	54
4.4.2	Quanto aos Alunos	55
4.4.3	Quanto aos Professores	57
4.4.4	Quanto aos Profissionais	59

4.5	Discussões Sobre os Resultados Obtidos.....	63
4.5.1	Sobre a Utilidade e Aquisição das Competências de CEP	63
4.5.2	Sobre as Abordagens de Ensino.....	65
4.5.3	Sobre as Competências Exigidas pela Indústria	66
4.6	Considerações Finais	69
5	A ABORDAGEM DE ENSINO	70
5.1	Identificação das Competências	70
5.2	Planejamento da Disciplina.....	74
5.2.1	Processos e objetivos de negócio.....	76
5.2.2	Medição	78
5.2.3	Controle Estatístico.....	80
5.2.4	Avaliação de Capacidade e Melhoria do Processo	81
5.2.5	Observações sobre a disciplina	82
5.3	A Estratégia de Ensino	83
5.3.1	Sobre o Material de Apoio Fornecido.....	87
5.3.2	Os Jogos e Projetos Práticos Utilizados.....	89
5.4	Considerações Finais	92
6	A AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA ABORDAGEM	93
6.1	Estratégia de pesquisa e avaliação	94
6.2	Questões de pesquisa e hipóteses	95
6.3	Instrumentação	99
6.4	Execução	100
6.5	Análise dos Dados	103
6.5.1	Procedimentos.....	103
6.5.2	Análise das Questões de Pesquisa	103
6.6	Discussão dos Resultados	111
6.7	Ameaças à Validade.....	116
6.8	Considerações Finais	120
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121
7.1	Sumário do Trabalho.....	121
7.2	Análise dos Resultados	122
7.3	Trabalhos Futuros	124
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
	APÊNDICE A – PLANEJAMENTO DAS UNIDADES DA DISCIPLINA	135
	APÊNDICE B – MATERIAIS DOS JOGOS E ATIVIDADES REALIZADAS .	143
	APÊNDICE C – QUESTÕES DO PRÉ E PÓS-TESTE	166
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO ALUNO SOBRE A ADEQUAÇÃO DA DISCIPLINA	174
	APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE FEEDBACK DO GRUPO EXPERIMENTAL	175
	APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE BACKGROUND E MOTIVAÇÃO.....	177
	APÊNDICE G – CONJUNTO DE DADOS DO EXPERIMENTO.....	178

1 INTRODUÇÃO

Nesse capítulo serão abordados os aspectos que caracterizam e justificam este trabalho. Inicialmente, uma contextualização do trabalho é apresentada para que se tenha o entendimento do porquê deste trabalho. Em seguida, serão apresentadas as causas que motivaram este trabalho. Uma descrição dos objetivos do trabalho e a metodologia utilizada para a execução do mesmo também serão abordadas. Por fim, a estrutura deste trabalho é descrita sucintamente a partir da organização de seus capítulos.

1.1 Contextualização

De acordo com Lantzy (1992), o Controle Estatístico de Processos (CEP) foi originalmente desenvolvido na área de manufatura para apoiar a implementação de programas de melhoria contínua em linhas de produção e o CEP tem o seu fundamento na obra de Shewhart (1930) nos laboratórios da *Bell Telephone*. Um processo considerado sob controle estatístico deve ser estável e repetível (Montgomery, 2007). Assim, o CEP é um conjunto de técnicas para garantir que esse objetivo seja atingido.

Apesar do uso do CEP nos processos de melhoria não ser novo para a indústria em geral, no contexto das organizações de software o controle estatístico pode ser considerado algo relativamente recente (Alhassan e Jawawi, 2014).

No entanto, a importância do CEP para a indústria de software tem crescido nos últimos anos, principalmente devido ao uso de modelos de qualidade reconhecidos internacionalmente (Fernández-Corrales, Jenkins e Villegas, 2013). Modelos como o *Capability Maturity Model Integration for Development* (CMMI-DEV) (SEI, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016) têm em seus níveis superiores de maturidade a necessidade da organização gerenciar quantitativamente a execução de seus processos e buscar a sua otimização contínua.

Vale ressaltar também que os modelos de qualidade recomendam que a organização possua um profissional especialista em Controle Estatístico de Processos para atender a este domínio (SOFTEX, 2016; SEI, 2010).

Em relação à qualidade do processo de desenvolvimento e ao modelo CMMI-DEV, nos primeiros níveis deste programa de melhoria as organizações adotam uma medida que simplesmente consiste na coleta de dados, a partir da execução do projeto, e os compara com os valores planejados. Apesar desta ser uma abordagem suficiente, não é adequada para as organizações que procuram pela alta maturidade, avaliar e evoluir seus processos. Nestas organizações é necessário executar o controle estatístico de processos de software para conhecer o seu real comportamento, determinar o seu desempenho em execuções anteriores e prever seu desempenho em projetos atuais e futuros, certificando-se que eles são capazes de atingir as metas estabelecidas e identificar ações corretivas e de melhoria quando for o caso (Barcellos, Falbo e Rocha, 2010).

Neste contexto de modelos de qualidade, vale ressaltar que segundo dados do iMPS – Evidências Sobre o Desempenho de Empresas que Adotaram o Modelo MPS-SW (SOFTEX, 2020), o Brasil possui 794 empresas avaliadas considerando-se apenas escopo do MR-MPS-SW (Modelo de Referência de Software para Melhoria do Processo de Software Brasileiro). E, considerando-se o modelo CMMI, o Brasil possui 52 empresas avaliadas em algum nível de maturidade (CMMI Institute, 2020). Demonstrando a demanda por parte das organizações de profissionais atentos aos processos de software recomendados pelos modelos de qualidade.

1.2 Motivação

O uso do CEP em organizações de desenvolvimento de software mostra-se complexa, pois as técnicas existentes no contexto não consideram as particularidades presentes em um processo de desenvolvimento de software (Fernández-Corrales, Jenkins e Villegas, 2013). Desta forma, muitas organizações de software tendem a procurar a ajuda de profissionais externos à área de Ciência da Computação, a fim de auxiliar na execução do Controle Estatístico de Processos, deixando de usar a importante mão de obra do profissional da Ciência da Computação, já pertencente aos quadros da organização que, por sua posição natural no desenvolvimento de software é um grande especialista dos processos e da realidade da organização, além de agente ativo deste processo. Porém, não conhecedor do CEP.

Tal problema foi constatado a partir de observações realizadas ao longo de diversas consultorias de melhoria de processos conduzidas. Quanto ao consultor responsável pelas observações, este possui mais de 20 anos atuando em consultorias de melhoria de processos. Possuindo certificações para implementação e avaliação de melhorias seguindo o CMMI-DEV e o MR-MPS-SW. Além disto, tem também sólida formação na Ciência da Computação, sendo doutor na área e orientando/publicando diversos trabalhos no tema.

Para suprir esta possível falha na formação, durante as consultorias de melhoria os consultores adotam várias estratégias de formação para a transferência do conhecimento necessário para as práticas específicas ou resultados esperados incluídos na área de processo, especificamente no Controle Estatístico de Processos, a fim de desenvolver as habilidades e competências necessárias à equipe técnica da organização. Desta forma, os consultores notaram que muito tempo e recursos são gastos com este processo de formação da equipe, pois muitos destes profissionais não têm conhecimento adequado sobre os temas de Engenharia de Software (Leal *et al.*, 2012).

Esta dificuldade em encontrar profissionais de Ciência da Computação com domínio dos tópicos do CEP pode estar relacionada ao tipo de formação que estes receberam durante os anos de graduação. Os trabalhos de Soares (2004), Castro *et al.* (2000) e Hazzan e Dubinsky (2003) identificam situações, no contexto da Engenharia de Software, onde existe muito conteúdo para ser ensinado em um curto espaço de tempo, a baixa motivação dos estudantes e as dificuldades em preparar os alunos para a prática profissional dentro do ambiente acadêmico.

Em geral, a indústria de software sofre com a falta de profissionais qualificados para trabalhar em atividades que envolvem o processo de desenvolvimento de software (ABES, 2019; Taran e Rosso-Llopart, 2007; O'Leary *et al.*, 2006). Assim, as empresas de software têm de complementar o conhecimento de recém-graduados com formação e têm de fornecer competências técnicas e não técnicas relacionadas com o processo de desenvolvimento de software (Sargent, 2004). Em algumas organizações, até 80% das contratações são feitas por recém-graduados e até 80% do orçamento de treinamento é gasto com eles (Garg e Varma, 2008).

De acordo com Lethbridge *et al.* (2007), esta deficiência na formação de graduados na área de ES é o resultado de uma formação inadequada. Este achado pode ser reforçado com a investigação realizada por Sargent (2004), que revela que: apenas 40%

dos profissionais de TI (Tecnologia da Informação) dos Estados Unidos têm formação nesta área; e apenas 40% destes profissionais estão cientes dos principais campos da Engenharia de Software, tais como requisitos, arquitetura, testes, fatores humanos e gestão de projetos. Embora não tenha sido encontrado dados estatísticos específicos em relação ao CEP, é fácil de inferir que a realidade dos profissionais da ES neste domínio específico não deve ser diferente do cenário observado pelos autores citados para outros tópicos da ES.

No contexto nacional, a indústria de software tem adotado amplamente o uso de modelos de qualidade, tais como CMMI-DEV (SEI, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016), o que normalmente ocorre a partir dos Programas de Melhoria do Processo de Software implementados por empresas de consultoria.

1.3 Objetivos e Questões de Pesquisa

Com base nesta motivação, nos problemas relatados e nas observações dos consultores de melhoria acredita-se que a disciplina de Engenharia de Software, ao adotar abordagens de ensino atrativas e relevantes para o Controle Estatístico de Processos, pode melhor preparar os alunos para atuarem na indústria de software que possui elevada maturidade. Assim, neste contexto este trabalho tem como propostas:

- Examinar as práticas de controle de processos estatísticos relevantes para a indústria de software, onde esta análise irá identificar o conhecimento sobre CEP necessário para os profissionais da área desenvolverem suas atividades;
- Identificar as práticas do CEP existentes em cursos de Computação. O resultado desta análise será usado para definir uma abordagem de ensino do CEP em cursos de Computação.

Assim, o principal objetivo deste trabalho é propor uma abordagem de ensino do Controle Estatístico de Processos em cursos de computação, sendo esta abordagem baseada em padrões de qualidade e nas práticas do Controle Estatístico de Processos identificadas. Para este fim, as seguintes questões de pesquisa (RQ) devem ser respondidas:

1. RQ1. Quais os tópicos sobre Controle Estatístico de Processos são abordados nas diretrizes curriculares dos cursos de computação?

2. RQ2. Quais os tópicos sobre Controle Estatístico de Processos são abordados nos currículos de referência para os cursos de computação?
3. RQ3. Quais os tópicos sobre Controle Estatístico de Processos são efetivamente aprendidos pelos alunos de computação durante a graduação?
4. RQ4. Quais as habilidades do Controle Estatístico de Processos são exigidas pela indústria de software e quais delas foram adquiridos nos cursos de computação?

As seguintes hipóteses são testadas pelo experimento realizado para avaliar os ganhos de aprendizagem obtidos pela abordagem. Tal experimento é apresentado no Capítulo 6:

- Hipótese H01: Não existirá diferença, no nível de aplicação, entre o conhecimento prévio e o conhecimento adquirido entre os alunos que seguem a abordagem proposta.
- Hipótese H02a: Não existirá diferença no conhecimento prévio em CEP entre alunos que seguem uma abordagem tradicional de ensino e alunos que seguem a abordagem proposta em relação ao nível de aplicação;
- Hipótese H02b: Não existirá diferença no conhecimento adquirido em CEP entre alunos que seguem uma abordagem tradicional de ensino e alunos que seguem a abordagem proposta em relação ao nível de aplicação.

Para o contexto deste trabalho foi utilizada uma terminologia simplificada da Taxonomia de Bloom (1956), consistindo apenas dos níveis de Conhecimento, Compreensão e Aplicação

1.4 Metodologia do Trabalho

A realização deste trabalho conta com a participação de três alunos de graduação em Ciência da Computação, um aluno de mestrado em Ciência da Computação e um aluno de doutorado em Ciência da Computação. Além desses alunos, o projeto também conta com a participação de dois consultores de melhoria de processos, que foram responsáveis por ajudar a identificar.

Para responder a RQ1, foi realizada uma revisão da literatura sobre as orientações curriculares da ACM/IEEE (ACM/IEEE, 2013) e SBC (Sociedade Brasileira de Computação) (SBC, 2005) com o objetivo de identificar quais tópicos do CEP são

contemplados nas orientações. Para responder a RQ2, um *survey* foi realizado com os professores dos cursos de graduação em computação. O objetivo deste estudo foi analisar quais as atividades de CEP identificadas na revisão da literatura estão incluídas nas disciplinas curriculares da ES. O Capítulo 4 apresentará mais detalhes sobre esta etapa do trabalho.

Para a RQ3 este mesmo *survey* foi aplicado, só que desta vez com os alunos que concluíram as disciplinas de Engenharia de Software. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar se os alunos estão realmente aprendendo as atividades do CEP, se estas forem contempladas pelas disciplinas da ES. O Capítulo 4 apresentará mais detalhes sobre esta etapa do trabalho.

Para a RQ4, foi realizada uma análise sobre como o Controle Estatístico de Processos é tratado nos modelos de qualidade de software. Este item foi importante para identificar quais as habilidades necessárias para este profissional. Posteriormente, um *survey* foi realizado com engenheiros de software, objetivando identificar quais destas habilidades são relevantes para a indústria de software no contexto do Controle Estatístico de Processos (Furtado e Oliveira, 2017). Os engenheiros de software também foram questionados sobre quais habilidades de CEP foram adquiridas durante a graduação. O Capítulo 4 apresentará mais detalhes sobre esta etapa do trabalho.

As pesquisas foram aplicadas para cursos de graduação em Computação de universidades públicas e privadas no Brasil, para engenheiros de software atuantes no mercado e seguiram as orientações de Kitchenham e Pfleeger (2008).

Após as quatro questões de pesquisa serem respondidas, os seguintes resultados foram alcançados: as competências requeridas pela indústria de software para atuar com CEP; as recomendações das diretrizes curriculares para CEP; e as abordagens de ensino para CEP existentes em cursos de computação.

Estes resultados orientaram o desenvolvimento da abordagem de ensino do CEP. A partir dos resultados obtidos por Portela (2017), observa-se que os alunos estão mais interessados na realização de atividades práticas, tais como projetos de desenvolvimento em laboratórios que simulam situações próximas às que serão encontradas no mercado. Acredita-se que isto se deve ao fato da disciplina de Engenharia de Software ter muitos temas, o que acaba por torná-la menos atraente para os estudantes que não têm uma afinidade com a área. A abordagem prática, composta pelo uso de jogos e projetos

práticos, permite a esses alunos melhor fixarem os conceitos a partir de sua aplicação. O Capítulo 5 apresentará mais detalhes sobre esta etapa do trabalho.

Para avaliar a abordagem de ensino, foi realizado um experimento controlado em uma disciplina de Engenharia de Software de um curso de graduação em Ciência da Computação. Este experimento foi realizado em uma turma de Ciência da Computação de uma universidade pública brasileira. O Capítulo 6 apresentará mais detalhes sobre esta etapa do trabalho.

1.5 Estrutura da Tese

Além deste capítulo, que trata sobre a introdução geral do trabalho realizado, identificando o contexto do seu desenvolvimento, os seus objetivos e a metodologia utilizada para a execução deste trabalho, é descrita a seguir a estrutura dos demais capítulos.

O Capítulo 2 trata sobre o embasamento teórico necessário sobre o Controle Estatístico de Processos. Neste capítulo é explicado qual o uso e a importância do CEP e seus conceitos, assim como são demonstradas as principais técnicas e ferramentas.

O Capítulo 3 fornece a fundamentação teórica sobre a educação na engenharia de software. Nele são discutidos a abordagem humanística para o ensino e os principais métodos instrucionais utilizados na disciplina da Engenharia de Software. O capítulo também relaciona alguns trabalhos existentes na temática.

O Capítulo 4 apresenta o *survey* realizado. Este coletou as opiniões de engenheiros de software atuantes no mercado para avaliar a percepção destes sobre a utilidade do Controle Estatístico de Software para as organizações em que estão vinculados. Além disto, também foram coletadas as opiniões de professores e alunos concluintes de disciplinas da Engenharia de Software sobre quais habilidades do CEP foram ensinadas durante o curso.

O Capítulo 5 apresenta a abordagem de ensino, contemplando as competências e as habilidades esperadas do aluno, o conteúdo programado para ser ensinado na disciplina e os métodos instrucionais utilizados.

O Capítulo 6 relata o experimento realizado para avaliar os ganhos na aprendizagem fornecidos a partir do uso desta. Assim, um experimento formal foi aplicado, dividindo a população em grupo controle e grupo experimental, com o objetivo de avaliar a

eficácia das atividades de aprendizagem planejadas. Este desenho do experimento permitiu uma comparação estatística do comportamento observado no grupo experimental em relação ao observado no grupo controle.

O Capítulo 7 apresenta as considerações finais, resultados obtidos, publicações realizadas e trabalhos futuros.

2 O CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

Este capítulo pretende fornecer o embasamento teórico sobre o Controle Estatístico de Processos necessário para o entendimento da abordagem. Nele será exposto como o Controle Estatístico de Processos surgiu na indústria da manufatura e a partir de que momento ele foi adotado pelas organizações de software, apresentando um breve histórico sobre o assunto. Neste capítulo também será explicada a importância do Controle Estatístico de Processos para organizações que buscam conhecer e controlar o comportamento dos seus processos, além de como utilizar os gráficos de controle e *baselines* de desempenho para se atingir este objetivo.

2.1 O que é Controle Estatístico de Processos?

A busca pela melhoria da qualidade deve ser baseada em melhoramentos contínuos, atitudes promovidas constantemente que permitam reconhecer os problemas, priorizar ações e dar sequência a uma postura proativa (Silva, 1999).

Ao se considerar o referencial dos modelos de maturidade do processo MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016) e CMMI-DEV (SEI, 2010), percebe-se que, dependendo do nível de maturidade de uma organização de software, a medição é realizada de forma distinta (Rocha, Souza e Barcellos, 2012), onde até o nível C do MR-MPS-SW e até o nível 3 do CMMI-DEV é realizada a medição de forma tradicional, onde os dados de um projeto são coletados e comparados com os valores estimados. Por outro lado, nos níveis superiores destes modelos, a partir do B no MR-MPS-SW e a partir do 4 no CMMI-DEV, é necessário controlar estatisticamente o processo de software para conhecer seu comportamento, estabelecer o desempenho do processo e verificar se o mesmo tem a capacidade de atender aos objetivos da organização e de seus clientes, além de atentar para as oportunidades de melhorias existentes (Barcellos, 2009).

O Controle Estatístico de Processos usa os dados coletados nos projetos para analisar o comportamento dos processos selecionados como críticos para o objetivo de

negócio da organização (Paranthaman, 1990). Assim, o objetivo do Controle Estatístico de Processos é diminuir a variabilidade dos processos, proporcionando uma maior qualidade nos resultados da produção. A ideia principal do CEP é gerar processos estáveis, ou seja, processos que têm seu comportamento previsível e repetível.

A eficácia do Controle Estatístico de Processos baseia-se no fato de que se um processo ocorre sob condições conhecidas, este processo estará sujeito apenas aos efeitos das Causas Comuns (Lima *et al.*, 2006). Assim, um processo sendo conhecido, é possível se prever todo o seu comportamento em execuções futuras (Pinton, 1997).

Processos considerados instáveis, que não possuem um comportamento previsível e repetível, devem ter suas causas de instabilidade investigadas e corrigidas para garantir a estabilização do processo. Uma vez que o processo já esteja estabilizado, ações de melhoria da capacidade podem ser adotadas com o objetivo de se atingir a melhoria contínua do processo (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).

2.2 A História do Controle Estatístico de Processos

Para uma grande parte das organizações, não apenas as de software, responder de forma precisa se seus objetivos estão sendo alcançados não é uma tarefa simples, já que muitas vezes estas organizações não gerenciam corretamente seus processos e, conseqüentemente, não conhecem o seu desempenho (Florac e Carleton, 1999).

Durante os anos de 1920, Walter Shewhart (1939), trabalhando para a *Bell Telephone Laboratories*, realizou o primeiro uso de métodos estatísticos para monitorar o controle da qualidade. Ele queria monitorar e controlar, de forma econômica, a variação na qualidade dos componentes e produtos finalizados. Shewhart reconheceu que inspecionar e rejeitar os produtos defeituosos não era a forma mais econômica de se produzir produtos com qualidade. Assim, Shewhart inventou uma ferramenta visual para monitorar as variações de um processo, o Gráfico de Controle, e demonstrou que monitorar e controlar a variação a partir do processo de produção era mais eficiente e barato.

Com o reconhecimento da importância da gerência de projetos, Deming (1986) inspirou-se nos trabalhos de Shewhart e popularizou sua abordagem para a gerência e melhoria contínua do processo, o PDCA – *Plan, Do, Check, Act*. Com o tempo, a comunidade de software reconheceu a importância das práticas e dos métodos

relacionados com a gerência de processos e a melhoria contínua, começando a aplicá-los em organizações de software com o objetivo de alcançar a melhoria da qualidade de seus produtos de software, aumentar a produtividade e sua competitividade (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).

Segundo Florac e Carleton (1999) a gerência efetiva dos processos atesta que os produtos ou serviços gerados contribuem para o alcance dos objetivos da organização e dos clientes. Gerenciar um processo envolve definir, medir, controlar e melhorar este processo, assim as organizações de software perceberam que os métodos de medição tradicionais não eram suficientes para determinar o desempenho dos processos e responder objetivamente se os objetivos estavam sendo alcançados (Rocha, Souza e Barcellos, 2012). Então, as organizações de software mais um vez voltaram-se para as práticas da indústria de manufatura, reconhecendo a importância do Controle Estatístico de Processos. Neste contexto, o CEP passou das linhas de produção da manufatura para o desenvolvimento de software (Lantzy, 1992), podendo ser considerado uma evolução do processo de medição.

2.3 Conhecendo o Comportamento dos Processos

O comportamento de um processo é norteado por dois conceitos: (i) a estabilidade, que é a característica de um processo ser repetível e previsível em relação às suas execuções futuras; e (ii) a capacidade, onde o processo além de ser estável, deve ser capaz de alcançar os objetivos estabelecidos pela organização.

Como já dito, um processo considerado estável, ou sob controle estatístico, apresenta uma previsibilidade, porém é possível que este mesmo processo produza itens defeituosos ou não-conformes. Assim, em relação à estabilidade é importante ressaltar que é natural aos processos apresentar certa variação no seu comportamento, onde o processo estável não é aquele que não apresenta variações e sim, aquele que apresenta variações que ocorram dentro dos limites estabelecidos e previsíveis (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).

Neste contexto, estas variações aceitáveis (ou controladas) são provocadas pelas causas comuns e causam desvios dentro do limite esperado para o comportamento do processo (Shewhart, 1939). A Figura 2.1 apresenta o conceito de variação controlada, ilustrando os pontos do processo distribuídos dentro da curva do comportamento esperado para o mesmo.

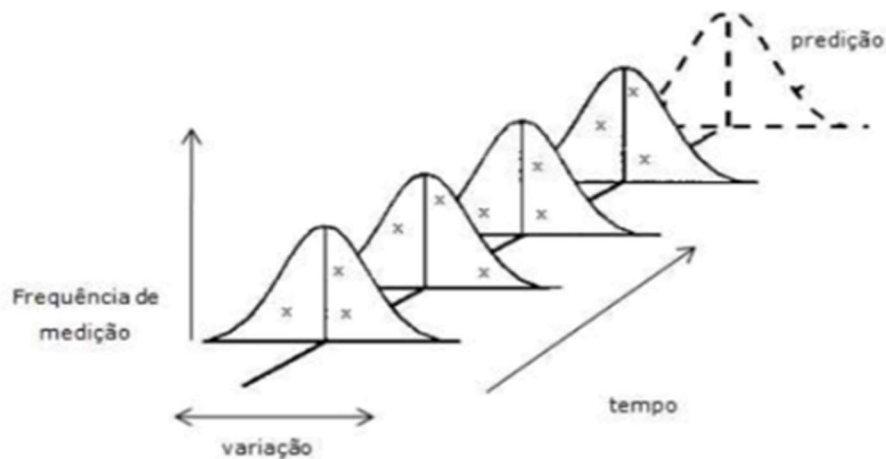


Figura 2.1 - Variações controladas (Rocha, Souza e Barcellos (2012) adaptado de (Florac e Carleton, 1999))

Já as causas especiais provocam desvios que ultrapassam os limites de variação aceitáveis para o comportamento do processo, fazendo com que o processo torne-se instável (Shewhart, 1939). Tais causas especiais devem ser identificadas e tratadas para trazer estabilidade ao processo. A Figura 2.2 exibe um processo instável que ao longo do tempo tem suas causas especiais tratadas e eliminadas.

Depois da estabilização, é necessário quantificar a capacidade do processo, empregando os índices de capacidade esperada (Santos e Batista, 2005; SEI, 2010; Bothe, 1997).

Segundo Rocha, Souza e Barcellos (2012), é importante entender que apesar da estabilidade permitir o conhecimento e a previsibilidade do comportamento de um processo, esta afirmação não significa que este processo possui um bom desempenho. Daí a importância de se avaliar também a capacidade deste processo.

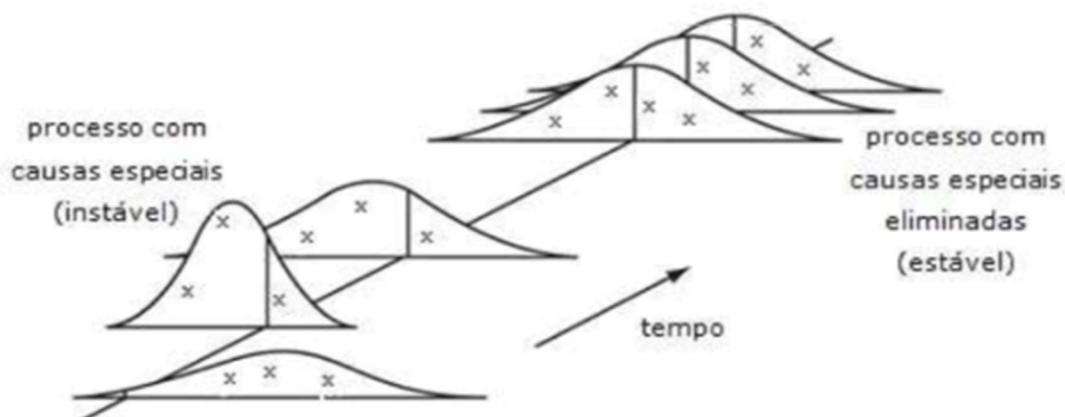


Figura 2.2 - Variações não controladas e estabilização do processo (Rocha, Souza e Barcellos (2012) adaptado de (Neubauer, 2011))

O estudo da capacidade do processo tem como objetivo verificar se o processo consegue atender às especificações (Ramos, 2003). A capacidade atual do processo é chamada de voz do processo, enquanto que a capacidade desejada para o processo é chamada de voz do cliente (Wheeler e Poling, 1998).

O objetivo é que a capacidade medida na voz do processo seja capaz de atender o desejado pela voz do cliente, e as ações de melhoria contínua devem ser tomadas para mudar o processo e melhorar o seu desempenho, aproximando-o da voz do cliente (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).

2.4 Os Gráficos de Controle

No CEP os processos são controlados a partir de medições planejadas e registradas em gráficos de controle, que são as principais ferramentas utilizadas neste tipo de controle e têm como intuito demonstrar as variações no comportamento do processo e permitir a análise sobre a estabilidade.

Os gráficos de controle utilizam métodos de controle estatístico e representação gráfica para quantificar o comportamento de um processo, fornecendo evidências de suas variações a partir das causas comuns ou das causas especiais. Existem diversos tipos de gráficos de controle, cada um com seu conjunto de métodos quantitativos ou estatísticos, que devem ser selecionados de acordo com a adequação ao tipo das medidas coletadas, dados e contexto do processo. Os gráficos de controle irão permitir que se possa atuar preventivamente no processo, corrigindo desvio em tempo real e não

deixando que a situação de não conformidade perdure e cause danos maiores (Toledo, 1987).

A representação gráfica facilita a percepção de ocorrências fora dos limites esperados, a presença das causas especiais. No entanto, um gráfico de controle não permite a identificação de quais são estas causas especiais, mas o gráfico dispõe de informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas (Werkema, 1995). Os gráficos de controle consistem em uma Linha Central - LC (ou *Central Line* – CL), um Limite Superior - LS (ou *Upper Control Limit* - UCL) e um Limite Inferior - LI (ou *Lower Control Limit* - LCL), além dos valores marcados no gráfico que representam o comportamento do processo. A Figura 2.3 ilustra um exemplo de um gráfico de controle representando um processo estável.

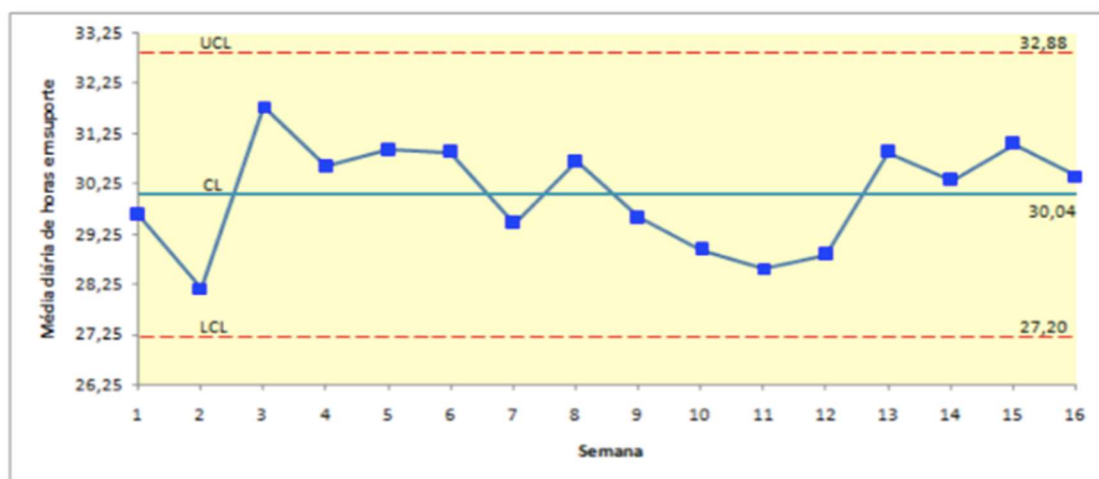


Figura 2.3 - Representação de um processo estável (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

A análise da estabilidade é feita ao se olhar para os pontos marcados no gráfico. Se os pontos estiverem dentro dos limites estabelecidos, de forma aleatória e sem nenhuma tendência particular, pode-se considerar o processo como estável (Kume, 1993). Assim, existem diversos testes utilizados para verificar se um processo é estável, destacando-se quatro deles (Wheeler e Chambers, 2010): (i) Teste 1, a presença de algum ponto fora dos limites de controle; (ii) Teste 2, a presença de pelo menos dois de três valores consecutivos do mesmo lado da linha central e acima do quartil superior do limite de controle; (iii) Teste 3, a presença de pelo menos quatro de cinco valores consecutivos do mesmo lado da linha central e acima do segundo quartil do limite de controle; e (iv)

Teste 4, a presença de oito pontos consecutivos do mesmo lado da linha central. A Figura 2.4 ilustra estes testes e suas zonas de análise em um gráfico de controle.

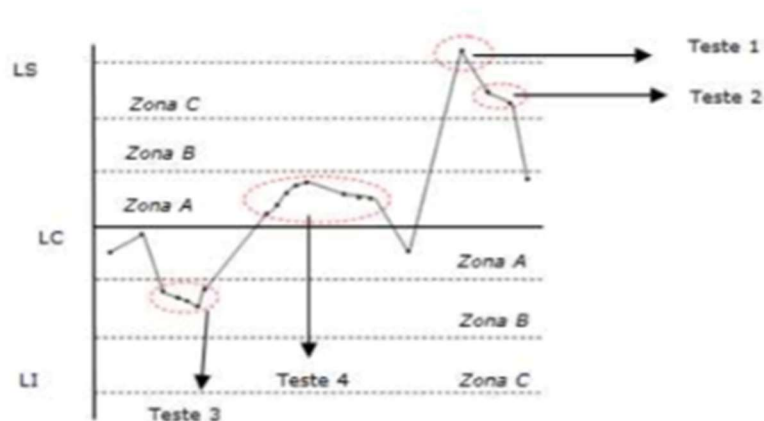


Figura 2.4 - Testes de estabilidade do processo (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

Gráficos de controle podem ser aplicados a duas classes diferentes de dados, sendo:

- **Dados de variáveis:** as variáveis são características medidas de um fenômeno contínuo, como, por exemplo, comprimento, resistência, esforço e tempo. Os gráficos de controle para variáveis baseiam-se em características de qualidade expressas por um número em uma escala contínua de medidas (Werkema, 1995);
- **Dados de atributos:** ocorrem quando uma informação é registrada apenas quando um item da população satisfaz ou não um critério de qualidade. Os gráficos de controle para atributos baseiam-se na verificação da presença ou ausência de um atributo, ou seja, quantos itens apresentam uma característica (atributo). Como exemplo, pode-se citar a quantidade de itens defeituosos encontrados.

2.4.1 Os Gráficos de Controle para Dados de Variáveis

Os gráficos de controle X-bar, R e S são adequados para analisar o comportamento do processo em relação a sua média e variabilidade a partir de medidas obtidas sob a mesma condição, subgrupadas e coletadas em um determinado período de tempo. O gráfico X-bar analisa a média dos valores internos de cada subgrupo de medidas coleadas. O gráfico R irá indicar a variação interna de cada subgrupo a partir da média

dos valores em cada subgrupo. Já o gráfico S irá calcular a variação interna a partir do desvio padrão. Os gráficos R são limitados a subgrupos com no máximo dez observações, sendo o gráfico S o mais indicado para grupos maiores. Este conjunto de gráficos permite analisar a tendência do processo ao longo do tempo e analisar a variação interna de cada subgrupo medido. A Figura 2.5 apresenta um exemplo de um gráfico X-bar R.

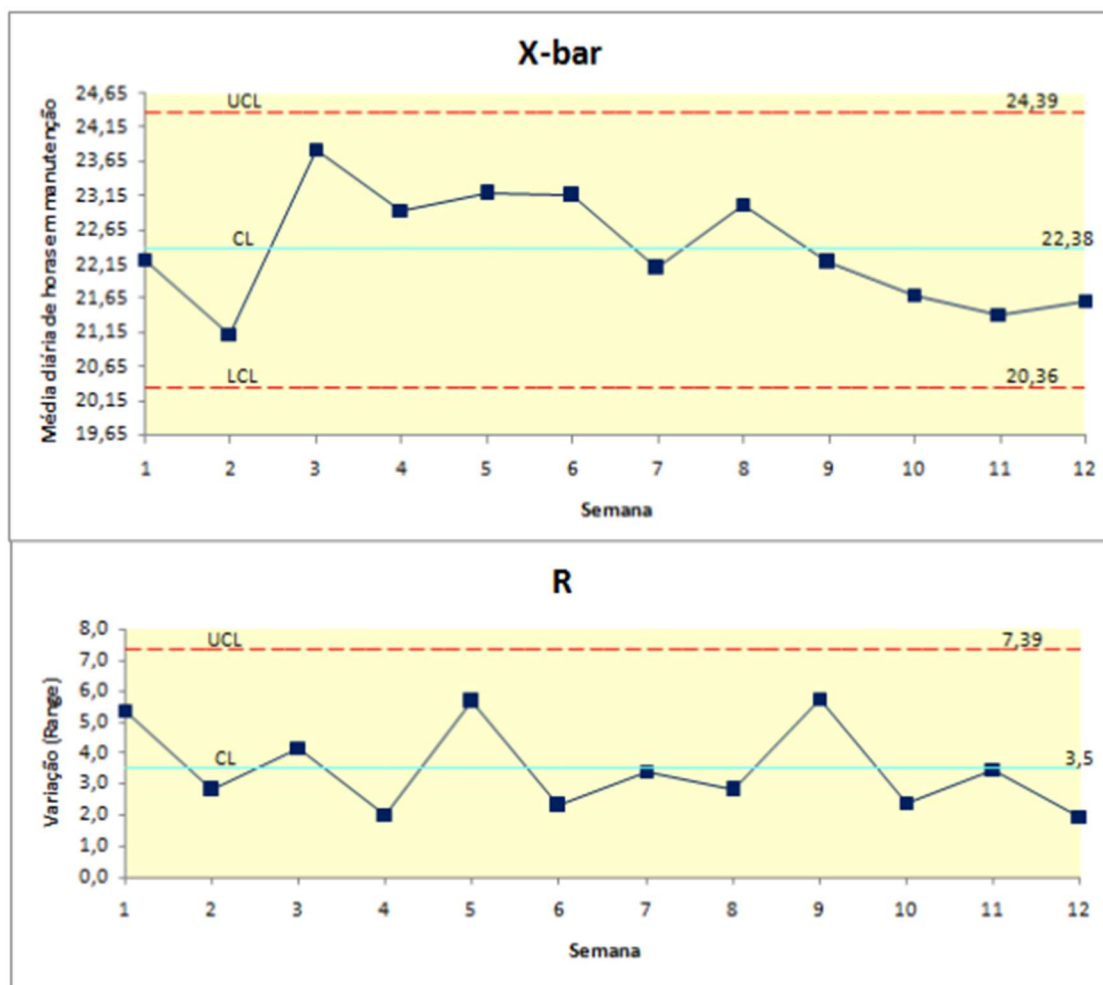


Figura 2.5 – Gráfico X-bar R (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

Os gráficos *Individuals and Moving Range* (XmR) são utilizados quando se pretende analisar a mesma variável que é medida frequentemente. Segundo Rocha, Souza e Barcellos (2012), a sua utilização é muito comum no contexto de processos de software. O gráfico X representa os valores individuais coletados e o gráfico mR representa a variação de um valor em relação ao seu valor coletado anteriormente, a variação móvel. Os gráficos *Individuals and Median Moving Range* (XMmR) têm seu funcionamento de

forma similar ao XmR, a diferença está em utilizar o cálculo da mediana para encontrar a variação móvel entre os valores coletados. Tal mudança justifica-se pela mediana ser mais sensível às causas especiais. A Figura 2.6 apresenta um exemplo de um gráfico XmR.

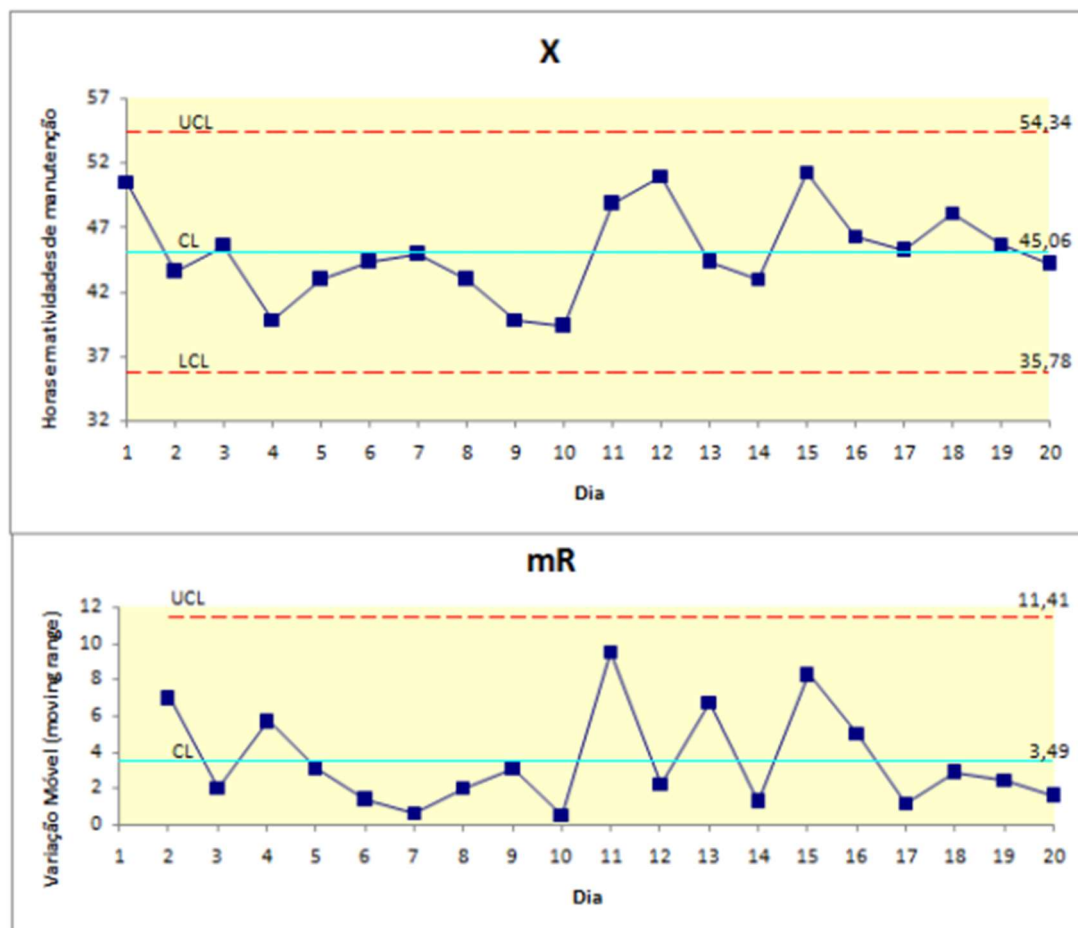


Figura 2.6 – Gráfico XmR (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

Por fim, os gráficos *Moving Average and Moving Range* (mXmR) têm seu funcionamento parecido aos dois gráficos apresentados anteriormente, porém este além de se preocupar com a variação móvel, também se atenta para a média móvel, ou seja, a média entre dois valores consecutivos. A Figura 2.7 apresenta um exemplo de um gráfico mXmR.

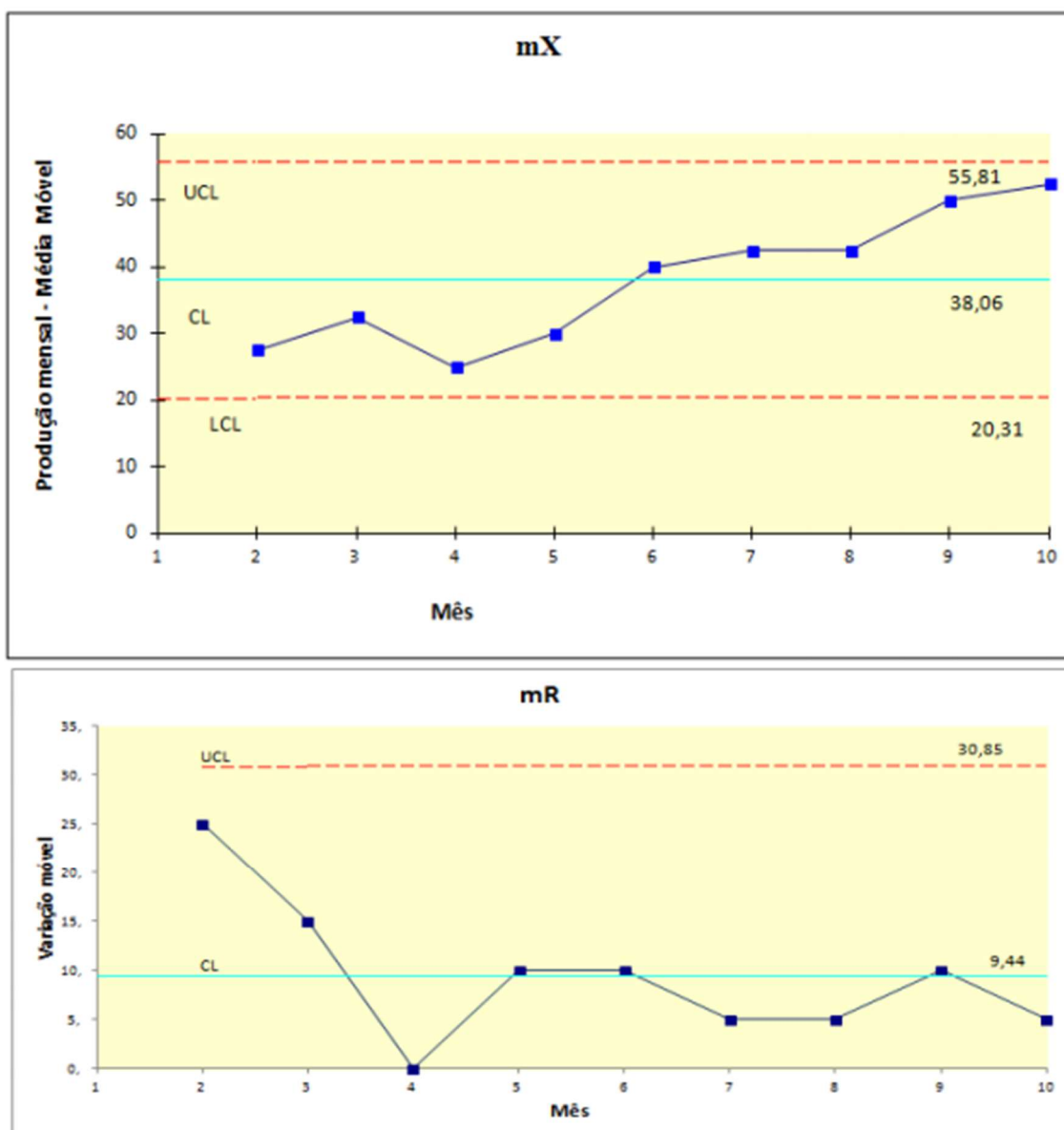


Figura 2.7 – Gráfico mXmR (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

2.4.2 Os Gráficos de Controle para Dados de Atributos

O Gráfico C é utilizado quando se quer contar a ocorrência de eventos em uma mesma área de observação, por exemplo, pode ser usado para identificar a quantidade de falhas encontradas por usuários de uma determinada versão de um software, sendo a área de observação esta determinada versão (Rocha, Souza e Barcellos, 2012). A Figura 2.8 apresenta um exemplo de um gráfico C.

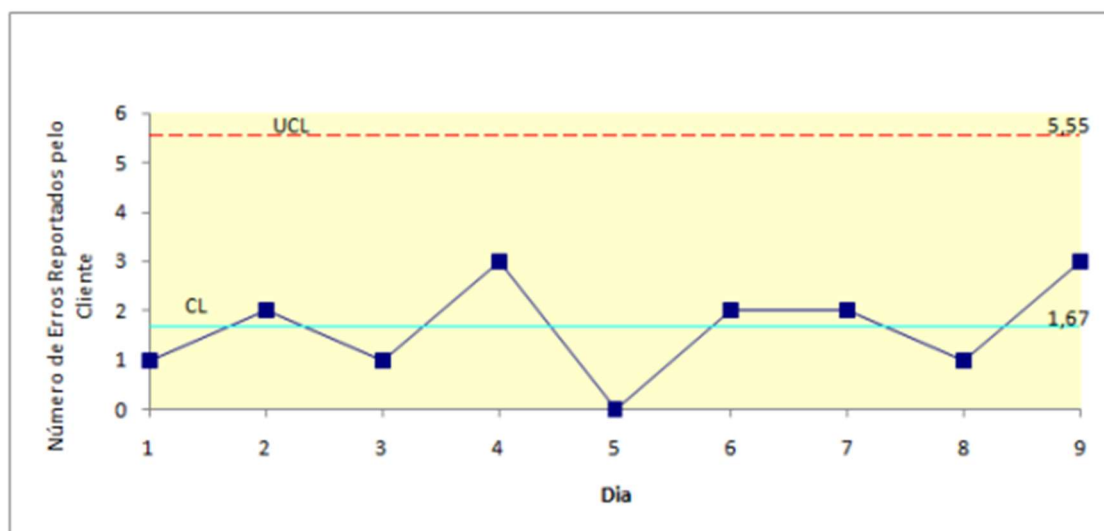


Figura 2.8 – Gráfico C (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

Para contextos em que é necessário considerar eventos medidos em áreas de observação diferentes, o Gráfico U é o mais adequado para realizar o controle e o Gráfico C não pode ser utilizado pelo fato da área de observação não ser constante. A Figura 2.9 apresenta um exemplo de um gráfico U.

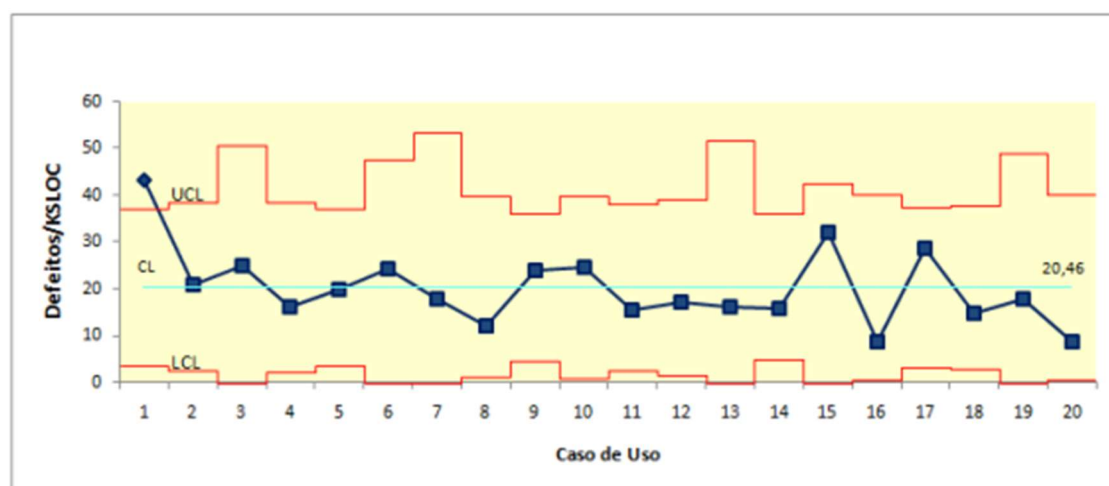


Figura 2.9 – Gráfico U (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

Os gráficos XmR e XMmR também podem ser utilizados para analisar dados do tipo atributo.

2.5 Conhecendo o Desempenho e Determinando a Capacidade de um Processo

A *baseline* de um processo caracteriza o seu comportamento, o desempenho. Idealmente, uma *baseline* deve apenas ser estabelecida para um processo estável. A *baseline* é descrita a partir de um gráfico de controle com seus limites calculados, caracterizando a *baseline* de desempenho para aquele processo. Entretanto, uma *baseline* caracterizada apenas pelo gráfico de controle pode não trazer muitas informações sobre o processo. Desta forma, para que uma *baseline* tenha uma quantidade suficiente de informações para a análise do comportamento do processo é necessário que a mesma venha acompanhada da definição do processo analisado e das medidas coletadas que foram utilizadas para construir o gráfico de controle e calcular os seus limites.

As *baselines* de um processo não são definitivas, é necessário que sejam atualizadas ao longo do tempo a partir de novas execuções do processo. No entanto, segundo Rocha, Souza e Barcellos (2012), nem sempre novas coletas irão resultar em novas *baselines*, é necessário que os novos dados indiquem que houve uma mudança no comportamento do processo. Wheeler e Chambers (2010) ainda sugerem que não existe um volume exato de novos dados necessários para isso.

Existe também as situações em que o processo passará por modificações e melhorias. Como uma *baseline* deve estar acompanhada da definição do processo, assim que esta for alterada o comportamento do processo deve ser novamente analisado.

Um processo pode ser executado em diversos contextos diferentes, variando por exemplo na complexidade ou tamanho dos projetos que o executam. Desta forma, uma única *baseline* de desempenho pode não ser suficiente para caracterizar o comportamento do processo em todos estes contextos. Assim, este processo pode requerer a definição de várias *baselines*, cada uma sendo responsável por caracterizar o comportamento do processo em cada um dos contextos avaliados.

Após o desempenho do processo ser conhecido, é necessário avaliar se este desempenho é capaz de entregar os resultados e objetivos pretendidos pela organização e seus clientes. As *baselines* definidas anteriormente representam seus limites de controle, a voz do processo, assim uma forma simples de avaliar a capacidade de um processo é representar neste gráfico de controle os limites representando o desempenho

desejado para o processo, a voz do cliente. Desta forma, se os limites calculados para o gráfico de controle estiverem dentro dos limites especificados para o desempenho do processo pode-se dizer que o processo é capaz. A Figura 2.5 exibe um gráfico de controle para um processo estável e capaz junto dos limites desejados para o desempenho do processo.

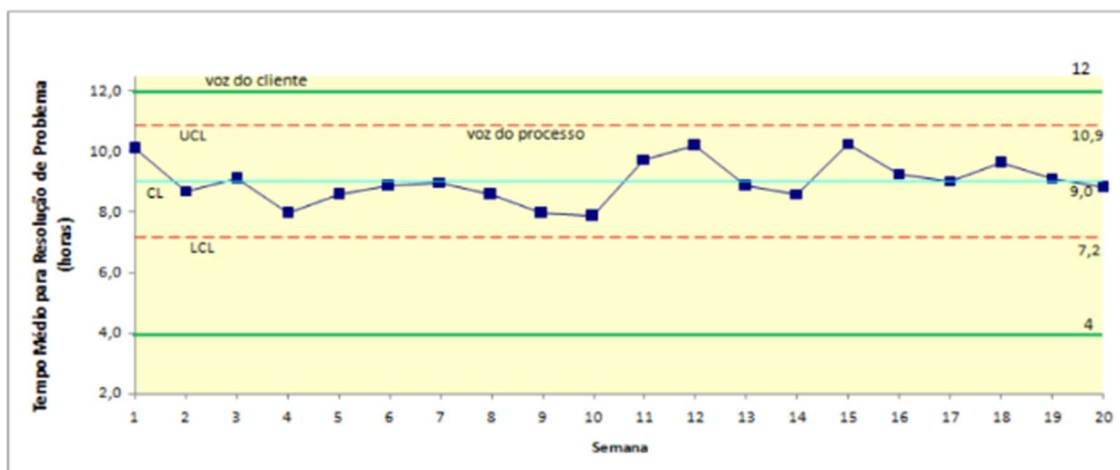


Figura 2.10 - Gráfico de controle com os limites de controle e de especificação representados (Rocha, Souza e Barcellos, 2012)

2.6 O Controle Estatístico de Processos e os Modelos de Qualidade

Para o escopo deste trabalho são considerados dois modelos de qualidade que trazem recomendações sobre o Controle Estatístico de Processos: o CMMI-DEV (SEI, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016).

2.6.1 O CMMI-DEV

No contexto do CMMI-DEV, o CEP é tratado pela área de processo *Organizational Process Performance* (OPP) em conjunto com a área de *processo Quantitative Project Management* (QPM). O objetivo do OPP é estabelecer e manter um entendimento quantitativo sobre o desempenho dos processos selecionados a partir do conjunto de processos padrão da organização. Estes processos selecionados devem apoiar o atingimento dos objetivos de qualidade e desempenho do processo, além de prover dados sobre este desempenho, *baselines* e modelos de desempenho para gerenciar quantitativamente os projetos da organização, sendo realizado pelo QPM.

A área de OPP, encontrada no nível 5 do CMMI-DEV, possui apenas um único objetivo específico (SG), o SG 1 *Establish Performance Baselines and Models*. O objetivo deste SG é prover a organização de informações sobre as *baselines* de desempenho do processo e modelos de desempenho necessários para realizar a gerência quantitativa de um projeto. Este SG é composto por 5 práticas específicas (SP):

- SP 1.1 *Establish Quality and Performance Objectives*: tem como objetivo estabelecer e manter os objetivos quantitativos de qualidade e desempenho para os processos da organização. Estes objetivos devem ser rastreáveis para os objetivos de negócio;
- SP 1.2 *Select Processes*: tem como objetivo selecionar os processos ou subprocessos da organização que serão incluídos na análise de desempenho, além de manter a rastreabilidade destes processos com os objetivos de negócio da organização;
- SP 1.3 *Establish Process Performance Measures*: tem como objetivo estabelecer e manter as definições das medições que serão incluídas na análise do desempenho do processo da organização;
- SP 1.4 *Analyze Process Performance and Establish Process Performance Baselines*: tem como objetivo analisar o desempenho dos processos selecionados e estabelecer e manter as *baselines* de desempenho destes processos;
- SP 1.5 *Establish Process Performance Models*: tem como objetivo estabelecer e manter modelos de desempenho do processo para o conjunto de processos padrão da organização.

A área de QPM, encontrada no nível 4 do CMMI-DEV, possui dois objetivos específicos, o SG 1 *Prepare for Quantitative Management* e o SG 2 *Quantitatively Manage the Project*. O objetivo do SG 1 é prover o projeto das preparações necessárias para este ser gerenciado quantitativamente, como a seleção de medidas e técnicas estatísticas que irão apoiar a gerência. Para o SG 2, o objetivo é efetivamente executar a gerência quantitativa do projeto. Os dois objetivos específicos são compostos pelas seguintes práticas específicas:

- SP 1.1 *Establish the Project's Objectives*: tem como objetivo estabelecer e manter os objetivos quantitativos de qualidade e desempenho de processo para o projeto;

- SP 1.2 *Compose the Defined Process*: tem como objetivo compor um processo que possibilite ao projeto alcançar seus objetivos de qualidade e desempenho de processo;
- SP 1.3 *Select Subprocesses and Attributes*: tem como objetivo selecionar os subprocessos e atributos críticos para a avaliação do desempenho e que ajudam a atingir os objetivos quantitativos de qualidade e desempenho de processo;
- SP 1.4 *Select Measures and Analytic Techniques*: tem como objetivo selecionar as medições e técnicas para análise quantitativa que serão utilizadas na gerência do projeto;
- SP 2.1 *Monitor the Performance of Selected Subprocesses*: tem como objetivo monitorar o desempenho dos subprocessos selecionados através do uso de técnicas estatística e outras técnicas quantitativas;
- SP 2.2 *Manage Project Performance*: tem como objetivo gerenciar o projeto utilizando de técnicas estatística e outras técnicas quantitativas para determinar se o projeto será ou não capaz de atingir os objetivos de qualidade e de desempenho do processo;
- SP 2.3 *Perform Root Cause Analysis*: tem como objetivo realizar a análise de causa e efeito das variações para identificar deficiências no alcance os objetivos de qualidade e de desempenho do processo para o projeto.

2.6.2 O MR-MPS-SW

Para o MR-MPS-SW, o Controle Estatístico de Processos não representa uma área de processo específica, como no CMMI-DEV. No MR-MPS-SW o CEP é atingido através dos Atributos de Processo (AP) do nível B do modelo. Segundo o Guia Geral do MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016), a capacidade do processo é representada por um conjunto de atributos de processo descrito em termos de resultados esperados. A capacidade do processo expressa o grau de refinamento e institucionalização com que o processo é executado na organização/unidade organizacional. No MR-MPS-SW, à medida que a organização/unidade organizacional evolui nos níveis de maturidade, um maior nível de capacidade para desempenhar o processo deve ser atingido (SOFTEX, 2016). Assim, aqueles processos considerados críticos para a organização que serão análise da avaliação de desempenho devem atingir os atributos de processo AP 4.1 e AP 4.2.

O AP 4.1 – O processo é medido, nele é a medida do quanto as necessidades de informação são definidas, os relacionamentos entre os elementos de processo são identificados e os dados são coletados. Para a organização atingir completamente este AP, os seguintes itens devem ser contemplados:

- (i) Os processos que estão alinhados a objetivos quantitativos de negócio são identificados;
- (ii) Foram identificadas as necessidades de informação dos processos requeridas para apoiar o alcance dos objetivos de negócio relevantes da organização;
- (iii) Os objetivos de medição do processo foram definidos a partir das necessidades de informação;
- (iv) Relacionamentos mensuráveis entre elementos do processo que contribuem para o desempenho do processo são identificados;
- (v) Os objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo da organização foram definidos e estão alinhados às necessidades de informação e aos objetivos de negócio;
- (vi) Os processos que serão objeto de análise de desempenho são selecionados a partir do conjunto de processos padrão da organização e das necessidades de informação dos usuários dos processos;
- (vii) Medidas adequadas para análise de desempenho do processo, incluindo a frequência de realização das medições, são identificadas, definidas e incorporadas ao plano de medição da organização;
- (viii) Resultados de medições são coletados, validados e reportados para monitorar o quanto os objetivos quantitativos para o desempenho do processo foram alcançados.

O AP 4.2 – O processo é controlado, nele é a medida do quanto dados objetivos são utilizados para gerenciar o desempenho do processo. Para a organização atingir completamente este AP, os seguintes itens devem ser contemplados:

- (i) Técnicas para análise dos dados coletados são selecionadas;
- (ii) Dados de medições são analisados com relação a causas especiais (atribuíveis) de variação do processo;
- (iii) O desempenho do processo é caracterizado;
- (iv) Ações corretivas foram executadas para tratar causas especiais de variação;

- (v) Se necessário, análises adicionais são realizadas para avaliar o processo sob o efeito de causas especiais de variação;
- (vi) Modelos de desempenho do processo são estabelecidos, melhorados e ajustados em função do conhecimento adquirido com o aumento de dados históricos, compreensão das características do processo ou mudanças no próprio negócio da organização.

2.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o referencial teórico necessário para se entender como o Controle Estatístico de Processos funciona e qual a sua importância para as organizações.

O Controle Estatístico de Processos vai apoiar a melhoria contínua de um processo ao analisar o comportamento deste durante as suas execuções por diversos projetos. A principal ferramenta utilizada é o gráfico de controle. Os diversos tipos de gráficos de controle irão fornecer uma representação visual do comportamento atual do processo, facilitando a identificação de desvios e situações que mereçam ser investigadas. No entanto, é importante saber discernir sobre qual tipo de gráfico é mais adequado para a situação em que o processo e suas medidas estão inseridos.

Assim, ao aplicar o CEP está se conhecendo e controlando o comportamento dos processos, garantindo que estes sejam previsíveis e atendam aos objetivos. As organizações capazes de realizar esta tarefa podem prever melhor a qualidade de seus produtos e serviços, seus custos, cronogramas, eficácia e rentabilidade (Rocha, Souza e Barcellos, 2012).

3 O ENSINO DA ENGENHARIA DE SOFTWARE

Este capítulo pretende fornecer o embasamento teórico sobre o ensino da engenharia de software necessário para o entendimento da abordagem. O capítulo irá expor os métodos instrucionais mais utilizados por professores ao ministrar a engenharia de software e os trabalhos relacionados com a abordagem. O método instrucional é o caminho a ser percorrido para alcançar os objetivos planejados para o processo de ensino-aprendizagem.

3.1 Métodos Instrucionais para o Ensino da Engenharia de Software

De acordo com a ACM / IEEE (ACM/IEEE, 2013), a Engenharia de Software é uma disciplina interessada na aplicação de teoria, conhecimento e prática para o desenvolvimento eficaz e eficiente de sistemas de software que atendam aos requisitos dos usuários. Os profissionais da ES devem ter a capacidade de compreender o desenvolvimento de software como um processo de assegurar prazos, custos e qualidade do produto desenvolvido (Portela, Vasconcelos e Oliveira, 2016).

Uma pesquisa realizada por Wangenheim e Silva (2009) buscou descobrir a opinião dos profissionais da área de engenharia de software sobre a relevância dos temas abordados nos cursos de Ciência da Computação. Como resultado, a pesquisa indica que existe uma falta de atenção para alguns tópicos da ES. Para determinado tema, foi possível identificar até mesmo uma completa falta de consideração de professores e alunos, por exemplo o tema "Gerenciamento de Configuração de Software", que na prática é considerado como uma base essencial não só para engenheiros de software, mas também para qualquer profissional de software (Wangenheim e Silva, 2009).

Por outro lado, apesar da importância destes conhecimentos relativos às atividades da ES, Lethbridge (2000) verificou que os profissionais aprendem mais sobre estas atividades durante o seu trabalho do que durante a sua formação. Isto pode ocorrer pelo simples fato de que, se tivermos em conta a sugestão de um total de pelo menos 2800

horas para um curso de Ciência da Computação (SBC, 2005), a alocação de cerca de 36 horas para o tópico de ES não corresponde com a percepção da importância deste tema, conseqüentemente, não há tempo suficiente para ser gasto em tópicos importantes.

Neste contexto, parece existir um consenso de que o ensino da Engenharia de Software precisa ir além do formato de aulas expositivas tradicionais, englobando outras abordagens de ensino e aprendizagem. Alguns autores identificam as abordagens práticas de ensino como as mais indicadas para a Engenharia de Software (Prikladnicki *et al.*, 2009; Malik e Zafar, 2012; Marques, Quispe e Ocho, 2014; Santos *et al.*, 2014). Apesar do destacado por estes autores, ainda não existe uma abordagem de ensino para conduzir estas experiências práticas (Malik e Zafar 2012).

Junto a isto, a revisão sistemática realizada por Souza *et al.* (2018) ajudou a identificar os principais métodos instrucionais utilizados no ensino da Engenharia de Software.

3.1.1 Projetos Práticos

A ACM/IEEE (2013) recomenda que os cursos superiores em Computação precisam envolver seus alunos em projetos práticos de desenvolvimento de software. Assim, as competências necessárias para um engenheiro de software devem ser praticadas desde o início da graduação (Gnatz *et al.*, 2003).

Há literatura sobre aprendizagem baseada em projetos dentro de cursos de computação, como meio para aprender habilidades sociais e competências técnicas complexas. Ela propõe uma abordagem de ensino para integrar as experiências de projeto contextualizadas com os conceitos fundamentais da Engenharia de Software. Esta abordagem, chamada *Enterprise Software*, tende a representar a abordagem mais comum para desenvolver essas habilidades e competências durante a graduação e é uma prática de desenvolvimento de software em disciplinas da ES. Esta abordagem permite ver os frutos do trabalho de equipes de estudantes ao gerar um produto de software real (Gary *et al.*, 2013).

Gnatz *et al.* (2003) destacam que o principal objetivo desta abordagem é providenciar aos estudantes a experiência de um projeto de desenvolvimento similar ao da indústria. Ohlsson e Johansson (1995) defendem que a realização de um projeto prático de desenvolvimento permite que o graduando aprenda a gerenciar o tempo, prioridade e progressos, além de ensinar o trabalho em grupo, avaliação de potenciais

soluções, habilidades de comunicação e de relação interpessoais (ACM/IEEE, 2013; SBC, 2005).

3.1.2 Aprendizagem Baseada em Problemas

Segundo Ohlsson e Johansson (1995), o objetivo de qualquer programa de educação em Engenharia de Software deve consistir em fornecer as habilidades para lidar com os problemas da indústria. Como forma de atingir esse objetivo, existe o método *Problem Based Learning* (PBL), criado para a educação médica na década de 70 e adaptado para o ensino de diferentes áreas e níveis educacionais (Bessa, Cunha e Furtado, 2012).

Ainda segundo Bessa, Cunha e Furtado (2012), existem três importantes princípios do método PBL que podem auxiliar o ensino-aprendizagem da Engenharia de Software:

- O aprendizado dá-se em um ambiente que deixa os estudantes imersos na prática, recebendo *feedbacks* de seus pares e professor;
- O ensino acontece de forma multidirecional, envolvendo o sujeito, outros estudantes e o professor;
- O aprendizado é funcional a partir de problemas reais.

Neste contexto, Gary *et al.* (2013) propõem um modelo pedagógico para o ensino da ES nos cursos de graduação em computação. Os estudantes assistem a palestras e praticam os conceitos aprendidos em sessões de laboratório realizados em cada semana do curso. Esta proposta combina a sala de aula tradicional com o PBL. Nesta abordagem, o professor desempenha o papel de treinador e os alunos veteranos realizam o papel de orientação. O modelo pedagógico de Gary *et al.* (2013) é a principal evidência de apoio para este trabalho.

3.1.3 O Uso de Jogos e Simuladores

Os jogos estão cada vez mais presentes no ensino e treinamento, funcionando como atividades motivadoras do processo de ensino e aprendizagem (Monsalve, Weneck e Leite, 2010). Um jogo é uma atividade conduzida em um contexto de realidade imaginada e os participantes devem tentar alcançar metas, de acordo com regras estabelecidas (Savi, 2011).

De acordo com Zyda (2005), jogo sério de computador é um desafio mental com regras específicas para capacitar e/ou educar de forma lúdica. Para Dempsey, Lucassen e Rasmussen (1996), jogos sérios são aqueles projetados para ensinar sobre

determinados assuntos, expandir conceitos ou ajudar a exercitar ou aprender uma habilidade ou mudar atitudes.

Os simuladores geralmente simulam um contexto de uma fábrica de software, onde cada estudante deve assumir um papel e desempenhar atribuições específicas nos seus ambientes (Bessa, Cunha e Furtado, 2012).

Neste contexto, em (Bessa, Cunha e Furtado, 2012) é proposto um jogo para apoiar a aprendizagem da ES que simula o mundo real de ambientes da indústria de software e, apesar do jogo realmente conseguir capacitar os alunos, este restringe o aprendizado para cobrir apenas alguns tópicos curriculares da disciplina. A abordagem não explora adequadamente os temas de Engenharia de Software, não cobrindo o Controle Estatístico de Processos, o que poderia deixar a abordagem excessivamente complexa, perdendo o objetivo principal do jogo que é o processo de ensino e aprendizagem.

Há o jogo sério do DesigMPS (Chaves *et al.*, 2015), que apresenta um jogo onde o aluno é desafiado a modelar um processo de software no contexto do MR-MPS-SW. Também foram analisadas características como: adequação em relação ao conteúdo, suficiência, grau de dificuldade, sequência e método de ensino; atratividade; pontos fortes e fracos do jogo. Os resultados indicaram que o DesigMPS tem eficácia de aprendizagem positiva (diferença estatisticamente significativa) nos níveis de aplicação.

3.1.4 Discussão de Relatos de Experiência

Para este método instrucional, devem ser apresentados relatos de experiências realizados na indústria, dando enfoque na discussão dos problemas apresentados e nas soluções encontradas. Desta maneira, os alunos desenvolvem o pensamento analítico discutindo os problemas do mundo real e aprendem a avaliar e propor soluções a partir do problema apresentado e da solução encontrada (Marques, Quispe e Ochoa, 2014).

De acordo com os achados de Marques, Quispe e Ochoa (2014) e Santos *et al.* (2014), uma boa parte das abordagens de ensino para a Engenharia de Software tratam deste método instrucional.

3.2 Existem Iniciativas para o Ensino de CEP em Cursos de Computação?

Estudos como Bessa, Cunha e Furtado (2012), Gary *et al.* (2013) e Braga (2009) propõem abordagens de ensino da engenharia de software. No entanto, estas abordagens

restringem o âmbito da avaliação para o conteúdo do curso ou do processo e do produto resultante da realização de uma disciplina prática da engenharia de software. Assim, essas abordagens não prepararam adequadamente os estudantes para trabalhar em organizações de desenvolvimento de software.

Uma abordagem multidisciplinar é proposta por Braga (2009), que tem como objetivo oferecer um conjunto de diretrizes a serem aplicadas no ensino de várias disciplinas da Ciência da Computação. No entanto, esta abordagem tem suas limitações, pois a sua única preocupação é com a aplicação e ensino dos temas curriculares dos cursos de computação, sem se preocupar em saber quais são as competências profissionais que um estudante deve desenvolver para ser capaz de realizar as suas tarefas de forma eficiente em um real projeto de software.

Existe a iniciativa recente do FRAMES (Portela, 2017), um *framework* para o ensino-aprendizagem dos tópicos da Engenharia de Software. O FRAMES apoia o ensino-aprendizagem dos tópicos da ES recomendados pelos currículos de referência da ACM/IEEE (2013) e SBC (2005). O *framework* foi definido a partir dos resultados de um *survey* e um estudo de caso realizados com professores e alunos, abordando a relevância dos tópicos ensinados e a efetividade das abordagens de ensino. Apesar do *framework* tomar como base as recomendações dos currículos de referência, as quais não cobrem efetivamente o conteúdo de Controle Estatístico de Processos, ele foi o principal referencial de apoio para a definição de como se daria a abordagem de ensino desenvolvida neste trabalho.

Além de todos os trabalhos já citados neste capítulo, também foram avaliados os cursos (Jaccheri e Lago, 1997; Groth e Robertson, 2001; Hawker, 2009; Wangenheim e Hauck, 2010), no que diz respeito às suas estratégias de ensino para ministrar os temas da ES. Como resultado, foi possível observar o uso combinado de aulas tradicionais com a instrução indireta por meio de projetos acadêmicos. Também foi evidenciado o uso de outros instrumentos nas abordagens para a aprendizagem experimental a partir de simulações e instrução interativa da aprendizagem entre pares.

Por fim, não foram identificados por esta pesquisa estudos que tratem especificamente sobre abordagens de ensino e métodos instrucionais para o ensino do Controle Estatístico de Processos em cursos superiores de Computação.

3.3 Trabalhos Relacionados

O trabalho de Bober e Zgodavová (2011) visa definir um sistema de software para o ensino da CEP. Isso envolveu o desenvolvimento de um simulador interativo para os gráficos de controle. Os autores foram levados a fazer isso quando observaram que seus alunos de graduação tinham pouco conhecimento prático do conteúdo do CEP. Assim, o motivo para projetar o simulador foi superar essa lacuna, realizando atividades práticas e permitindo que os alunos adquirissem essas novas habilidades por meio de experiências práticas. O principal objetivo do simulador era permitir que os alunos resolvessem problemas comuns encontrados ao trabalhar com o processo do CEP.

Entre a gama de simuladores e sistemas de software, há também o trabalho de Konrath *et al.* (2013), que afirma que uma das principais técnicas do CEP são os gráficos de controle, pois fornecem conhecimentos essenciais para engenheiros e técnicos profissionais. No entanto, os autores apontam que as licenças de quase todo o software simples e fácil de usar são extremamente caras, o que significa que elas tendem a ser inacessíveis para profissionais *freelancers*, pequenas empresas e especialmente estudantes. Assim, foi decidido neste trabalho usar o GNU R, que é um software livre de código aberto e, dessa forma, fornecer um meio de ensinar o uso de gráficos de controle.

O estudo de Johnson (2011) adota uma abordagem mais leve para o ensino de gráficos de controle por meio do uso de helicópteros de papel. O objetivo disso é permitir que os alunos vivenciem um processo instável. Essa instabilidade é causada por imprecisão ou por um *design* de produto incompleto e o aluno deve descobrir como o processo pode ser estabilizado. Também permite que os alunos:

- a) Compreendam as causas comuns da variabilidade e, portanto, sejam capazes de diferenciá-los das causas particulares da variabilidade que resultam de especificações incompletas do projeto;
- b) Descubram como a padronização reduz a variabilidade do processo.

Os experimentos de Johnson foram utilizados nas aulas de graduação e de MBA e buscam demonstrar esses conceitos de maneira fácil para o aluno entender e lembrar.

Outras tentativas de adotar abordagens mais divertidas podem ser encontradas no trabalho de Jones, Hawkins e Smith (2008), onde um jogo de dados é desenvolvido com o objetivo de ensinar o uso de gráficos de controle. Este artigo descreve um método

simples para a sala de aula, com o objetivo de demonstrar como é a melhoria do processo quando exibido em um gráfico X-Bar R, que é um tipo de gráfico de controle. O método usa um jogo de dados para trazer melhorias em um processo de fabricação. Os alunos são ensinados a construir e interpretar gráficos de controle com ênfase em como vincular os resultados dos dados às atividades do processo que eles rotineiramente encontram em seus locais de trabalho.

O estudo desses trabalhos relacionados possibilitou observar o uso combinado de aulas tradicionais com outros instrumentos nas estratégias empregadas para a aprendizagem experimental baseada em simulação.

No entanto, como todos esses estudos referem-se ao ensino dos tópicos de Gráfico de Controle, eles representam apenas uma parte do conteúdo do CEP e não consideram a medição, a identificação dos processos críticos de negócios e a melhoria contínua dos processos. A abordagem de ensino apresentada nesta tese procura solucionar esse ponto fraco, fornecendo uma metodologia de ensino incorporada em uma disciplina que abrange todas as áreas necessárias para que um engenheiro de software torne-se proficiente no CEP.

Ao se falar de engenheiros de software, outra fraqueza nos trabalhos relacionados é que eles falham em tomar nota da natureza da indústria de software como base para o desenvolvimento da prática de ensino. A abordagem adotada nesta tese busca levar essa realidade em consideração na área de processos de desenvolvimento de software. Por esse motivo, os projetos práticos realizados são contextualizados em termos dos problemas reais da indústria de desenvolvimento de software.

Por fim, todos os estudos examinados aqui são baseados em uma única abordagem de ensino, envolvendo jogos, simuladores ou projetos práticos. A estratégia de ensino desenvolvida nesta tese procura fazer uso de vários tipos de métodos instrucionais como forma de motivar a maioria dos alunos, buscando atender a uma ampla gama de preferências/estilos de aprendizagem.

3.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou as principais definições e conceitos relacionados à abordagem de ensino proposta por este trabalho. Nele foi explicado como a abordagem centrada no aluno funciona e como a disciplina da engenharia de software pode se

beneficiar desta abordagem mais centrada no aluno, onde o aluno é o principal responsável pelo seu aprendizado.

Ficou claro que a Engenharia de Software é uma disciplina interessada na aplicação de teoria, conhecimento e prática para o desenvolvimento, e que os cursos superiores em Computação precisam envolver seus alunos em projetos práticos de desenvolvimento de software.

Assim, foram apresentados os principais métodos utilizados para o ensino da engenharia de software que estão alinhados com esta necessidade da prática requerida pela Computação e tendo o aluno como o centro do processo de ensino-aprendizagem. Estes métodos instrucionais nortearam as definições das atividades que compõem esta proposta.

4 UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DA UTILIDADE DO CEP

Este capítulo apresenta o relato da experiência da aplicação do *survey* (Furtado e Oliveira, 2017). Este *survey* pretendeu coletar as opiniões de Engenheiros de Software atuantes no mercado para avaliar a percepção destes sobre a utilidade do Controle Estatístico de Processos para as organizações em que estão vinculados. O *survey* também foi aplicado a professores e alunos concluintes das disciplinas da Engenharia de Software para avaliar o conteúdo de CEP abordado em sala de aula nos cursos de Computação. Assim, este *survey* tem como objetivos descobrir:

- Quais tópicos de Controle Estatístico de Software importantes para a indústria?
- Quais destes tópicos os profissionais aprenderam durante a graduação?
- Quais destes tópicos são abordados pelos professores em disciplinas de Engenharia de Software e quais os métodos de ensinados utilizados?
- Quais competências são adquiridas por alunos concluintes das disciplinas de Engenharia de Software?

4.1 *Design do Survey*

A população-alvo deste *survey* é formada por profissionais que atuam em um cargo relacionado com a área da Engenharia de Software em instituições públicas e privadas, preferencialmente que atuem no mercado brasileiro, mas instituições estrangeiras não serão descartadas. Quanto aos professores e alunos, estes são vinculados a cursos de Computação de instituições de ensino públicas ou privadas brasileiras. Quanto ao *design* de coleta de dados, este *survey* pode ser classificado como de corte, transversal, onde os participantes fornecem informações referentes às suas experiências passadas

Este *survey* limita-se a coletar dados quantitativos sobre os participantes, relacionados a suas opiniões e preferências individuais e informações demográficas.

Assim, para a coleta de dados, foi utilizado um questionário com questões objetivas, excluindo entrevistas semiestruturadas, questionários com questões abertas, observação do comportamento dos participantes e mineração de dados.

Por fim, com o intuito de garantir que estes participantes fornecessem informações confiáveis para a pesquisa, alguns critérios de inclusão e exclusão foram definidos conforme o Quadro 4.1. Para este *survey*, os participantes foram abordados de forma direta, em universidades e empresas de software, e a partir de divulgação na internet. Para tal, foram utilizados formulários eletrônicos disponíveis na web e impressos.

Quadro 4.1 - Critérios de inclusão e exclusão de participantes

<i>Critérios de Inclusão</i>	<i>Considerações</i>
Participante que atue em uma empresa ou universidade brasileira pública ou privada.	O escopo desta pesquisa pretende avaliar a importância do CEP para as organizações de software brasileiras.
Participante que possua a experiência acadêmica necessária para responder as questões de pesquisa.	Para este <i>survey</i> são considerados os alunos que já tenham concluído alguma disciplina de Engenharia de Software, professores que já tenham ministrado alguma disciplina de Engenharia de Software e profissionais que atuem em cargos relacionados à Engenharia de Software.
<i>Critérios de Exclusão</i>	<i>Considerações</i>
Participantes que não estejam motivados a participar da pesquisa.	Caso os participantes não estejam motivados, aumenta-se a possibilidade de obter respostas que não correspondem a verdade.
Participantes que claramente não conseguem responder as questões de pesquisa.	Participantes que por algum motivo, pessoal ou profissional, não possam responder as questões de pesquisa.
Participantes que não estiverem relacionados com a área de Engenharia de Software.	Devido ao escopo desta pesquisa se aplica ao ensino de um tópico Controle Estatístico de Processos em universidades brasileiras.

Como forma de reduzir as chances de questionários respondidos de forma incompleta, erros de inserção de informações e avaliar o tempo gasto para a tarefa, foi realizado um estudo piloto de aplicação do *survey*. Durante este estudo, não foram encontrados problemas na execução do *survey* e este teve como 10 minutos o tempo estimado para resposta

4.2 A Instrumentação do *Survey*

Como instrumento e aplicação do *survey* foi utilizado um questionário com questões objetivas, conforme discutido anteriormente. Para definir as perguntas deste questionário, foram pesquisados referenciais sobre o Controle Estatístico de Processos que fossem amplamente usados pela comunidade científica e indústria de software.

Neste contexto, foram identificados o CMMI-DEV (SEI, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016) como referências alinhados com os critérios da pesquisa. Assim, com base nas recomendações destes dois modelos para a área do Controle Estatístico de Processos, foram definidas 13 competências necessárias para um profissional atuar no CEP. O Quadro 4.2 descreve estas competências com suas habilidades esperadas.

No CMMI-DEV (SEI, 2010), o Controle Estatístico de Processos é executado na área de processo de *Organizational Process Performance* (OPP) no nível 5 do modelo, complementado pela área de processo *Quantitative Project Management* (QPM) implementada previamente no nível 4 do modelo.

Já para o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016), o Controle Estatístico de Processos é importante a partir do Nível B – Gerenciado Quantitativamente. Neste nível, os processos selecionados para o controle estatístico devem satisfazer integralmente os atributos de processos 4.1 e 4.2.

Quadro 4.2 - Competências e Habilidades esperadas de um profissional do Controle Estatístico de Processos com base no CMMI-DEV (SEI, 2010) e MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016)

<i>Competências</i>	<i>Habilidades</i>
1. Identificar os processos que estão alinhados a objetivos quantitativos de negócio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entender como os objetivos de negócio estão relacionados aos processos de software; ▪ Identificar quais são os processos críticos ao alcance dos objetivos da organização.
2. Identificar as necessidades de informação dos processos necessárias para atingir os objetivos de negócio da organização	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar as necessidades de informação dos processos identificados; ▪ Entender como os objetivos de negócio da organização estão relacionados aos processos de software e às necessidades de informação; ▪ Derivar as necessidades de informação dos processos a partir dos objetivos de negócio.
3. Definir os objetivos de medição do processo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir os objetivos da medição a partir da seleção dos processos e da identificação das necessidades de informação relacionadas a estes processos.

Competências	Habilidades
4. Identificar os relacionamentos mensuráveis entre os elementos do processo que contribuem para o desempenho do processo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar os elementos de processo que contribuem de forma significativa para o desempenho do processo.
5. Definir objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo que sejam alinhados às necessidades de informação e aos objetivos de negócio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar e priorizar os objetivos quantitativos passíveis de serem tratados para os diferentes níveis da hierarquia organizacional da empresa;
6. Selecionar os processos que serão objeto de análise de desempenho	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conseguir selecionar, a partir do conjunto de processos padrão da organização e das necessidades de informação, os processos que serão analisados.
7. Definir as medidas adequadas para análise de desempenho do processo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar as medidas a partir dos objetivos de medição do processo e os objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho do processo; ▪ Definir a frequência de realização das medições e incorporar ao plano de medição da organização; ▪ Estabelecer os procedimentos de coleta e análise das medidas de forma precisa e inequívoca; ▪ Aplicar abordagens adequadas para derivar medidas de objetivos. Por exemplo: A abordagem GQM (Basili, Caldiera e Rombach, 1994).
8. Coletar, validar e comunicar os resultados das medições para monitorar o quanto os objetivos quantitativos para o desempenho do processo foram alcançados.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coletar, seguindo os procedimentos, os dados dos projetos da organização que instanciam o processo; ▪ Definir e seguir os procedimentos de garantia da qualidade das medições realizadas visando impedir a coleta inadequada de dados; ▪ Analisar a distribuição das medidas de desempenho e reportar para que seja possível monitorar o quanto os objetivos quantitativos estão sendo atendidos.
9. Selecionar as técnicas para análise dos dados coletados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisar analiticamente o comportamento do processo; ▪ Utilizar gráficos de controle para analisar o comportamento dos processos, medindo a variação do processo e avaliando a sua estabilidade; ▪ Selecionar e construir adequadamente o gráfico de controle de acordo com a necessidade da medição; ▪ Conhecer os tipos de Gráfico de Controle (<i>XmR</i>, <i>XMmR</i>, <i>mXmR</i>, <i>C Chart</i>, <i>U Chart</i> e <i>Z Chart</i>) e conseguir aplica-los.
10. Analisar os dados de	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar as causas de variação excessiva,

<i>Competências</i>	<i>Habilidades</i>
medições em relação a causas especiais de variação do processo	<p>chamadas de causas atribuíveis ou causas especiais de variação do processo;</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratar as causas especiais com o objetivo de reduzir a variabilidade no desempenho do processo; ▪ Analisar a estabilidade do processo através dos gráficos de controle; ▪ Realizar testes estatísticos de estabilidade e analisar se os valores medidos ficaram fora dos limites estabelecidos; ▪ Utilizar de métodos para investigar a relação de causa de problemas. Por exemplo: o diagrama de causa e efeito (espinha de peixe ou Ishikawa) e o diagrama de Pareto.
11. Caracterizar o desempenho do processo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracterizar o desempenho do processo através do uso de técnicas estatísticas, como os gráficos de controle, para analisar a sua estabilidade e capacidade; ▪ Definir as <i>baselines</i> de um processo; ▪ Comparar o desempenho do processo em execução com o planejando a partir da comparação de <i>baselines</i>.
12. Executar ações corretivas para tratar causas especiais de variação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementar ações corretivas para tratar as causas especiais de variação; ▪ Avaliar a possibilidade de incorporar ao processo o fator causador da melhoria de desempenho.
13. Estabelecer, melhorar e ajustar os modelos de desempenho do processo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender as características do processo ou mudanças no negócio da organização através da análise dos dados históricos; ▪ Conseguir prever o desempenho futuro dos processos; ▪ Conseguir relacionar um atributo mensurável de um processo ou produto desenvolvidos a partir dos dados de desempenho histórico do processo.

No que diz respeito às abordagens de ensino de Engenharia de Software, foi identificado o trabalho de Prikladnicki *et al.* (2009), que destaca os principais métodos de ensino e abordagens de avaliação adotadas nas disciplinas de Engenharia de Software no Brasil. O Quadro 4.3 lista as categorias utilizadas neste trabalho.

Quadro 4. **Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento.** 3 - Principais Métodos de Ensino (Prikladnicki *et al.*, 2009)

<i>Características</i>	<i>Focada no Professor</i>	<i>Focada no Aluno</i>
Papel do professor	Principal fornecedor da informação; Especialista; Avaliador do rendimento.	Facilitador; Fornece informação para ajudar na compreensão da informação.
Clima de aprendizagem	Individualista.	Coletiva; Foco na coesão de grupo.
Orientação	Baseada na experiência e nos conhecimentos do professor.	Baseada na experiência e conhecimento dos alunos.
Programa de estudos	Definido pelo professor.	Negociado entre professor e alunos.
Objetivo de ensino	Definido pelo professor; Resultado padrão.	Definido pelos alunos; Resultados diferentes para cada aluno.
Aquisição de conhecimento	Enfoque na aquisição; Foco na memorização.	Enfoque na utilização e absorção de conhecimento com foco em problemas reais.
Métodos de ensino	Didático; Grande participação do professor.	Métodos que envolvem a participação dos alunos (técnicas dinâmicas).
Foco na educação	Educação individual.	Educação coletiva.
Avaliação	Executada pelo professor; Uso tradicional de provas e notas.	Os alunos também são responsáveis pela avaliação.

4.3 As Questões do *Survey*

Com base nos referenciais citados na seção anterior, foram definidas as questões do *survey*. O Quadro 4.4 mostra as questões feitas para os professores de Engenharia de Software com o objetivo de avaliar os tópicos de CEP contemplados em aulas e as abordagens de ensino.

Quadro 4.4 - Questões para os professores

<i>Questão</i>	<i>Opções de Resposta</i>
Quais competências de Controle Estatístico de Processos estão sendo contempladas na ementa destas disciplinas?	Para cada uma das 13 competências de CEP o professor respondeu: Contemplado ou Não Contemplado.
Quais abordagens de ensino são adotadas na disciplina de Engenharia de Software?	A. Métodos de Ensino (quanto ao papel do professor, objetivos, etc.); B. Abordagens de Ensino (aulas expositivas, uso de jogos, etc.); C. Estratégias de Avaliação (provas individuais, trabalhos práticos, projeto de

	software, etc.).
--	------------------

O Quadro 4.5 exibe as questões feitas para os alunos que já concluíram a disciplina de Engenharia de Software. Tais questões foram feitas com o objetivo de avaliar a percepção dos alunos sobre a aquisição das competências de Controle Estatístico de Processos e quais as abordagens de ensino preferidas.

Quadro 4.5 - Questões para os alunos

<i>Questão</i>	<i>Opções de Resposta</i>
O quão útil você considera os tópicos de Controle Estatístico de Processos para a sua formação profissional?	Completamente inútil; Quase nunca útil; Ocasionalmente útil; Moderadamente útil; Muito útil; Essencial.
Quais competências você considerar ter efetivamente adquirido?	Para cada uma das 13 competências de CEP o aluno respondeu: Adquirida ou Não Adquirida.
Quais abordagens de ensino para Engenharia de Software você considera melhor para sua aprendizagem?	A. Abordagens de Ensino (aulas expositivas, uso de jogos, etc.).

O Quadro 4.6 mostra as questões feitas aos profissionais da Engenharia de Software. Estas questões tiveram como objetivo identificar quais competências do Controle Estatístico de Processos são mais importantes para a indústria e quais delas foram adquiridas durante a graduação deste profissional.

Quadro 4.6 - Questões para os profissionais

<i>Questão</i>	<i>Opções de Resposta</i>
O quão útil você considera adquirir as competências do Controle Estatístico de Processos para os profissionais da área?	Para cada uma das 13 competências de CEP o profissional respondeu: Completamente inútil; Quase nunca útil; Ocasionalmente útil; Moderadamente útil; Muito útil; Essencial.
Quais destas competências foram adquiridas na academia?	Para cada uma das 13 competências de CEP o aluno respondeu: Adquirida ou Não Adquirida.

4.4 Os Resultados do *Survey*

Esta seção detalhará os principais resultados obtidos pelo *survey* a partir das premissas traçadas nas seções anteriores.

4.4.1 Sobre o Perfil dos Participantes

Os participantes do *survey* foram convidados a partir dos e-mails de profissionais registrados como avaliadores e/ou implementadores do MR-MPS-SW, totalizando o disparo de 483 convites para responder ao *survey*. Neste universo, entre alunos, professores e profissionais Engenheiros de Software, foram recebidas as respostas de 56 participantes provenientes de diversas instituições nacionais e duas internacionais. Apesar da baixa amostragem, os respondentes representam 10 estados brasileiros, um país da América do Sul e um país da América do Norte. No entanto, vale ressaltar que a maioria dos respondentes pertencem a Região Norte do Brasil. A Figura 4.1 representa a distribuição das respostas por essas regiões discutidas.

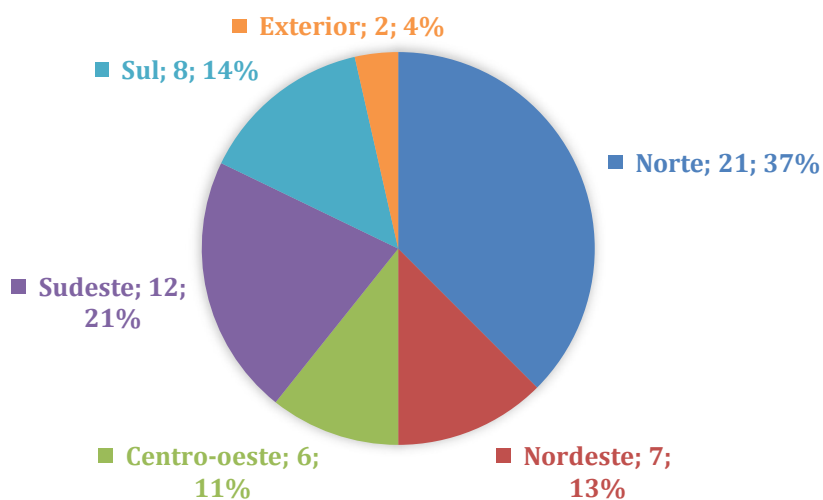


Figura 4.1 - Distribuição dos participantes da pesquisa

A média de idade para os professores é de 41 anos, com o mais novo nascido em 1988 e o mais velho em 1948. Em média, o ano da última formação dos professores foi 2007, sendo o mais recente em 2015 e o mais antigo em 1983. Quanto à formação, 83,3% são Doutores e 16,7% são Pós-doutores. Quanto à disciplina de Engenharia de Software, 33% destes professores a lecionam a menos de 2 anos, 16% lecionam a mais de 20 anos e, em média, a disciplina é lecionada entre 10 a 15 anos pelos respondentes.

O aluno mais novo nasceu em 1996 e o mais velho em 1983. A média da idade é de 25 anos. Em média o ano de conclusão da disciplina de Engenharia de Software foi em 2014, sendo a conclusão mais antiga em 2008 e a mais recente em 2016.

A média de idade dos profissionais é de 40 anos, sendo o mais novo de 1990 e o mais velho de 1942. Em média, estes profissionais estão no mercado de 11 a 15 anos, atuando diretamente com a Engenharia de Software, sendo que 25% deles estão a mais de 20 anos trabalhando na área. Quanto ao tipo da organização, 61,3% trabalham em empresas privadas e 59,7% trabalham em empresas públicas, sendo 51,6% dos respondentes trabalham em organizações de grande porte. Quanto à formação, 58% deles tem ao menos o mestrado como última formação e apenas 9% possuem apenas a graduação.

4.4.2 Quanto aos Alunos

Quanto à percepção da utilidade do tópico de Controle Estatístico de Processos para a formação profissional, 53% dos alunos consideram que a disciplina seria muito útil, onde a Figura 4.2 demonstra os resultados obtidos.

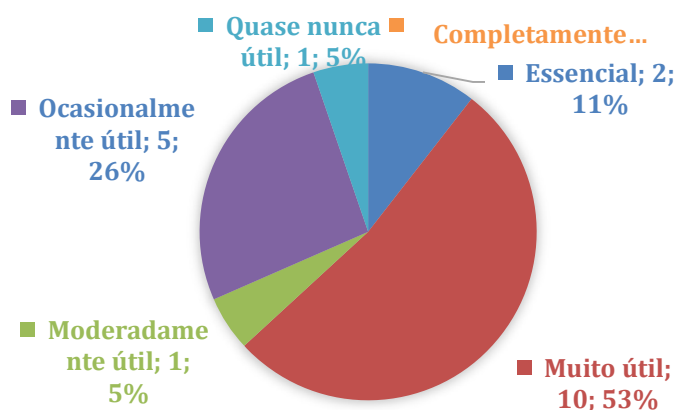


Figura 4.2 - Percepção dos alunos sobre a importância do Controle Estatístico de Processos

Quanto à abordagem de ensino, 73% dos alunos consideram que a Discussão de Casos Práticos é a que melhor atinge melhores resultados de aprendizagem, seguido por Dinâmicas de Grupo (57%) e Aulas de Laboratório (52%). A Figura 4.3 ilustra os resultados obtidos.

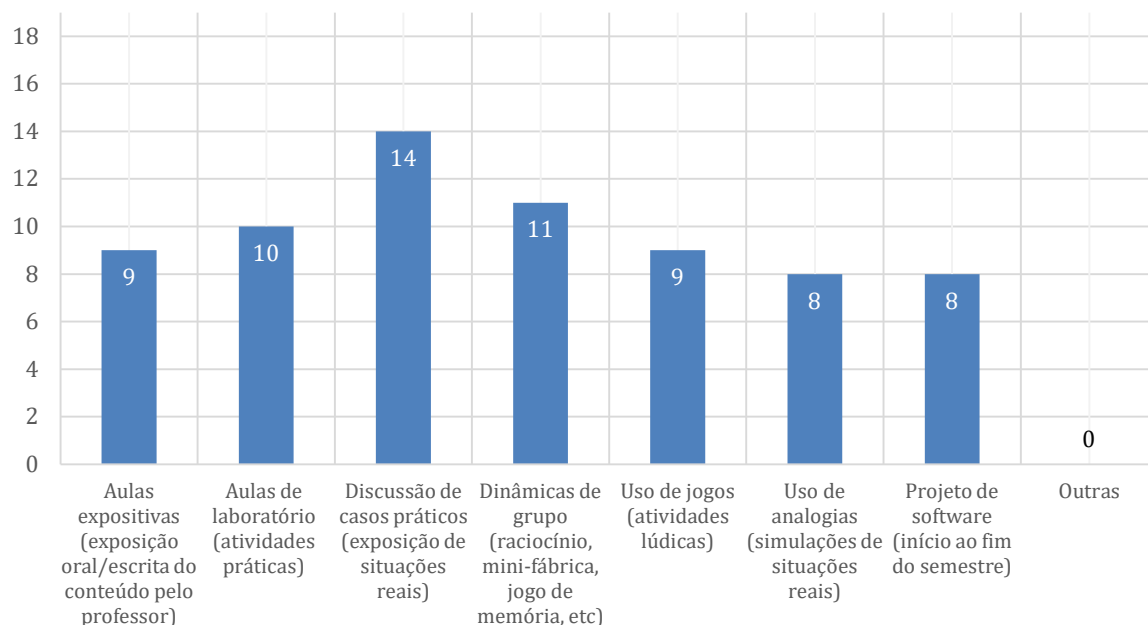


Figura 4.3 - Abordagens de aprendizagem preferidas pelos alunos

Quanto à efetividade da aquisição das competências do Controle Estatístico de Processos, a grande maioria dos alunos respondentes não considera apto para atuar com este tópico da Engenharia de Software, conforme exposto na Figura 4.4.

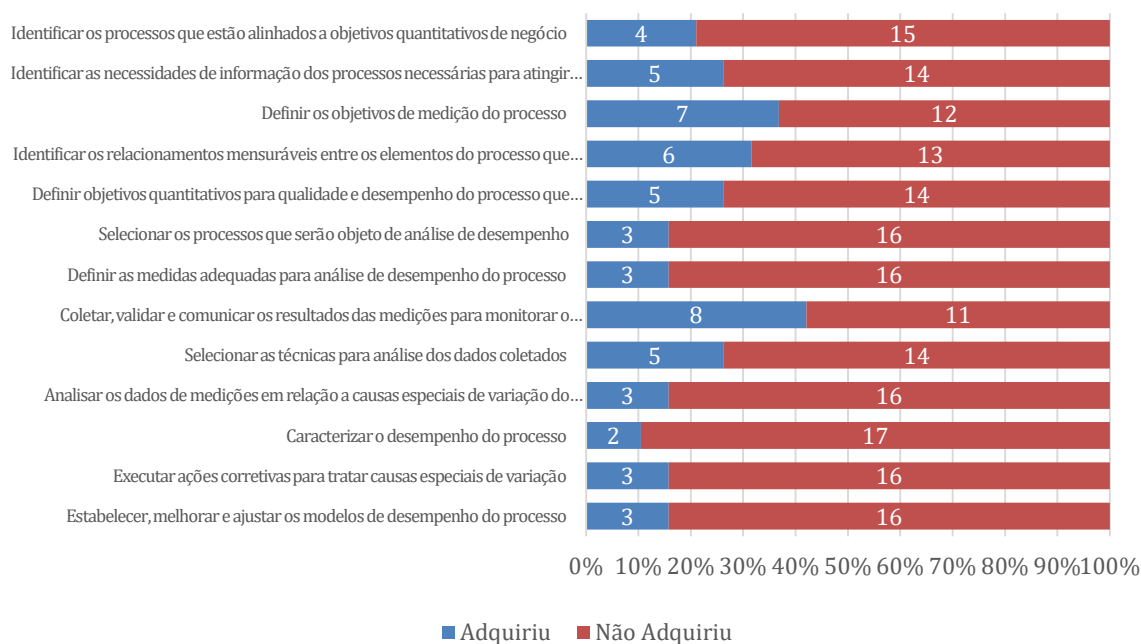


Figura 4.4 - Efetividade do aprendizado do Controle Estatístico de Processos

4.4.3 Quanto aos Professores

Os professores participantes do *survey* responderam quais competências, referentes ao Controle Estatístico de Processos, são desenvolvidas pelos alunos durante suas aulas de Engenharia de Software. Estas competências foram definidas tendo como base os resultados descritos pelo MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016) e o CMMI-DEV (SEI, 2010) para o Controle Estatístico de Processos. A Figura 4.5 expõe os resultados obtidos com a pergunta.

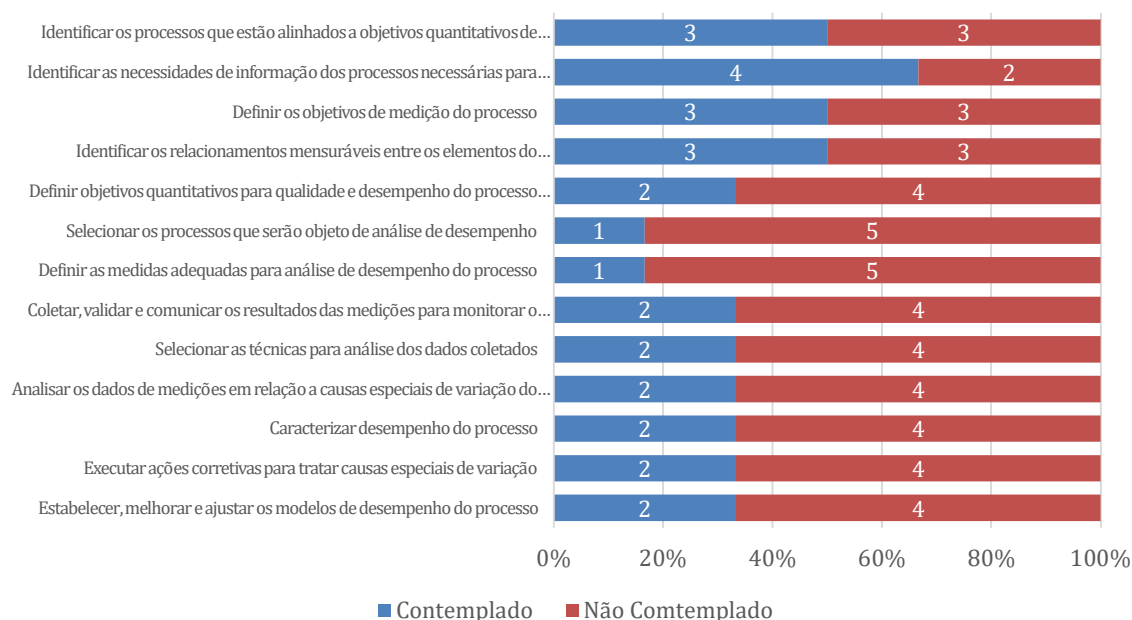


Figura 4.5 - Competências de CEP abordadas pelos professores de Engenharia de Software

Quanto ao foco dos processos de ensino (Prikladnicki *et. al*, 2009), é possível verificar que a maioria dos professores adota abordagens focadas no aluno. A Figura 4.6 exhibe as respostas obtidas.

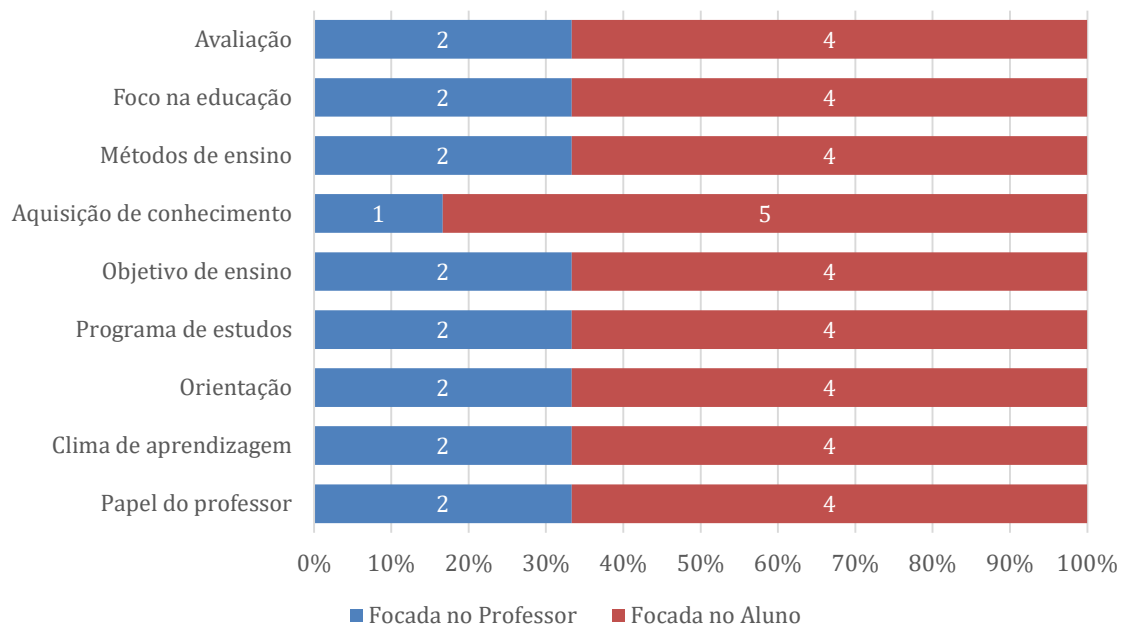


Figura 4.6 - Focos dos Métodos de Ensino adotados pelos professores

Quanto à abordagem de ensino adotada pelos professores, é possível observar que a grande maioria utiliza aulas expositivas e discussão de casos práticos com os alunos. A Figura 4.7 abaixo apresenta este e os demais resultados desta questão.

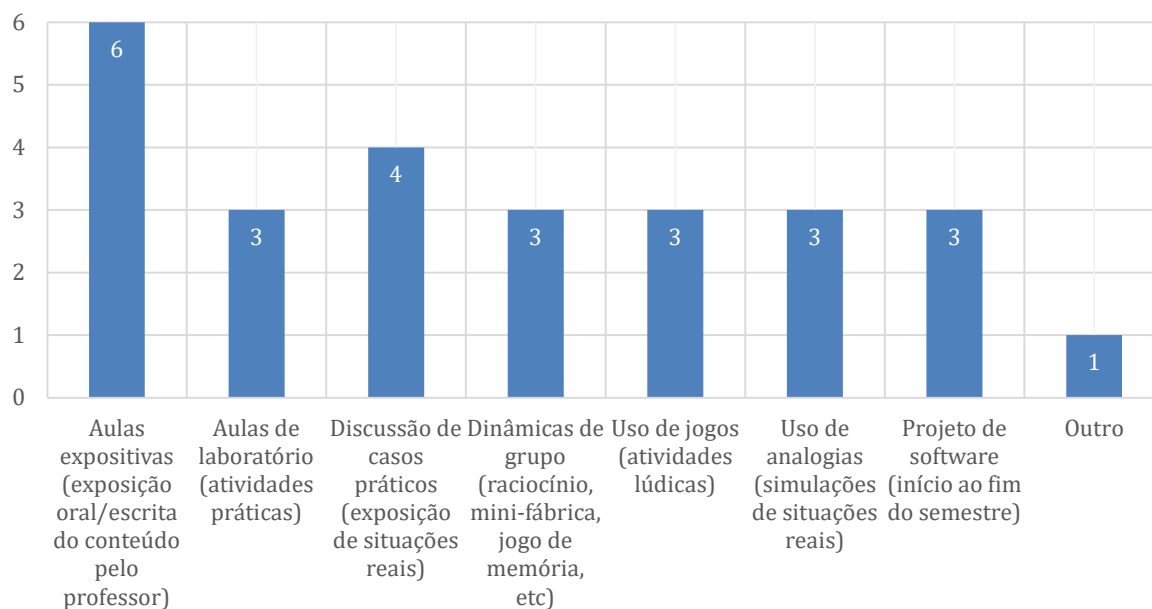


Figura 4.7 - Abordagens de ensino adotadas pelos professores

Quanto à estratégia de avaliação, observou-se que a maioria dos professores opta por provas individuais e trabalhos práticos e/ou expositivos. A Figura 4.8 ilustra as demais respostas fornecidas pelos respondentes.

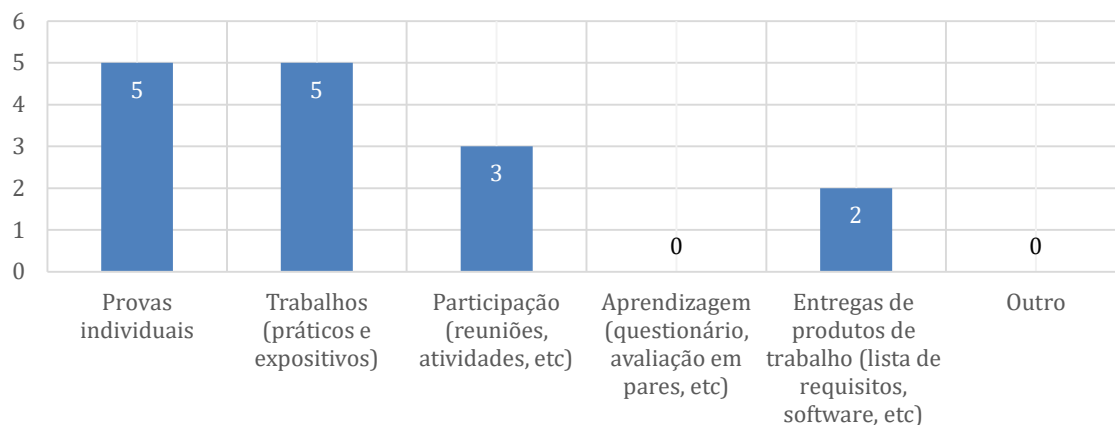


Figura 4.8 - Estratégias de avaliação adotadas pelos professores

4.4.4 Quanto aos Profissionais

Aos profissionais, primeiro foram realizadas algumas perguntas quanto aos referenciais adotados para a definição dos processos de desenvolvimento de software da organização, a qual o profissional pertence. Primeiramente os profissionais responderam quanto ao ciclo de vida dos projetos da organização. A maior parte dos respondentes informou que utilizam um ciclo de vida Incremental ou Ágil, como a Figura 4.9 demonstra.

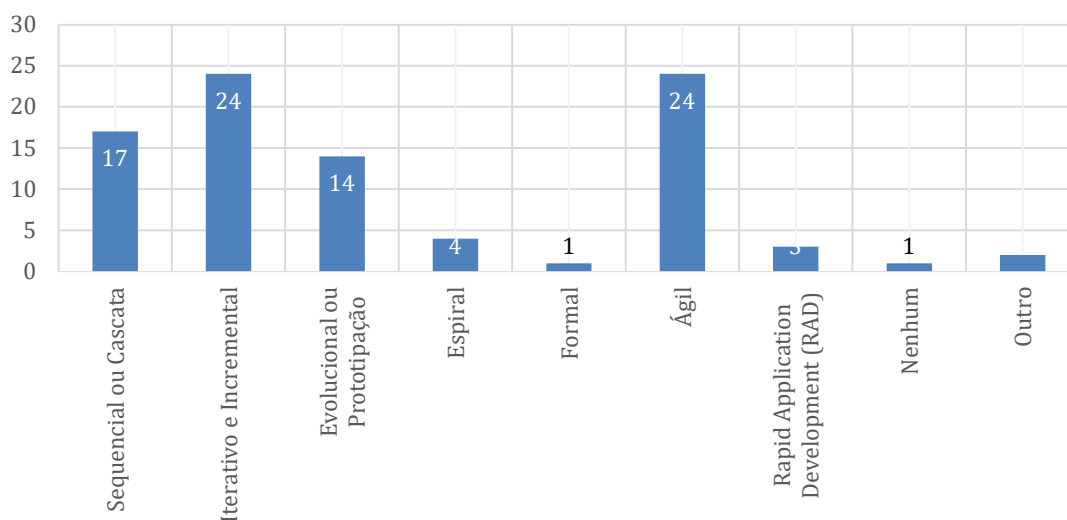


Figura 4.9 - Ciclo de vida adotado pela organização

Quanto à definição de atividades e fases, o Scrum foi a escolha da maioria dos profissionais respondentes. A Figura 4.10 exibe as demais respostas para a pergunta.

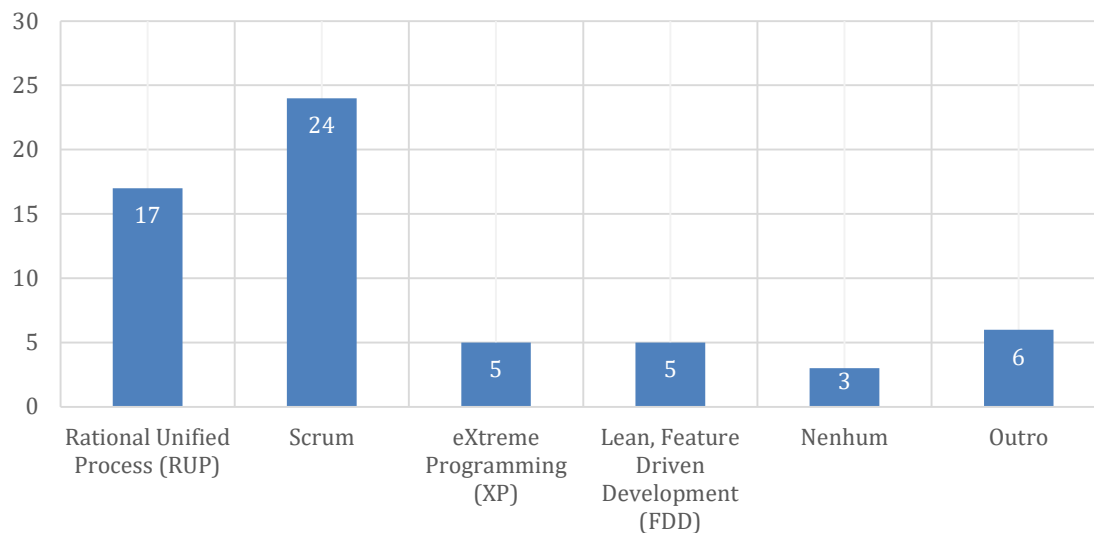


Figura 4.10 - Referencial para definição de atividades e fases

Os profissionais também foram perguntados quanto aos modelos de qualidade utilizados em suas organizações. A maior parte destas organizações faz uso do CMMI-DEV, seguido pelo MR-MPS-SW. A Figura 4.11 exibe os resultados obtidos.

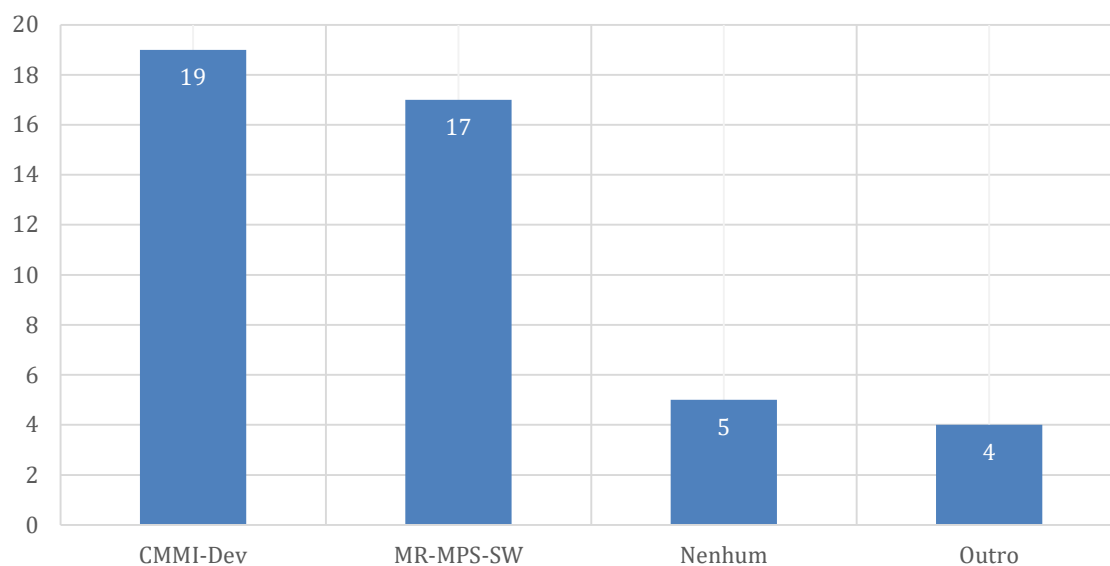


Figura 4.11 - Modelos de qualidade adotados pela organização

Quanto ao referencial para avaliar a qualidade dos produtos de software, a maioria dos profissionais informou realizar avaliações informais nos produtos de software da organização. A Figura 4.12 demonstra o restante das respostas.

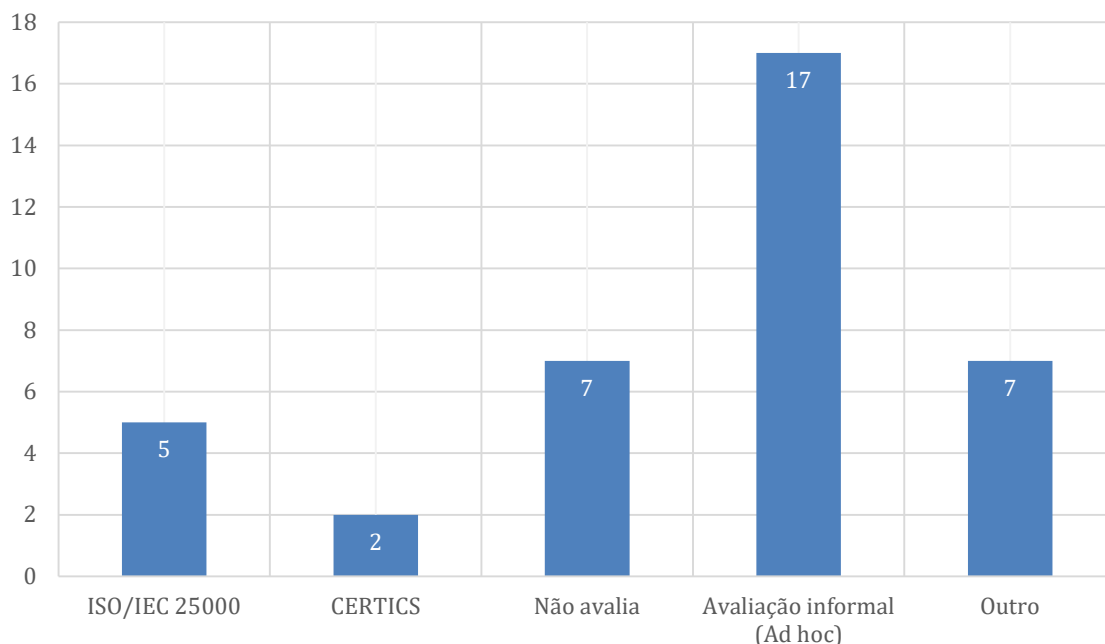


Figura 4.12 - Referencial para avaliação da qualidade do produto

Os profissionais então foram questionados sobre os referenciais utilizados especificamente para o Controle Estatístico de Processos. Quanto ao método de identificação de causa de problemas, a maior parte dos respondentes informou utilizar os diagramas de Ishikawa e o de Pareto. Vale ressaltar que a grande quantidade de respondentes informou não utilizar nenhum referencial para identificação de causa. A Figura 4.13 exibe as respostas para esta questão.

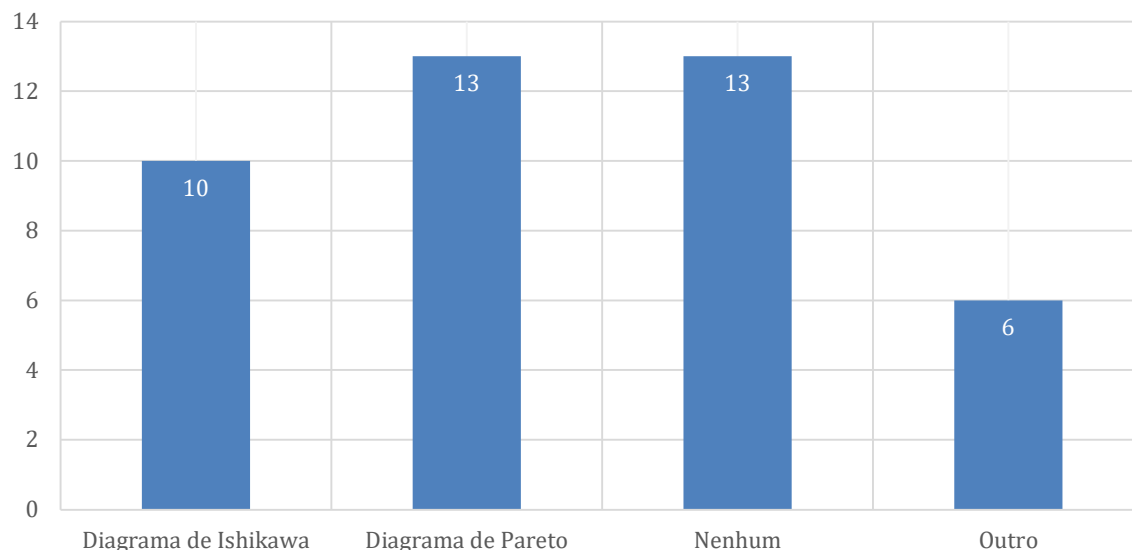


Figura 4.13 - Métodos de identificação de causa utilizados

Os profissionais também foram questionados sobre as abordagens utilizadas para derivar medidas de objetivos. Neste item, uma grande parte dos profissionais respondeu adotar GQM – *Goal Question Metrics*, porém, uma parte também expressiva informou não utilizar nenhum referencial para a tarefa. A Figura 4.14 exibe todas as respostas obtidas.

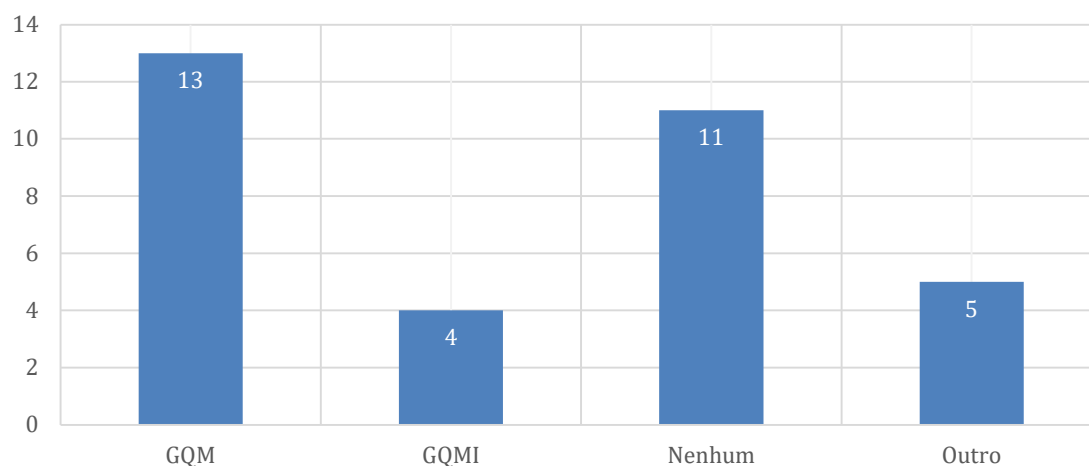


Figura 4.14 - Abordagens adotadas para derivar medidas

Para finalizar a caracterização dos referenciais adotados para o Controle Estatístico de Processos, os profissionais foram questionados sobre quais tipos de gráficos de controle são utilizados em suas organizações. Neste ponto, a grande maioria respondeu

não utilizar nenhum dos gráficos de controle. A Figura 4.15 demonstra todas as respostas obtidas para o item.

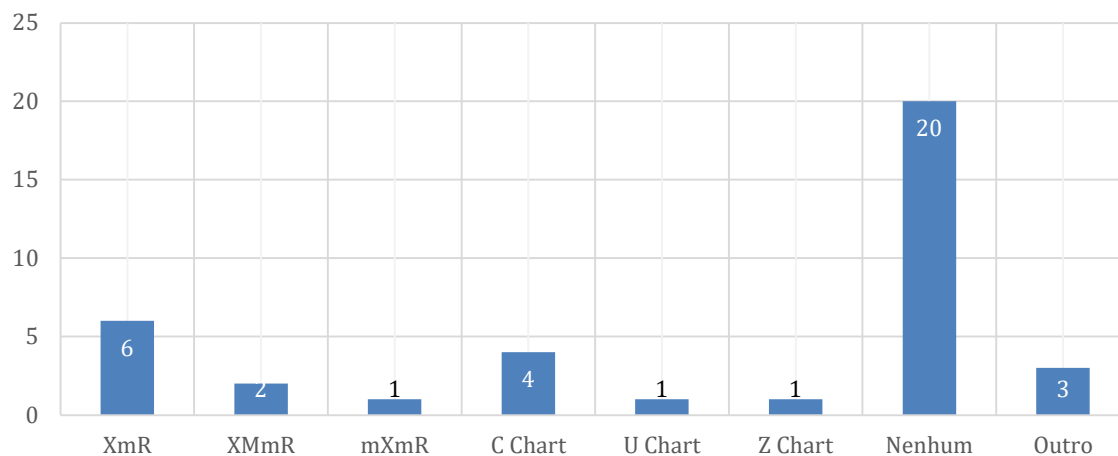


Figura 4.15 - Tipos de gráficos de controle utilizados

Em seguida, os profissionais foram perguntados sobre a percepção da utilidade das competências necessárias para o Controle Estatístico de Processos. A maior parte dos profissionais considerou estas competências essenciais ou muito úteis para o seu ambiente de trabalho. A Figura 4.16 abaixo ilustra todas as respostas obtidas.

Por fim, foi perguntado aos profissionais quais destas competências foram adquiridas durante seu tempo de formação, na academia. A Figura 4.17 demonstra os valores obtidos para a questão.

4.5 Discussões Sobre os Resultados Obtidos

A partir dos resultados apresentados na seção anterior, esta seção apresenta uma discussão destes resultados para a caracterização da percepção da utilidade do CEP entre os respondentes.

4.5.1 Sobre a Utilidade e Aquisição das Competências de CEP

Quanto à utilidade do Controle Estatístico de Processos dentro da Engenharia de Software, 69% dos alunos participantes do *survey* o consideraram útil, respondendo que o mesmo é essencial, muito útil ou moderadamente útil. Tal constatação de importância segue na contramão dos currículos de referência para os cursos de computação (ACM/IEEE, 2013; SBC, 2005), que falham ao abordar de forma muito tangenciais os tópicos do Controle Estatístico de Processos, isso quando abordados.

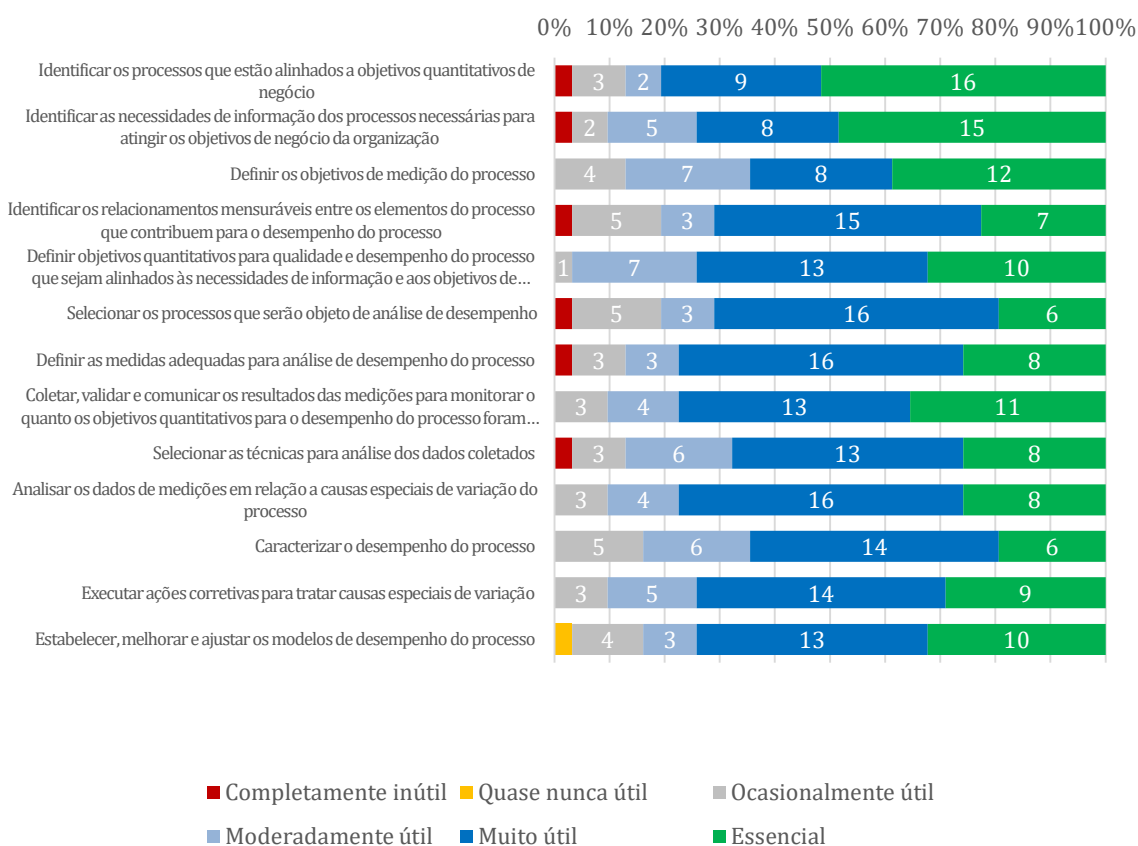


Figura 4.16 - Percepção dos profissionais sobre a utilidade das competências de CEP

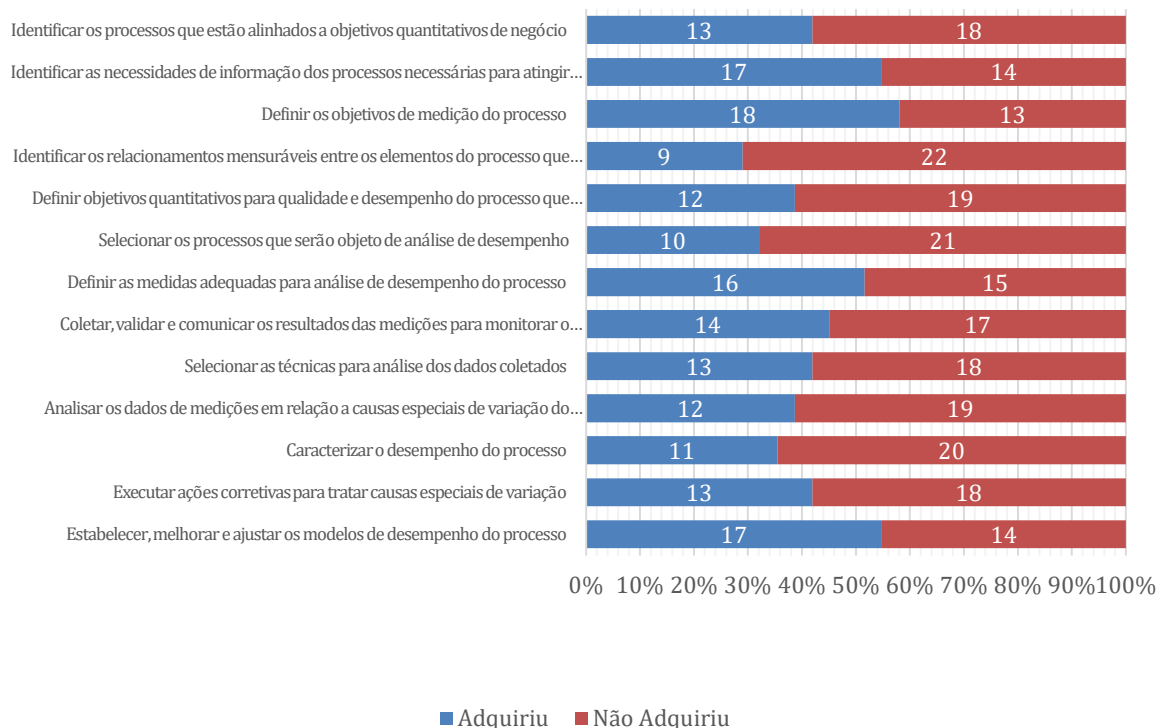


Figura 4.17 - Competências adquiridas pelos profissionais na academia

Quanto à percepção das competências adquiridas, em média apenas cerca de 20% dos alunos adquiriu alguma competência. Aquelas com maior índice de respostas positivas estão ligadas ao processo de Medição, comumente abordado em disciplinas de Engenharia de Software, o qual aborda indiretamente alguns itens do Controle Estatístico de Processos. De tal forma, estes baixos percentuais de competências adquiridas vêm apoiar o discurso da indústria, que há muito reclama da qualidade da mão-de-obra formada pela academia e dos custos envolvidos para treinar os recém-contratados (ABES, 2014; Wangenheim e Silva, 2009).

4.5.2 Sobre as Abordagens de Ensino

Na Figura 4.18 é possível ver a relação entre as abordagens de ensino adotadas pelos professores e como os alunos enxergam a efetividade destas em sala de aula. Nele é possível notar que, apesar de 100% dos professores fazerem uso de aulas expositivas como abordagem de ensino, apenas 47% dos alunos consideram esta uma abordagem efetiva para o seu aprendizado.

Apesar deste ponto negativo, existe um certo equilíbrio entre os anseios dos alunos e as abordagens adotadas pelos professores. É possível notar que os alunos têm predileção por abordagens que discutam casos práticos (74%), dinâmicas de grupo (58%) e aulas de laboratório (53%), não estando muito distante da quantidade de professores que adotam estas abordagens em seus planos de aula.

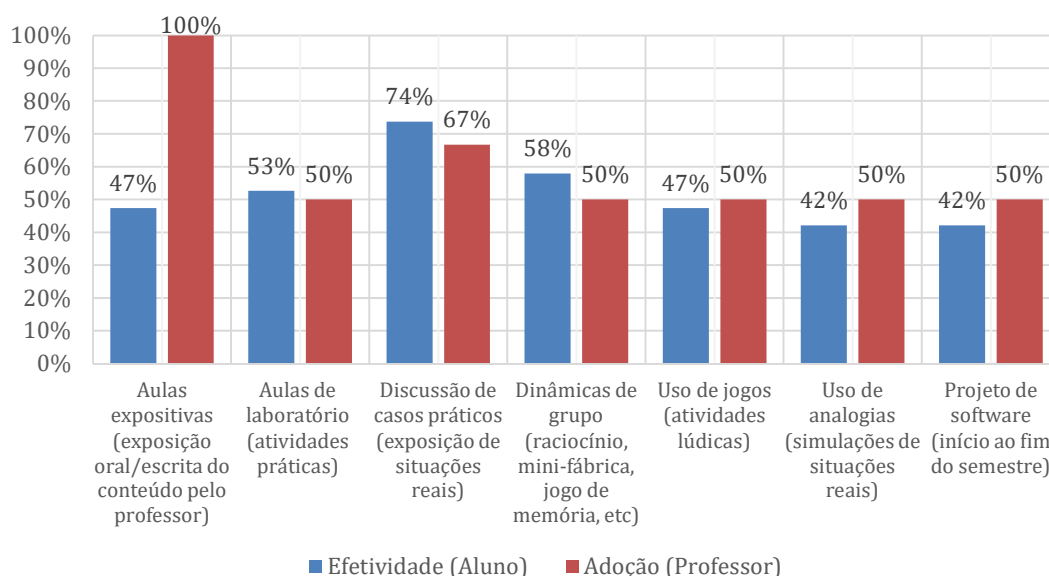


Figura 4.18 - Abordagens de ensino adotadas pelos professores e a percepção dos alunos

A partir destes resultados, é possível observar que os alunos preferem abordagens mais práticas, que os obriguem a “pôr a mão-na-massa” e discutir casos de ambientes reais do Engenheiro de Software. Tal interesse prático pode ser atribuído à própria natureza da disciplina, que é mais facilmente entendida em meio a projetos práticos, que busquem replicar um real ambiente de trabalho e os problemas que serão encontrados. Também é possível concluir que os professores estão atentos a esta realidade e buscando formas de atender aos anseios dos seus estudantes.

4.5.3 Sobre as Competências Exigidas pela Indústria

Na Figura 4.19 é possível correlacionar quantas competências do Controle Estatístico de Processos os profissionais entrevistados adquiriram na academia com quantas competências os estudantes dizem ter adquirido. Apesar de alguma disparidade entre as respostas, ainda é possível encontrar similaridades como a competência de coletar, validar e comunicar os resultados das medições.

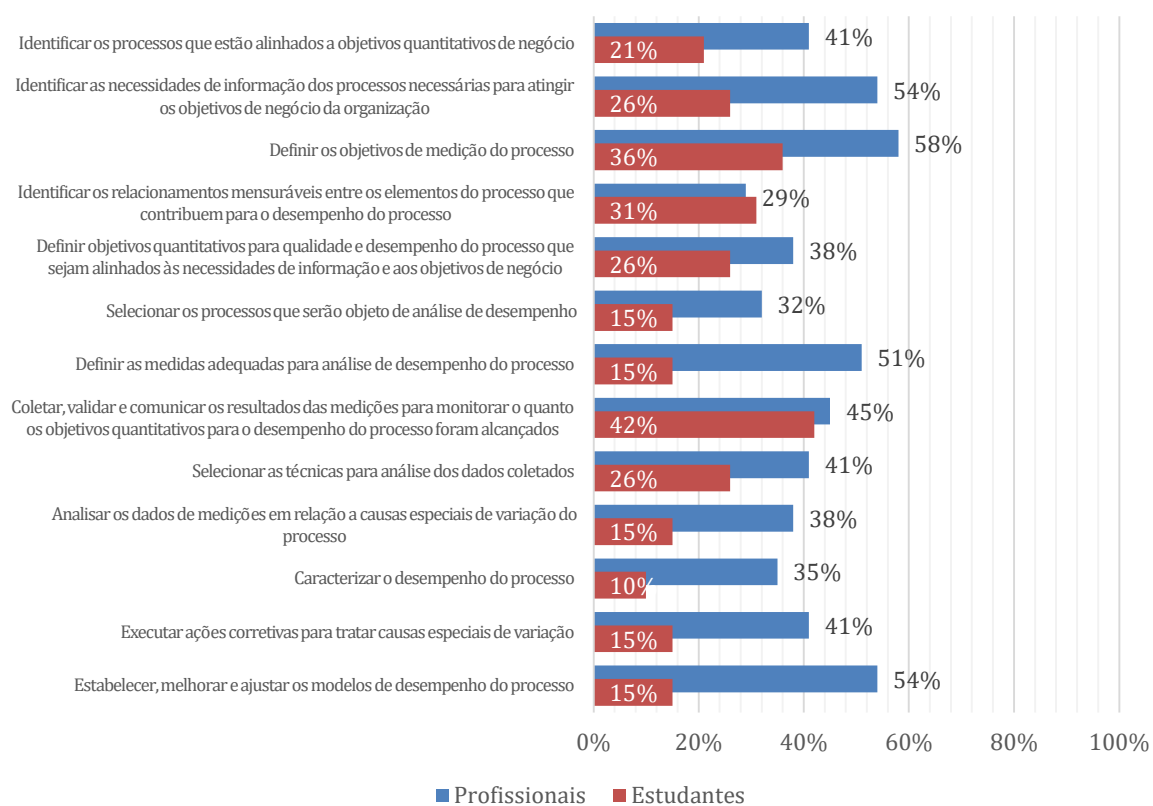


Figura 4.19 - Competências fornecidas pela academia aos profissionais e aos estudantes

Para os casos mais díspares, os pesquisadores inferem ao fato de que muitos desses profissionais já cursaram algum curso de pós-graduação, tendo em vista que apenas 9% dos entrevistados possuíam apenas a graduação. Assim, é possível que alguns respondentes tenham levado em conta as disciplinas também cursadas durante a pós-graduação, aumentando assim o índice de contribuição da academia na sua formação no Controle Estatístico de Processos. No entanto, mesmo levando esta variável em consideração, ainda é observada a baixa contribuição da academia para a aquisição destas competências, onde, em média, apenas 40% dos profissionais as obtiveram neste ambiente.

O gráfico da Figura 4.20 retrata a relação de quantos professores fornecem as competências do CEP para seus alunos com quantos profissionais consideram estas competências importantes. Nele é possível visualizar a imensa disparidade entre o que a indústria cobra de seus profissionais com o que o professor ensina para seu aluno em sala de aula, onde a maioria das competências é fornecida por apenas 30% dos professores, aumentando o custo de treinamento da indústria assim que este recém-formado for contratado para seus quadros.

Ao analisar o gráfico, também é possível justificar o comportamento citado anteriormente, de muitos profissionais terem considerado também os cursos de pós-graduação ao responder quais competências foram adquiridas na academia. Tendo em vista a baixa porcentagem de professores que abordam os temas durante suas aulas para a graduação em comparação com as competências adquiridas respondidas pelos profissionais, como pode ser visualizado na Figura 4.19.

Ainda neste contexto, vale ressaltar a grande representatividade dos resultados de percepção de utilidade obtidos com estes profissionais. Os 31 profissionais que responderam a pesquisa pertencem a 30 organizações de software diferentes, representando todas as regiões brasileiras e as esferas pública e privadas. A Figura 4.21 busca representar o valor médio de percepção de utilidade das competências do CEP de acordo com o tamanho da organização (micro, pequena, média e grande). Nela é possível verificar que quanto maior e mais complexa a organização, mais o CEP foi elencado como essencial.

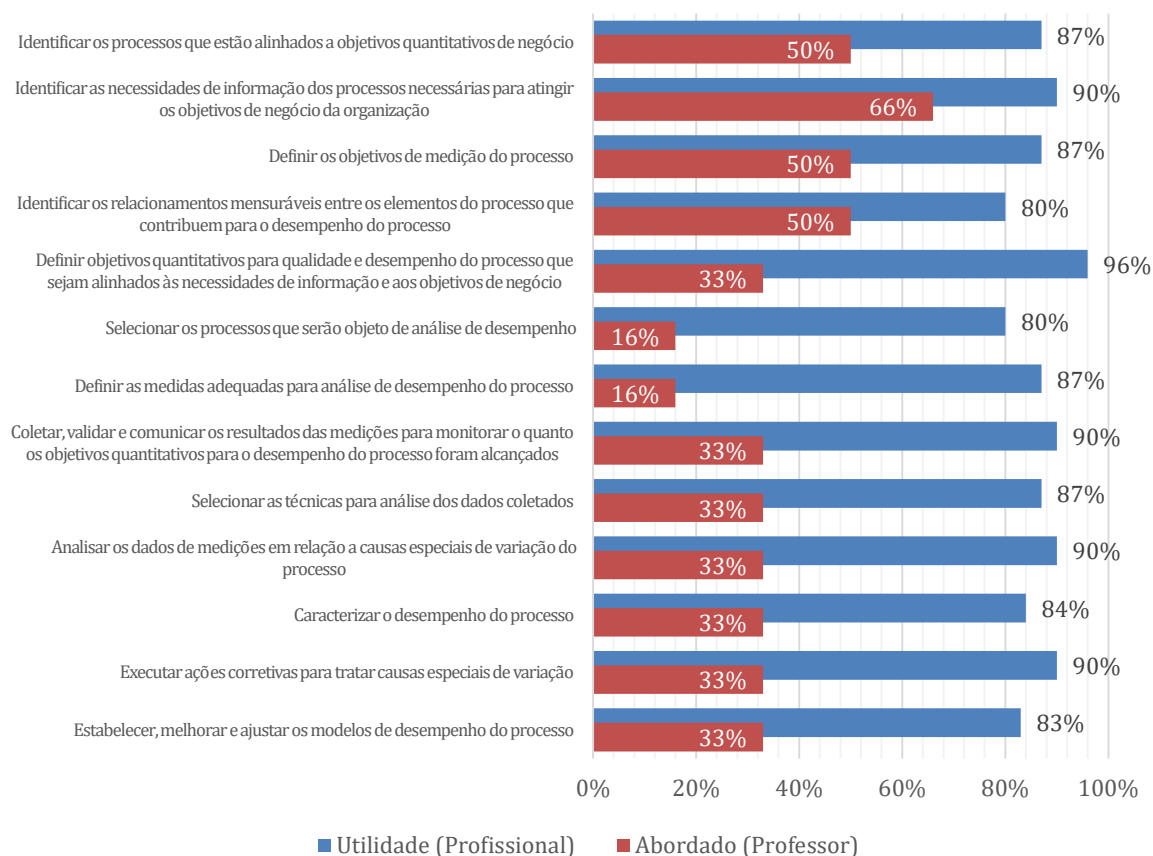


Figura 4.20 - Relação entre o ensinado em sala de aula com o importante para a indústria

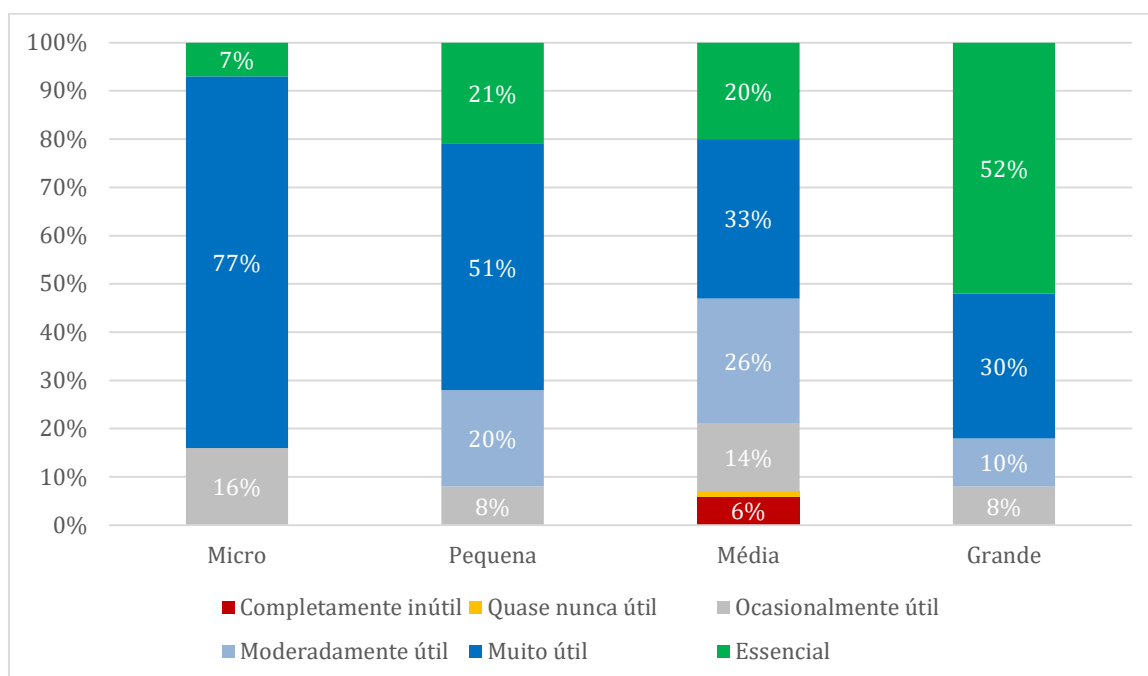


Figura 4.21 - Relação entre utilidade e o tamanho da organização

4.6 Considerações Finais

Esta pesquisa teve como objetivo identificar as competências esperadas para um profissional que atue com o Controle Estatístico de Processos e a relevância do tópico à indústria de software atual, identificando possíveis disparidades entre o considerado importante para a indústria e o ensinado nos cursos de Computação no Brasil. Para tal, um *survey* foi realizado e contou com a participação de 56 respondentes, sendo: 19 alunos, 6 professores e 31 profissionais.

Neste contexto, e tendo como base a Figura 4.20, fica evidente a disparidade entre as visões destas duas comunidades. A indústria considerou as competências elencadas como extremamente importantes tendo em média 87% de respostas positivas para a utilidade destas competências. Por outro lado, na academia, apenas 36%, em média, das competências identificadas são abordadas por professores de Engenharia de Software. Uma justificativa para a baixa adesão dos professores com este tópico pode estar no fato de que o cenário atual da educação mostra que determinados temas são considerados menos relevantes pelos professores e, portanto, têm um baixo nível de aprendizagem pelos alunos. Acontece que esses tópicos consomem uma significativa carga horária da disciplina de engenharia de software, enquanto que alguns temas considerados mais relevantes têm uma menor carga. Isto talvez deve-se ao fato de que não há tempo suficiente para ensinar de forma eficaz todos os tópicos dessas unidades relevantes.

5 A ABORDAGEM DE ENSINO

Este capítulo apresenta a abordagem de ensino para o Controle Estatístico de Processos. Inicialmente, foram identificadas quais as competências básicas para um engenheiro de software trabalhar no contexto do CEP. Para tal, os guias do MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016) e CMMI-DEV (SEI, 2012) foram usados como fonte de descoberta de tais competências, confirmadas a partir do *survey* aplicado e discutido no Capítulo 4.

Com estas competências identificadas foi possível definir o conteúdo programático necessário para que a disciplina fornecesse estas competências.

5.1 Identificação das Competências

De acordo Nunes *et al.* (2016), é necessário primeiro determinar quais competências profissionais vão ser necessárias para então pensar em formas de permitir que os alunos a desenvolvam. Como ponto de partida para a descoberta de quais competências são importantes para o Controle Estatístico de Processos, um estudo foi realizado nos modelos de qualidade que contemplam tal área de processo. Assim, os modelos MR-MPS-SW e CMMI-DEV tiveram seus resultados esperados e objetivos analisados. Após a análise, foi possível identificar 13 (treze) competências necessárias para os profissionais. sendo:

1. Identificar os processos que estão alinhados a objetivos quantitativos de negócio;
2. Identificar as necessidades de informação dos processos necessárias para atingir os objetivos de negócio da organização;
3. Definir os objetivos de medição do processo;
4. Identificar os relacionamentos mensuráveis entre os elementos do processo que contribuem para o desempenho do processo;

5. Definir objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo que sejam alinhados às necessidades de informação e aos objetivos de negócio;
6. Selecionar os processos que serão objeto de análise de desempenho;
7. Definir as medidas adequadas para a análise de desempenho do processo;
8. Coletar, validar e comunicar os resultados das medições para monitorar o quanto os objetivos quantitativos para o desempenho do processo foram alcançados;
9. Selecionar as técnicas para a análise dos dados coletados;
10. Analisar os dados de medições em relação a causas especiais de variação do processo;
11. Caracterizar desempenho do processo;
12. Executar ações corretivas para tratar causas especiais de variação;
13. Estabelecer, melhorar e ajustar os modelos de desempenho do processo.

O Quadro 5.1 lista estas competências e busca relacionar estes itens com as disciplinas dos currículos de referência para cursos de Computação. Este mapeamento foi realizado com o objetivo de identificar disciplinas que contemplassem parcialmente as competências do Controle Estatístico de Processos. Assim, ao se relacionar uma competência com uma disciplina do currículo da SBC ou da ACM/IEEE espera-se que esta competência seja ensinada na disciplina ou que possa vir a ser ensinada dentro dessa disciplina.

No entanto, é importante ressaltar que por mais que este mapeamento entre as competências do CEP identificadas e as disciplinas sugeridas pelos currículos de referência tenha sido realizado, ele não é suficiente para concluir que as competências realmente são contempladas em alguma disciplina e que realmente são atendidas na prática. Por tal motivo, também não foi possível validar o mesmo. Isto se dá pela forma que os currículos são organizados em relação ao detalhamento do que é planejado para a disciplina, a nível de conteúdo.

Os currículos funcionam como um referencial para orientar as disciplinas e áreas que devem ser abordadas em cursos de graduação em computação, não deixando claro necessariamente qual serão as ementas trabalhadas. Assim, este mapeamento acaba refletindo mais a opinião do pesquisador sobre as oportunidades já presentes nos cursos de computação para o ensino destas competências e não teve maiores contribuições para o desenvolvimento da disciplina e abordagem.

Quadro 5.1 - Competências e Habilidades Esperadas

<i>Competências</i>	<i>Currículo SBC</i>	<i>Currículo ACM/IEEE</i>
1. Identificar os processos que estão alinhados a objetivos quantitativos de negócio	T7. Engenharia de Software	SE/Software Processes
2. Identificar as necessidades de informação dos processos necessárias para atingir os objetivos de negócio da organização	T7. Engenharia de Software	SE/Software Processes
3. Definir os objetivos de medição do processo	T7. Engenharia de Software	SE/Software Processes
4. Identificar os relacionamentos mensuráveis entre os elementos do processo que contribuem para o desempenho do processo	T7. Engenharia de Software I2. Fundamentos de Sistemas de Informação P1. Administração	SE/Software Processes
5. Definir objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo que sejam alinhados às necessidades de informação e aos objetivos de negócio	Competência não contemplada	SE/Software Processes
6. Selecionar os processos que serão objeto de análise de desempenho	Competência não contemplada	Competência não contemplada
7. Definir as medidas adequadas para análise de desempenho do processo	T6. Controle de Processos T7. Engenharia de Software	SE/Software Processes
8. Coletar, validar e comunicar os resultados das medições para monitorar o quanto os objetivos quantitativos para o desempenho do processo foram alcançados.	T6. Controle de Processos T7. Engenharia de Software	SE/Software Processes
9. Selecionar as técnicas para análise dos dados coletados	M8. Probabilidade e Estatística	HCI/Statistical Methods for HCI DS/Discrete Probability
10. Analisar os dados de medições em relação a causas especiais de variação do processo	Competência não contemplada	Competência não contemplada
11. Caracterizar desempenho do processo	M8. Probabilidade e Estatística	Competência não contemplada
12. Executar ações corretivas para tratar causas especiais de variação	Competência não contemplada	Competência não contemplada
13. Estabelecer, melhorar e ajustar os modelos de desempenho do processo	Competência não contemplada	Competência não contemplada

Dada a natureza do Controle Estatístico de Processos, o mapeamento buscou identificar disciplinas nos currículos que estivessem nas áreas de: Processos de Software, Administração, Medição e Estatística.

A disciplina de Engenharia de Software do currículo da SBC foi relacionada por tratar dos tópicos de Processo de Desenvolvimento de Software e Qualidade de Software, que são importantes para cobrir as competências que dizem respeito a identificar características mensuráveis do processo, identificar as necessidades de informação e planejar e executar o plano de medição.

Já a disciplina de Fundamentos de Sistemas de Informação do currículo da SBC foi listada por tratar de Sistemas de Informações Gerenciais e de Apoio à Decisão, sendo este último relevante para o Controle Estatístico de Processos. Da mesma forma, a disciplina de Administração do currículo da SBC também foi relacionada por também tratar sobre a Visão de Problemas e Ferramentas usadas no processo decisório.

Ainda no currículo da SBC, a disciplina de Controle de Processos foi adicionada por estudar os Sistemas de Aquisição de Dados, Monitoração e Controle. Apesar do nome da disciplina, ao analisar o seu contexto como um todo, ela está muito mais voltada para a automatização do controle em linhas de produção do que para efetivamente o Controle Estatístico de Processos.

Finalizando o currículo da SBC, foi identificada a disciplina de Probabilidade e Estatística, que, apesar de não cobrir especificamente nenhum dos tópicos importantes para o CEP, como os gráficos de controle, não pode ser descartada por fornecer uma formação estatística ao aluno, tornando-o mais preparado para os tópicos do Controle Estatístico.

Em relação ao currículo da ACM/IEEE, a única disciplina identificada capaz de ser relacionada com as competências do CEP foi a disciplina de Software Processes. Dentre os tópicos cobertos por esta disciplina estão elencados: a melhoria de processos; a qualidade de software; os modelos de capacidade e maturidade do processo de software; e a medição de processo de software. Porém, a falta de detalhamento destes itens foi um fator especialmente complicado para o mapeamento com documento da ACM/IEEE.

Por fim, também foi identificada uma disciplina que fornece um bom embasamento em estatística, apesar de não contemplar os gráficos de controle, a disciplina *Statistical Methods for HCI*, assim como na disciplina de Probabilidade e Estatística da SBC.

Vale ressaltar que em nenhum dos currículos avaliados foram identificadas sugestões quanto ao ensino dos conteúdos do Controle Estatístico de Processos nos cursos de graduação em Computação.

5.2 Planejamento da Disciplina

Com a identificação das competências (Quadros 4.2 e 5.1), foi possível definir o conteúdo programático necessário para que esta disciplina cobrisse toda a formação necessária para fornecer estas competências ao aluno. Assim, a disciplina foi dividida em 4 (quatro) unidades: Processos e objetivos de negócio; Medição; Controle estatístico; e Avaliação de capacidade e melhoria do processo. Estas unidades foram planejadas visando refletir as quatro áreas de formação que os alunos irão contemplar durante a disciplina. O Quadro 5.2 apresenta com mais detalhes estas unidades e as relaciona às competências identificadas no Quadro 5.1.

Quadro 5.2 - Unidades curriculares e competências relacionadas

<i>Unidade</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Competências</i>
1. Processos e objetivos de negócio	Ensina os conceitos básicos de processo e organização, ensinando métodos analíticos, modelagem; a implementação de processos e a seleção de processos críticos	1, 2, 6
2. Medição	Ensina como definir e projetar um plano de medição	3, 4, 5, 7, 8
3. Controle Estatístico	A importância do CEP é ensinada, bem como a é ensinado sobre como usar gráficos de controle e como realizar a avaliação de "causa e efeito"	9, 10
4. Avaliação da capacidade e melhoria do processo	Ensina os conceitos de <i>baseline</i> e capacidade do processo, além de como melhorar os processos	11, 12, 13

Assim, primeiro os alunos irão receber uma formação em processos, aprendendo a identificar os processos críticos para a organização e definir e implementar novos processos. Na sequência os alunos irão aprender sobre a Medição, a sua importância para a melhoria de processos e como planejar e executar um plano de medição para os processos identificados como críticos para a organização. Após aprender sobre processos e medição, os alunos irão iniciar a unidade de Controle Estatístico, aprendendo a utilizar os gráficos de controle para avaliar as medidas coletadas. Na última unidade, os alunos irão aprender a avaliar os gráficos de controle a partir da perspectiva do desempenho e da capacidade do processo.

Cada unidade foi planejada com o detalhamento para cada um dos seguintes itens:

- **Pré-requisitos:** são as disciplinas previamente cursadas pelos alunos que irão fornecer o embasamento teórico necessário para acompanhar os conteúdos planejados para a unidade. Tendo em vista os diversos currículos de computação aplicados em cada universidade, foram levados em consideração os currículos de referência da SBC e da ACM/IEEE para identificar estas disciplinas;
- **Questões norteadoras:** são questões feitas aos alunos durante o início de cada unidade, que possuem como objetivo iniciar a discussão do tema a partir da exposição de um problema aos alunos. A ideia é que estes tentem fornecer uma solução com o nível de conhecimento que possuem e, conforme a unidade for avançando, os alunos sejam capazes de reavaliarem as soluções propostas a partir dos novos conhecimentos adquiridos. As questões norteadoras foram definidas de tal maneira a buscar contemplar o principal problema tratado em cada tópico do conteúdo programático da unidade;
- **Conteúdo programático:** o conteúdo que será ensinado na unidade, tendo em vista as competências planejadas para a disciplina. A definição destes conteúdos também foi norteadora pela consulta a planos de aulas de disciplinas de Controle de Processos em cursos de Administração e no livro Medição de Software e Controle Estatístico de Processos (Rocha, Souza e Barcellos, 2012);
- **Estratégia de ensino:** a forma planejada para o ensino dos tópicos do conteúdo programático. A estratégia de ensino é definida conforme o nível de aprendizagem pretendido para o tópico e seus resultados esperados. A Seção 5.3 trata com mais detalhes sobre o processo de definição da estratégia de ensino para os conteúdos de cada unidade;
- **Resultados esperados:** o que o aluno deve ser capaz de realizar após o estudo da unidade. Os resultados esperados são uma instanciação das habilidades planejadas para cada uma das competências do CEP (veja Quadro 4.2);

- **Nível de aprendizagem:** para cada um destes resultados esperados, também foi detalhado o nível de habilidade cognitiva esperado, utilizando-se uma terminologia baseada na taxonomia de Bloom (1956).

A taxonomia de Bloom (1956) foi desenvolvida para classificar os objetivos educacionais para o melhor desempenho cognitivo. Ao longo do tempo o modelo sofreu alterações para que pudesse se adaptar aos novos contextos. A taxonomia é composta por seus níveis:

- **Conhecimento:** habilidade do Aluno em recordar informação específica a partir de situações de aprendizagem anteriores;
- **Compreensão:** habilidade do Aluno em demonstrar compreensão pela informação, sendo capaz de reproduzir a mesma por ideias e palavras próprias;
- **Aplicação:** habilidade do Aluno em recolher e aplicar informação em situações ou problemas concretos;
- **Análise:** habilidade do Aluno em estruturar informação, separando as partes das matérias de aprendizagem e estabelecer relações;
- **Síntese:** refere-se à habilidade do Aluno em recolher e relacionar informação de várias fontes, formando um produto novo;
- **Avaliação:** refere-se à habilidade do Aluno em fazer julgamentos sobre o valor de algo tendo em consideração critérios conhecidos.

Para o contexto deste trabalho foi utilizada uma terminologia simplificada da Taxonomia de Bloom, consistindo apenas dos níveis de Conhecimento, Compreensão e Aplicação. É importante ressaltar que Aplicar engloba Compreender que engloba Conhecer (Nunes, Yamaguti e Nunes, 2016).

O planejamento completo de cada unidade, contemplando cada um dos itens elencados acima, pode ser consultado no Apêndice A.

5.2.1 Processos e objetivos de negócio

A primeira unidade, Processos e objetivos de negócio, tem o intuito de ensinar os conceitos básicos de processo e organização, ensinar a análise, modelagem e implementação de processos e a identificação dos processos críticos.

Como a unidade foca em processos, modelagem e implementação destes processos, foi definido que seria importante como pré-requisito o aluno ter concluído a disciplina

de Engenharia de Software (SBC) ou *Software Processes* (ACM/IEEE) para obter o maior aproveitamento dos conteúdos ensinados.

De forma geral, as competências pretendidas a partir da Unidade I dizem respeito a:

- Identificar os processos que estão alinhados a objetivos de negócio;
- Identificar as necessidades de informação dos processos necessárias para atingir os objetivos de negócio da organização;
- Selecionar os processos que serão objeto de análise de desempenho.

Assim, os tópicos 1.1 e 1.2 da unidade foram definidos com o intuito de fornecer o referencial teórico básico sobre processos e a sua relação com a estrutura organizacional. Por este motivo, os resultados esperados para estes itens concentram-se em garantir que o aluno conheça estes conteúdos.

Para o tópico 1.3, que trata sobre a definição e a implementação de processos, pretende-se educar o aluno sobre o levantamento de processos, modelagem e planejamento e execução da implementação do processo. Assim, tendo em mente o trabalho realizado durante o CEP e a melhoria de processos, definiu-se que o aluno deveria ter como resultado esperado a compreensão da modelagem de processos, por ser uma tarefa recorrente durante as atividades de melhoria. No entanto, para a gerência da implantação dos processos é esperado do aluno apenas conhecer o conteúdo, tendo em vista que este planejamento não cabe ao profissional de CEP.

O tópico 1.4 trata sobre a identificação dos processos críticos para o negócio da organização, aqueles processos que devem ser mantidos sob controle estatístico. Até este momento, os outros tópicos tratados na unidade tinham um caráter mais preparatórios para fornecer as bases sólidas sobre os conteúdos transversais ao Controle Estatístico de Processos. No entanto, o tópico 1.5 é o tópico principal da unidade e diz respeito diretamente às competências pretendidas para a unidade. Por este motivo, para o tópico em questão, é esperado que o aluno seja capaz de aplicar os conhecimentos adquiridos para identificar quais são os processos críticos que deverão estar em controle estatístico.

A Unidade tem como sugestão a duração de 185 minutos de sala aula (lembrando que a disciplina tem também carga-horária executada de forma extraclasse). O Quadro

5.3 apresenta os tópicos da Unidade I, junto com o nível de aprendizagem pretendido. O Apêndice A apresenta com mais detalhes este planejamento.

Quadro 5.3 - Tópicos da Unidade I

<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
1.1 Introdução aos processos	O aluno deve conhecer os conceitos básicos e a representação dos processos.	Conhecer
	O aluno deve ser capaz de ver a relação entre a qualidade do processo e a qualidade do produto.	Conhecer
1.2 Processos e estrutura organizacional	O aluno deve ser capaz de ver a relação entre o processo e a estrutura organizacional.	Conhecer
1.3 Definição e implementação de processos	O aluno deve entender a análise e modelagem de processos.	Compreender
	O aluno deve conhecer o gerenciamento da implementação dos processos.	Conhecer
1.4 Processos críticos para o negócio	O aluno deve ser capaz de identificar e selecionar os processos críticos de uma organização.	Aplicar

5.2.2 Medição

A segunda unidade, Medição, tem como objetivo ensinar a relação da medição com a melhoria de processos e com os objetivos da organização além de como definir e executar um plano de medição.

O enfoque da unidade, como já dito, é no processo de medição de software, assim foi definido que seria importante como pré-requisito ao aluno ter concluído a disciplina de Engenharia de Software (SBC) ou *Software Processes* (ACM/IEEE) para obter o maior aproveitamento dos conteúdos ensinados.

A Unidade II busca atender várias das competências identificadas, sendo:

- Identificar as necessidades de informação dos processos necessárias para atingir os objetivos de negócio da organização;
- Definir os objetivos de medição do processo;
- Identificar os relacionamentos mensuráveis entre os elementos do processo que contribuem para o desempenho do processo;

- Definir as medidas adequadas para análise de desempenho do processo;
- Definir os objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo que sejam alinhados às necessidades de informação e aos objetivos de negócio;
- Coletar, validar e comunicar os resultados das medições para monitorar o quanto os objetivos quantitativos para o desempenho do processo foram alcançados.

Neste contexto, o tópico 2.1 da unidade é responsável por apenas fornecer o embasamento teórico sobre a medição para os alunos. Por este motivo, os resultados esperados giram em torno de conhecer os conceitos básicos da medição e a relação entre os objetivos de negócio com os objetivos da medição.

O tópico 2.2, por outro lado, visa ensinar todo o processo de medição, sendo responsável por atender todas as competências do CEP planejadas para a unidade. Por este mesmo motivo, o tópico tem como resultado esperado que o aluno seja capaz de planejar e executar um plano de medição por completo, da definição dos objetivos da medição à comunicação dos resultados. Este resultado esperado é caracterizado em seu nível de aprendizagem como Compreender e Aplicar. Apesar de estar claro que o nível Aplicar engloba o Compreender, foi deixada esta distinção na caracterização pelo fato da estratégia de ensino ser composta de duas práticas para o tópico 2.2. Uma atividade lúdica irá treinar o aluno no nível da Compreensão e uma atividade prática irá treinar no nível da Aplicação. Este degrau foi considerado importante para diluir a dificuldade do conteúdo estudado.

A Unidade tem como sugestão a duração de 205 minutos de sala aula (lembrando que a disciplina tem também carga-horária executada de forma extraclasse). O Quadro 5.4 apresenta os tópicos da Unidade II, junto com o nível de aprendizagem pretendido. O Apêndice A apresenta com mais detalhes este planejamento.

Quadro 5.4 - Tópicos da Unidade II

<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
2.1 Conceitos de medição	O aluno deve conhecer o básico da medição de software.	Conhecer
	O aluno deve ser capaz de entender como os objetivos de medição devem apoiar os objetivos da organização.	Conhecer
2.2 Processo de medição	O aluno deve ser capaz de definir e executar um plano de medição.	Compreender e Aplicar

5.2.3 Controle Estatístico

A terceira unidade tem como objetivo ensinar a importância do CEP, como se utilizar os gráficos de controle e como se realizar a avaliação de causa e efeito.

A unidade concentra-se em ensinar uma introdução aos conceitos de controle estatístico e em ensinar os gráficos de controle em seus diversos tipos. Desta maneira, definiu-se que o aluno deveria ter como pré-requisito disciplinas similares ao definido pela Probabilidade e Estatística (SBC) ou *Statistical Methods for HCI* (IEEE/ACM).

A Unidade III atende duas das competências identificadas, sendo: Selecionar as técnicas para análise dos dados coletados; e Analisar os dados de medições em relação a causas especiais de variação do processo.

Assim, o tópico 3.1 irá fornecer o embasamento teórico necessário para o resto da unidade, educando o aluno sobre a importância do controle estatístico e sobre algumas técnicas elementares da estatística. Por este motivo, é esperado como resultado que o aluno apenas seja capaz de conhecer estes conteúdos estudados.

O tópico 3.2 ensina aos alunos sobre os diversos tipos de gráficos de controle, sendo o principal tópico da unidade e responsável por atender as competências Selecionar as técnicas para análise dos dados coletados e parcialmente a Analisar os dados de medições em relação a causas especiais de variação do processo. Assim, é esperado que o aluno seja capaz de compreender os gráficos de controle, seus tipos e quando os utilizar, e que o aluno seja capaz de aplicar o conhecimento e selecionar os gráficos que mais se adequam a uma situação.

Por fim, o tópico 3.2 trata da análise de causa e efeito, ensinando principalmente o Diagrama de Ishikawa e atende parcialmente a competência Analisar os dados de medições em relação a causas especiais de variação do processo. Este resultado

esperado é caracterizado em seu nível de aprendizagem como Compreender e Aplicar. Apesar de estar claro que o nível aplicar engloba o compreender, foi deixado esta distinção na caracterização pelo fato da estratégia de ensino ser composta de duas práticas para o tópico 3.3.

Uma atividade lúdica irá treinar o aluno no nível da Compreensão e uma atividade prática irá treinar no nível da Aplicação. Este degrau foi considerado importante para diluir a dificuldade do conteúdo estudado e também para que o aluno pudesse praticar em uma única atividade a competência que foi dividida entre duas unidades.

A Unidade III tem como sugestão a duração de 205 minutos de sala aula (lembrando que a disciplina tem também carga-horária executada de forma extraclasse). O Quadro 5.5 apresenta os tópicos da Unidade III, junto com o nível de aprendizagem pretendido. O Apêndice A apresenta com mais detalhes este planejamento.

Quadro 5.5 - Tópicos da Unidade III

<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
3.1 Introdução ao controle estatístico	O aluno deve estar ciente da importância do controle estatístico.	Conhecer
3.2 Tabelas de controle	O aluno deve entender os vários tipos de gráficos de controle.	Compreender
	O aluno deve poder selecionar as tabelas de controle que melhor se adequam a uma situação.	Aplicar
3.3 Avaliação de causa e efeito	O aluno deve ser capaz de avaliar os dados de medição e identificar as causas especiais da variação do processo.	Compreender e Aplicar

5.2.4 Avaliação de Capacidade e Melhoria do Processo

A unidade de Avaliação de Capacidade e Melhoria do Processo irá ensinar os conceitos de *baseline* e capacidade do processo, além de como se realizar a melhoria de um processo.

A unidade busca ensinar sobre a avaliação da capacidade de um processo e sobre a melhoria do processo e de seu desempenho. Desta maneira, definiu-se que o aluno deveria ter como pré-requisito disciplinas similares ao definido pela Engenharia de Software (SBC) ou *Software Processes* (IEEE/ACM).

A Unidade IV contempla três competência do CEP, sendo:

- Caracterizar desempenho do processo;
- Executar ações corretivas para tratar causas especiais de variação;
- Estabelecer, melhorar e ajustar os modelos de desempenho do processo.

Para atender estas três competências, o tópico 4.1 ensina para os alunos como se determinar as *baselines* de desempenho de um processo, a capacidade de um processo e como definir um modelo de desempenho para o processo. Assim, é esperado que aluno seja capaz de Aplicar estes conteúdos aprendidos e consiga caracterizar este desempenho, capacidade e modelo de desempenho do processo.

No entanto, o tópico 4.1 não é capaz de atender totalmente a competência Executar ações corretivas para tratar causas especiais de variação, sendo esta complementarmente atendida a partir do tópico 4.2, que vai tratar justamente sobre as melhorias que possam ser incorporadas ao processo, a partir da correção das causas especiais. Para este tópico é esperado que o aluno alcance o nível da Aplicação de aprendizagem.

A Unidade IV tem como sugestão a duração de 205 minutos de sala aula (lembrando que a disciplina tem também carga-horária executada de forma extraclasse). O Quadro 5.6 apresenta os tópicos da Unidade IV, junto com o nível de aprendizagem pretendido. O Apêndice A apresenta com mais detalhes este planejamento.

Quadro 5.6 - Planejamento da Unidade IV

<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
4.1 Avaliação da capacidade do processo	O aluno deve ser capaz de estabelecer o desempenho de um processo.	Aplicar
	O aluno deve ser capaz de estabelecer modelos de desempenho para o processo.	Aplicar
4.2 Melhorar o desempenho do processo	O aluno deve ser capaz de propor ajustes e melhorias nos modelos de desempenho do processo	Aplicar

5.2.5 Observações sobre a disciplina

A disciplina proposta neste capítulo foi planejada para ser executada de forma independente, sem importar o nível de ensino ou ambiente, podendo ser ministrada dentro do currículo de um curso de graduação em computação, de uma pós-graduação

em computação ou em um treinamento em organizações de software. No entanto, o professor que se interessar em ministrar os conteúdos do Controle Estatístico de Processos abordados neste trabalho não é obrigado a aplicar a disciplina como um todo, com suas quatro unidades de ensino.

Poderão existir situações onde o professor não possui tempo hábil para ministrar a disciplina por completo ou apenas tem interesse em ministrar uma das unidades. Isto é possível, cabendo ao professor a responsabilidade de realizar as adaptações necessárias. Por este motivo, as sugestões de pré-requisitos estão definidas por unidade e não pela disciplina. Assim o professor sabe quando poderá lecionar uma das unidades, de acordo com as disciplinas já concluídas pelos alunos que estão matriculados.

5.3 A Estratégia de Ensino

No caso da ACM / IEEE (2013), a Engenharia de Software é uma disciplina que se preocupa em aplicar teoria, conhecimento e prática ao desenvolvimento eficaz e eficiente de sistemas de software que atendam aos requisitos dos usuários. Isso requer ir além da maneira tradicional de ensinar, prestar mais atenção à complexidade das interações sociais, discutir como o desenvolvimento de software colaborativo ocorre em um ambiente do mundo real (Pinto, Steinmacher e Gerosa, 2017).

Nesse sentido, parece haver um consenso de que o ensino de ES deve ir além do formato das aulas tradicionais e abranger outras abordagens de ensino e aprendizagem. Alguns autores acreditam que as estratégias práticas de ensino são os métodos mais adequados para a ES (Prikladnicki *et al.*, 2009; Malik e Zafar, 2012; Marques, Quispe e Ochoa, 2014; Santos *et al.*, 2014). Esses autores também enfatizam que esse ensino deve ser mais centrado no aluno, a fim de aumentar a motivação dos alunos, fortalecer sua participação e melhorar seu relacionamento com outros alunos e, portanto, seu aprendizado. Assim, o uso de jogos e a adoção de práticas da indústria permitem motivar os alunos, aumentar sua participação e interação com a turma, o que tem um impacto positivo no aprendizado e, conseqüentemente, no desenvolvimento de suas habilidades.

No entanto, está longe de ser trivial trazer projetos de software desenvolvidos dentro de uma empresa de software para o contexto de uma sala de aula devido a problemas de licença ou à possibilidade de divulgar informações confidenciais (Pinto, Steinmacher e Gerosa, 2018).

Neste contexto, Portela (2017) define 7 (sete) princípios que norteiam o ensino prático de ES, a saber:

- Os alunos devem ser o ponto focal do processo de aprendizagem;
- Os alunos devem ter diferentes estilos de aprendizagem;
- A aprendizagem deve ser baseada na resolução de problemas;
- A realização de projetos práticos permite que os alunos apliquem seus conhecimentos;
- A abordagem de ensino deve ser iterativa;
- O treinamento na indústria deve se concentrar no desenvolvimento de habilidades;
- As habilidades devem ser diferenciadas em níveis de dificuldade.

Com base nessas considerações, Portela (2017) projetou um modelo que busca maximizar os benefícios da adoção de abordagens práticas que são combinadas com a educação no ensino da ES. Este modelo estabelece um conjunto de estágios bem definidos, organizados em um ciclo iterativo, para que possam cobrir diferentes perfis de aprendizado.

Esse ciclo é baseado na teoria da aprendizagem experiencial de Kolb (1984) e na metodologia de ensino iterativa proposta por Gary *et al.* (2013). Os perfis são baseados na classificação dos estilos de aprendizagem realizados por Fleming e Mills (1992). A Figura 5.1 mostra como as habilidades são desenvolvidas no modelo desenhado por Portela (2017).

Nesse modelo, os alunos estão no centro do processo de ensino-aprendizagem. Eles devem adotar uma abordagem participativa, ter uma voz ativa na tomada de decisões e procurar resolver os problemas apresentados pelo professor de maneira criativa e original, aplicando o conhecimento que adquiriram ao realizar atividades práticas.

O professor deve projetar situações e atividades de aprendizado que possam estimular e desafiar seus alunos. Ele / ela deve atuar como um facilitador no processo de ensino-aprendizagem.

As técnicas, métodos e recursos de ensino selecionados para essa abordagem de ensino do CEP foram baseados no trabalho de Portela (2017). Este modelo enfoca o

seguinte: o uso de artigos técnicos com relatos de experiências e vídeos com recursos essenciais, discussões de casos práticos, uso de jogos, simuladores ou dinâmicas, realizando práticas projetos e reflexão.

O ciclo de Portela foi selecionado por essa abordagem atuar com diversos estímulos, uma ampla gama de estilos de aprendizagem seja atingida. Como resultado desse foco, o uso de estratégias práticas e práticas de treinamento industrial (ou seja, o professor deve atuar como parte de um Programa de Mentoria da Indústria) deve permitir que os alunos participem ativamente do processo de ensino-aprendizagem e desenvolvam com mais eficiência as habilidades técnicas esperadas.

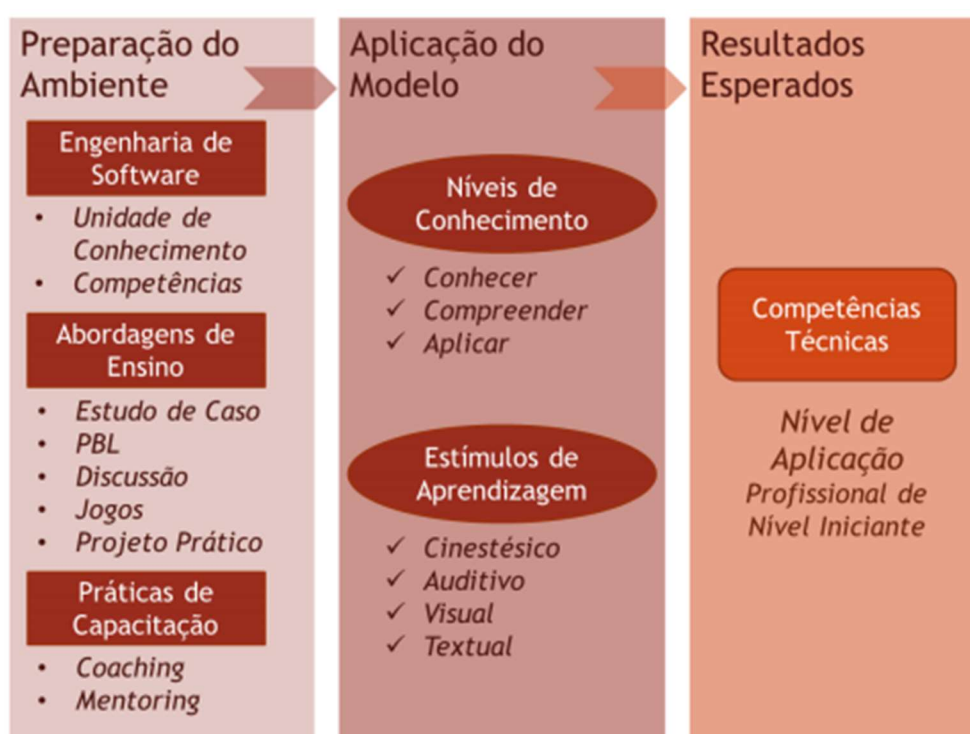


Figura 5.1 - Desenvolvimento de competências no modelo (Portela, 2017)

Assim, ao aplicar o modelo de Portela (2017), serão executadas 6 fases:

- **Iniciação:** a primeira aula de cada unidade, o estudo de cada unidade começa a partir da identificação de um problema, por exemplo: “É possível que todos os produtos estejam de acordo com um padrão? E as variações?”. A abordagem proposta nesta etapa é atingida a partir das questões norteadoras;
- **Preparação:** esta etapa é realizada pelos alunos paralelamente a todas as etapas e de forma extraclasse. Nela o aluno irá estudar o material fornecido pelo professor (vídeo aulas, artigos, livros) a fim de compreender os tópicos;

- **Discussão:** esta etapa consiste de uma aula tradicional realizada pelo professor seguida de uma discussão sobre o tema e artigos fornecidos para que os alunos possam resolver a maioria das suas dúvidas para realizar as atividades práticas;
- **Prática:** os alunos praticam os conhecimentos adquiridos a partir do uso de jogos lúdicos. O objetivo desta etapa é permitir que o aluno internalize e desenvolva as habilidades pertinentes à unidade além de favorecer os aspectos de iteração e comunicação com os demais alunos;
- **Contextualização:** após concluir as etapas anteriores, os alunos agora irão finalmente realizar um projeto prático para integrar todas as habilidades adquiridas durante a unidade. Além das habilidades técnicas, esta experiência permite desenvolver habilidades de negociação com o cliente, trabalho em grupo, comunicação e avaliar soluções;
- **Reflexão:** a etapa final consiste nos alunos apresentarem os resultados obtidos no projeto prático e refletir sobre a experiência respondendo a 4 (quatro) perguntas, baseadas na cerimônia *Sprint Retrospective* do Scrum: Quais métodos e técnicas aplicadas ajudaram no desenvolvimento do projeto? Quais foram as principais dificuldades da equipe? Quais métodos e técnicas não aplicadas pela equipe poderiam ter ajudado? O que a equipe mudaria ao executar novamente o projeto?

Uma adaptação feita ao trabalho de Portela é que, pela proposta de Portela, cada tópico ensinado deve passar pelas 6 fases. Para a abordagem desenvolvida, as Unidades (e não os tópicos da unidade) devem passar pelas 6 fases. Assim, cada uma das 4 unidades planejadas para a disciplina do CEP fará um ciclo completo.

A maneira como essas etapas serão refletidas na estratégia de ensino de cada unidade é definida de acordo com o nível de aprendizado necessário para o tópico, onde: tópicos com o nível esperado de "Lembrar" serão abordados durante a etapa de Discussão; os tópicos listados como "Entender" exigem que o estágio Prática seja realizado; e os tópicos nos quais o aluno deve atingir o nível "Aplicar" serão abordados na etapa de Contextualização. Vale ressaltar que cada unidade passa por todas as etapas do ciclo. A Figura 5.2 ilustra o funcionamento das unidades da disciplina de acordo com o Ciclo do Portela.

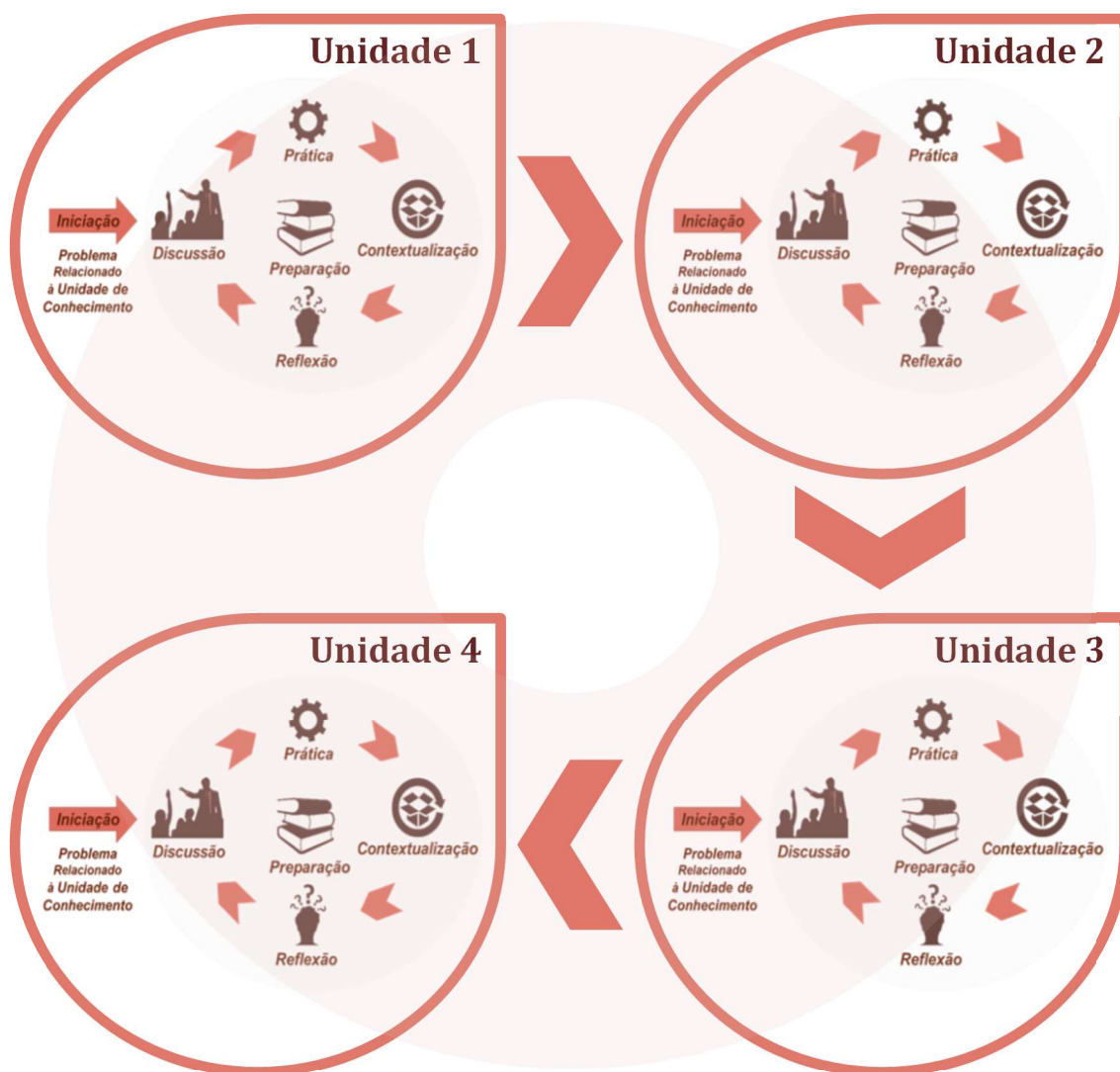


Figura 5.2 – Ciclo de Portela (2017) adaptado ao Ciclo da Disciplina

5.3.1 Sobre o Material de Apoio Fornecido

O material fornecido aos alunos para a etapa de Preparação tem como objetivo fundamentar os tópicos do CEP, além de exemplificar e ajudar na compreensão dos alunos sobre como estes tópicos são aplicados na indústria. Foram fornecidos vídeo aulas e artigos com relatos de casos práticos da indústria. Além deste material, também foi fornecido o livro “Medição de Software e Controle Estatístico de Processos” (Rocha, Souza e Barcellos, 2012) como o livro base da disciplina.

É de responsabilidade do professor ministrante da disciplina selecionar os artigos e vídeo aulas. Tal decisão é necessária para manter a atualidade dos materiais e discussões provenientes destes. Assim, recomenda-se que o professor busque selecionar este material a partir dos principais eventos e periódicos das áreas envolvidas no CEP em

organizações de software: Computação e Administração. Já as vídeo aulas podem ser selecionadas a partir do material produzido por grandes instituições de ensino que trabalhem com a modalidade de Ensino à Distância (EaD) e empresas que trabalhem com consultorias e treinamentos nos tópicos do CEP. No Apêndice A é fornecida a ementa detalhada para nortear esta seleção de materiais a ser feita pelo professor.

O professor também pode buscar criar seu próprio material de apoio, seja ele vídeo aula ou artigo, ou disponibilizar algum que o professor já conheça e comprove a qualidade na abordagem dos conteúdos abordados. O objetivo principal é fornecer ferramentas para que o aluno seja capaz de, a partir do estudo deste materiais direcionados pelo professor, adquirir a fundamentação teórica necessária para a unidade estudada.

Para o planejamento realizado neste trabalho, os seguintes eventos e periódicos que tiveram seus artigos selecionados para a disciplina foram: Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES), Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Congresso Brasileiro de Software: Teoria e Prática (CBSOFT), Congresso Internacional de Gestão de Tecnologia e Sistemas de Informação (CONTECSI), Revista de Administração de Empresas (RAE) e Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP).

Quanto às vídeo aulas, estas foram selecionadas a partir do material produzido pelo: Portal e-Aulas – Universidade de São Paulo, Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), Portal Videoaula@RNP, EaD Faculdade de Minas e Universidade Federal de Campina Grande.

Finalizando, é necessário frisar a importância do professor analisar o material selecionado antes de disponibilizá-lo para os alunos. O objetivo disto é garantir que os tópicos estão sendo ensinados de acordo com o planejado para a disciplina e que contemplam todos os tópicos necessários. Para os artigos, é importante a leitura para avaliar também quais as discussões que podem ser realizadas a partir do material.

As vídeo aulas e os artigos selecionados para a execução do experimento desta abordagem contemplam todos os tópicos de aula para as 4 Unidades planejadas. O completo acesso aos artigos, livros e vídeos utilizados pode ser feito em <https://www2.unifap.br/furtado/disciplinas/controle-estatistico-do-processo>.

5.3.2 Os Jogos e Projetos Práticos Utilizados

Para cada tópico com o nível de aprendizagem de Conhecer ou Aplicar foi definida uma atividade lúdica e/ou um projeto prático para que os alunos possam internalizar os conceitos aprendidos e aplicá-los para resolver problemas reais no contexto do Controle Estatístico de Processos. A duração de cada atividade foi planejada levando em consideração o tempo disponível para cada encontro semanal (cerca de 100 minutos), se existiam mais de uma atividade planejada para o mesmo encontro, a dificuldade dos problemas propostos e também norteada a partir de uma pré-execução realizada pelo professor durante o desenvolvimento das atividades. Os materiais utilizados nos jogos e atividades podem ser consultados no Apêndice B.

Desta forma, para contemplar o tópico “1.3 Definição e implementação de processos” é realizada uma atividade lúdica focada na modelagem e redesenho do processo. Para tal, os alunos são divididos em equipes com 4 integrantes e foi solicitado que eles façam uma linha de produção de aviões com peças de montar. Eles recebem os requisitos e desenvolvem um protótipo, em seguida iniciam o primeiro ciclo de montagem sem a utilização de nenhum processo. Depois eles são solicitados a definir um processo para a montagem dos aviões e tem início o segundo ciclo de montagem. Ao término, os resultados obtidos entre os dois ciclos são comparados e é solicitado que eles pensem em melhorias para o processo utilizado. Um último ciclo de montagem é então iniciado e os resultados são comparados com os ciclos anteriores. A atividade é planejada para durar 30 minutos.

O tópico “1.4 Processos críticos para o negócio da organização” foi atingido a partir de um projeto prático onde os alunos são responsáveis por identificar os processos críticos de uma fábrica. Assim, o contexto do problema é apresentado aos alunos e estes são organizados em duplas e recebem a lista de processos da organização junto a uma entrevista realizada com os clientes, informando sobre quais são os critérios de qualidade mais importantes. Os alunos então relacionam estas informações e utilizam o método *Quality Function Deployment* (QFD) aplicado para identificar os processos críticos desta organização. Ao término, os alunos devem apresentar os resultados e responder as questões finais da etapa de reflexão. A atividade é planejada para durar 60 minutos.

Para o tópico “2.2 Processo de medição” duas atividades são realizadas: uma atividade mais lúdica para internalizar os conceitos de *Goal-Question-Metric* (GQM)

(Basili, Caldiera e Rombach, 1994); e um projeto prático onde os alunos definem e executam um plano de medição. A atividade lúdica consiste em desenvolver o GQM para objetivos do cotidiano. Por exemplo, é solicitado aos alunos que pensem em algumas questões e medidas para atingir o objetivo de ser um melhor estudante de computação. A atividade é feita em dupla e dura 30 minutos. Já no projeto prático os alunos recebem o contexto de uma empresa de software, que tem como objetivo aumentar a quantidade de clientes atendidos. Os alunos então, organizados em duplas, devem utilizar o GQM para relacionar os objetivos da organização com as medidas, definir os procedimentos de coleta e análise, e analisar os dados e fornecer sugestões para a empresa de software. Para que os alunos possam realizar todas estas atividades é fornecido, junto ao contexto do problema e da organização, o fluxograma do processo de desenvolvimento de software da organização e as medidas que foram coletadas nos projetos da empresa. Ao término, os alunos devem apresentar os resultados e responder as questões finais da etapa de reflexão. A atividade é planejada para durar 60 minutos

Para o tópico “3.2 Gráficos de controle” é realizada uma atividade lúdica com dados baseada em (Jones, Hawkins e Smith, 2008). O objetivo é ensinar o uso de cartas de controle a partir dos dados coletados em diversos arremessos de um par de dados. Os alunos organizam-se em duplas e é solicitado que eles façam 10 coleções de 5 arremessos com o par de dados fornecido. Cada dupla tem dados com uma diferente quantidade de lados, variando de 4 lados até 20. Os valores são então registrados em uma planilha e um gráfico é plotado. É então perguntando se é possível melhorar a variação obtida e o que deveria ser feito para tal. Novos dados são distribuídos, preferencialmente com menos lados, e novamente são realizadas as 10 coleções de 5 arremessos. Ao término, os alunos comparam os dois gráficos gerados e são questionados sobre o que aconteceu e o motivo de ter acontecido. A atividade é planejada para durar 30 minutos.

Para o tópico “3.3 Avaliação de causa e efeito” é realizado um projeto prático que introduz aos alunos o contexto de uma fábrica que está buscando controlar estatisticamente o seu processo de montagem. Os alunos recebem então dois conjuntos de dados e são informados que eles foram coletados diariamente. Com base nestes dados, os alunos devem escolher e justificar qual o melhor, ou melhores, gráficos de controle para a situação. De uma forma geral, é esperado que eles consigam ao menos selecionar um gráfico de variável e um gráfico de atributo, o que contemplaria todos os

dados fornecidos. O conjunto de dados tem propositalmente alguns pontos fora dos limites estabelecidos para que os alunos possam utilizar o diagrama de Ishikawa para avaliar as causas especiais. Como forma de fornecer mais informações, para que os alunos sejam capazes de realizar a análise, cada coleta terá algum comentário pertinente ao que aconteceu no dia. Ao término, os alunos devem apresentar os resultados e responder as questões finais da etapa de reflexão. A atividade é planejada para ser feita em duplas e durar 60 minutos

O tópico “4.1 Avaliação da capacidade do processo” é atendido a partir de um projeto prático onde os alunos são expostos ao contexto de um time de futebol e seu histórico de jogos em duas temporadas de um campeonato. Os alunos devem então montar, para cada temporada, 3 (três) *baselines* de desempenho: uma para a quantidade de pontos ganhos por rodada; uma para o saldo de gols por rodada; e uma para a quantidade de horas treinadas por rodada. Os alunos devem então calcular os limites da carta de controle e avaliar se houve melhora no desempenho entre as duas temporadas. Neste momento, eles serão informados sobre o que a diretoria do clube esperada do comportamento do time em campo, caracterizando assim o comportamento desejado para o processo, a voz do cliente. Com base nestas informações, os alunos verificam se o processo é capaz ou não. Os alunos são então solicitados a estabelecer um modelo de desempenho para a próxima temporada, por exemplo, relacionando a quantidade de horas treinadas com o saldo de gols em um gráfico *scatter*. Um gráfico *scatter* é um gráfico de dispersão e é mais adequado para este propósito (Rocha, Souza e Barcellos, 2012). Ao término, os alunos devem apresentar os resultados e responder as questões finais da etapa de reflexão. A atividade é planejada para ser feita em duplas e durar 90 minutos.

Por fim, no tópico “4.2 Melhoria do desempenho do processo” os alunos também realizam um projeto prático onde recebem o fluxograma de um processo e a *baseline* de desempenho que não está estável. Com base no contexto e nas observações, eles devem conseguir avaliar as causas especiais e removê-las. Eles então devem montar uma nova *baseline* e verificar que o processo tornou-se estável, porém, não é capaz. A partir de sugestões de melhoria, os alunos devem trabalhar para deixar o processo finalmente capaz. Uma última *baseline* deve ser montada para verificar que realmente o processo é estável e capaz. Neste momento, o professor questiona sobre a possibilidade de se permanecer melhorando o processo continuamente. Ao término, os alunos devem

apresentar os resultados e responder as questões finais da etapa de reflexão. A atividade é planejada para ser feita em duplas e durar 90 minutos.

Ressaltando que todos os jogos e atividades utilizados podem ser consultados no Apêndice B.

5.4 Considerações Finais

Este capítulo descreveu o processo de concepção, elaboração e construção da abordagem de ensino. A abordagem tem como intuito apoiar o ensino do Controle Estatístico de Processos em cursos de Computação de forma que estimule e motive os alunos e que esteja alinhada com as abordagens de ensino humanísticas, onde o processo de aprendizagem e ensino é centrado no aluno.

A metodologia é apoiada na aplicação do Ciclo de Aprendizagem proposto por Portela (2017). A metodologia é composta por leitura de relatos de experiência, com questões norteadoras, discussão de casos práticos, uso de jogos lúdicos e dinâmicas, realização de projetos práticos e reflexão sobre o aprendido.

6 A AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA ABORDAGEM

Neste capítulo será apresentado o estudo empírico que foi executado para avaliar a eficácia da aprendizagem sobre o Controle Estatístico de Processos proporcionada pela abordagem de ensino desenvolvida. O experimento ocorreu no contexto de uma disciplina optativa de Engenharia de Software e teve sua ementa voltada para o Controle Estatístico de Processos. Como forma de avaliar este ganho de aprendizagem, este estudo comparou a eficácia da abordagem proposta em relação a uma aula tradicional em relação ao nível de Aplicação. O nível de aplicação foi escolhido foi é o nível pretendido pela indústria para que os profissionais possam atuar de forma proficiente.

O estudo também buscou avaliar a percepção dos alunos em relação à relevância do conteúdo ensinado, à suficiência da disciplina em prover o entendimento sobre o CEP, ao grau de dificuldade das práticas e jogos aplicados, ao método de ensino e à atratividade da disciplina para os alunos. Os alunos também foram solicitados a comunicarem os pontos fortes e fracos da experiência da aprendizagem a partir da abordagem.

Os objetivos do estudo foram descritos utilizando o *Goal, Question, Metric* – GQM (Basili, Caldiera e Rombach, 1994):

- Objetivo do Estudo 1: Avaliar a eficácia da aprendizagem sobre o Controle Estatístico de Processos, no nível de aplicação, fornecida pela abordagem de ensino em comparação a aulas tradicionais em cursos de graduação em Computação;
- Objetivo do Estudo 2: Avaliar a percepção dos alunos sobre a adequação da abordagem proposta em relação ao conteúdo, suficiência, grau de dificuldade, método de ensino e atratividade, além dos pontos fortes e fracos, no contexto de cursos de graduação em Computação.

6.1 Estratégia de pesquisa e avaliação

Um experimento formal foi aplicado, dividindo a população em grupo controle e grupo experimental, com o objetivo de avaliar a eficácia das atividades de aprendizagem planejadas (Cohen, Manion e Morrison, 2000). Este desenho do experimento permitiu uma comparação estatística do comportamento observado no grupo experimental em relação ao observado no grupo controle (Campbell e Stanley, 1963). O experimento foi organizado da seguinte forma:

1. No início do experimento, os alunos realizaram um pré-teste abordando os conteúdos do Controle Estatístico de Processos e responderam ao questionário de *background* pessoal e motivação. Os grupos foram divididos de forma randomizada;
2. As intervenções (a nova abordagem de ensino e as aulas tradicionais) foram aplicadas. O grupo experimental recebeu as atividades de aprendizagem planejadas para a abordagem de ensino e o grupo de controle assistiu a aulas tradicionais¹;
3. Após o término de cada unidade estudada, os dois grupos responderam a um pós-teste sobre os conteúdos aprendidos contendo as mesmas questões do pré-teste, com o objetivo de avaliar os ganhos de aprendizagem das diferentes abordagens no nível de Aplicação atingido pelos alunos.
4. Ao término do experimento, os alunos responderam aos questionários de percepção da experiência do aprendizado.

O Quadro 6.1 apresenta um resumo destas informações sobre o design do experimento.

Quadro 6.1. Sumário do experimento

Grupos	Preparação	Intervenções		Término
Controle	Aplicação do pré-teste;	Aulas tradicionais.	Aplicação do pós-teste	Questionários sobre a experiência
Experimental	Questionário de <i>background</i> e motivação; Alocação dos grupos.	Aulas baseadas na metodologia proposta.		

¹ Para este estudo, aulas tradicionais são consideradas aquelas baseadas na exposição de conteúdo pelo professor, apoiadas por eventuais atividades/exercícios de fixação de conteúdo.

6.2 Questões de pesquisa e hipóteses

Os objetivos do estudo, suas questões de pesquisa e instrumentos, além das hipóteses nulas são mostrados nos Quadros 6.3 e 6.4. As variáveis Y.1 a Y.4 foram baseadas nas quatro unidades ensinadas e foram avaliadas para determinar os níveis cognitivos de aprendizagem (Aplicação) alcançados pelos alunos.

Como forma de se avaliar o nível atingido pelo estudante, o Quadro 6.2 apresenta a pontuação aplicada de acordo com os critérios de acerto do aluno. Novamente, é importante ressaltar que Aplicar engloba Compreender que engloba Conhecer (Nunes, Yamaguti e Nunes, 2016).

Quadro 6.2. *Scoring Rubric*

<i>Pontos</i>	<i>Crítérios</i>
3	O estudante respondeu corretamente o problema utilizando a técnica ensinada
2	O estudante soube justificar a escolha da técnica para a resolução do problema
1	O estudante soube citar a técnica necessária para a resolução do problema
0	O estudante não respondeu à questão

Neste contexto, ao atingir o nível 3 de pontos significa que o aluno foi capaz de conhecer, compreender e aplicar o conhecimento adquirido naquela unidade. Os alunos que atingirem o nível 2 são capazes de compreender e o nível 1 fica para os alunos que apenas atingiram o conhecer.

Quadro 6.3. Detalhamento do objetivo de estudo 1

Objetivo do estudo 1	
Questão de pesquisa 1: Como é a eficácia da aprendizagem do Controle Estatístico de Processos com a abordagem desenvolvida no nível de aplicação?	
Hipótese H01: Não existirá diferença nas pontuações do pré e pós-testes nas médias obtidas pelo grupo Experimental (o grupo terá as mesmas habilidades) no nível de aplicação	
Variáveis	
Y.1. Processo de Software	Pontuação parcial no pré e pós-testes $\in [0,3]$
Y.2. Medição	Pontuação parcial no pré e pós-testes $\in [0,3]$
Y.3. Controle Estatístico	Pontuação parcial no pré e pós-testes $\in [0,3]$
Y.4. Melhoria do Processo	Pontuação parcial no pré e pós-testes $\in [0,3]$
Formulação: $\text{pos}(M_{\text{pos}}; A) > \text{pre}(M_{\text{pre}}; A)$, onde:	
1. A = Grupo Experimental	

<p>2. As pontuações do pré e pós-testes de cada aluno são:</p> $Npre_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}, \text{ onde } i \text{ é um aluno do Grupo A}$ $Npos_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}, \text{ onde } i \text{ é um aluno do Grupo A}$ <p>3. Média das pontuações dos estudantes por grupo:</p> $Mpre = \frac{\sum_{i=1}^m Npre_i}{m}, \text{ onde } m \text{ é o número de alunos do Grupo A}$ $Mpos = \frac{\sum_{i=1}^m Npos_i}{m}, \text{ onde } m \text{ é o número de alunos do Grupo A}$
Instrumentos: Pré e pós-testes
Questão de pesquisa 2: Como é a eficácia da aprendizagem do Controle Estatístico de Processos com a abordagem desenvolvida, comparada com aulas tradicionais?
Hipótese H02a: Não existirá diferença nas pontuações do pré-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de aplicação.
Variáveis
Y.1, Y.2, Y.3 e Y.4 com suas respectivas pontuações, de acordo com o descrito na Questão de pesquisa 1
Formulação: $pre(Mpre; A) > pre(Mpre; B)$, onde:
<p>1. A ou B = Grupo de Experimental ou Controle</p> <p>2. As pontuações do pré-teste de cada aluno são:</p> $Npre_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}, \text{ onde } i \text{ é um aluno do Grupo A ou B}$ <p>3. Média das pontuações dos estudantes por grupo:</p> $Mpre = \frac{\sum_{i=1}^m Npre_i}{m}, \text{ onde } m \text{ é o número de alunos do Grupo A ou B}$
Instrumentos: Pré-teste
Hipótese H02b: Não existirá diferença nas pontuações do pós-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de aplicação.
Variáveis
Y.1, Y.2, Y.3 e Y.4 com suas respectivas pontuações, de acordo com o descrito na Questão de pesquisa 1
Formulação: $pos(Mpos; A) > pos(Mpos; B)$, onde:
<p>1. A ou B = Grupo de Experimental ou Controle</p> <p>2. As pontuações do pré-teste de cada aluno são:</p> $Npos_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}, \text{ onde } i \text{ é um aluno do Grupo A ou B}$ <p>3. Média das pontuações dos estudantes por grupo:</p> $Mpos = \frac{\sum_{i=1}^m Npos_i}{m}, \text{ onde } m \text{ é o número de alunos do Grupo A ou B}$
Instrumentos: Pós-teste
Hipótese H02c: Não existirá diferença nas pontuações do pré-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de compreensão.
Variáveis
Y.1, Y.2, Y.3 e Y.4 com suas respectivas pontuações, de acordo com o descrito na Questão de pesquisa 1
Formulação: $pre(Mpre; A) > pre(Mpre; B)$, onde:
<p>4. A ou B = Grupo de Experimental ou Controle</p> <p>5. As pontuações do pré-teste de cada aluno são:</p>

$Npre_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}$, onde i é um aluno do Grupo A ou B 6. Média das pontuações dos estudantes por grupo: $Mpre = \frac{\sum_{i=1}^m + Npre_i}{m}$, onde m é o número de alunos do Grupo A ou B
Instrumentos: Pré-teste
Hipótese H02d: Não existirá diferença nas pontuações do pós-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de compreensão.
Variáveis
Y.1, Y.2, Y.3 e Y.4 com suas respectivas pontuações, de acordo com o descrito na Questão de pesquisa 1
Formulação: $pos(Mpos; A) > pos(Mpos; B)$, onde:
4. A ou B = Grupo de Experimental ou Controle 5. As pontuações do pré-teste de cada aluno são: $Npos_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}$, onde i é um aluno do Grupo A ou B 6. Média das pontuações dos estudantes por grupo: $Mpos = \frac{\sum_{i=1}^m + Npos}{m}$, onde m é o número de alunos do Grupo A ou B
Instrumentos: Pós-teste
Hipótese H02e: Não existirá diferença nas pontuações do pré-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de conhecimento.
Variáveis
Y.1, Y.2, Y.3 e Y.4 com suas respectivas pontuações, de acordo com o descrito na Questão de pesquisa 1
Formulação: $pre(Mpre; A) > pre(Mpre; B)$, onde:
7. A ou B = Grupo de Experimental ou Controle 8. As pontuações do pré-teste de cada aluno são: $Npre_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}$, onde i é um aluno do Grupo A ou B 9. Média das pontuações dos estudantes por grupo: $Mpre = \frac{\sum_{i=1}^m + Npre}{m}$, onde m é o número de alunos do Grupo A ou B
Instrumentos: Pré-teste
Hipótese H02f: Não existirá diferença nas pontuações do pós-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de conhecimento.
Variáveis
Y.1, Y.2, Y.3 e Y.4 com suas respectivas pontuações, de acordo com o descrito na Questão de pesquisa 1
Formulação: $pos(Mpos; A) > pos(Mpos; B)$, onde:
7. A ou B = Grupo de Experimental ou Controle 8. As pontuações do pré-teste de cada aluno são: $Npos_i = \frac{100(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4}$, onde i é um aluno do Grupo A ou B 9. Média das pontuações dos estudantes por grupo: $Mpos = \frac{\sum_{i=1}^m + Npo}{m}$, onde m é o número de alunos do Grupo A ou B
Instrumentos: Pós-teste

Quadro 6.4. Detalhamento do objetivo de estudo 2

Objetivo do estudo 2	
Questão de pesquisa 3: A abordagem utilizada na disciplina é considerada adequada em termos de relevância de conteúdo, suficiência e método de ensino?	
Variáveis	
Y.5. Adequação em termos de:	0 – Discordo fortemente 1 – Discordo 2 – Neutro 3 – Concordo 4 – Concordo fortemente
Y.5.1. Relevância: o conteúdo ensinado é relevante	
Y.5.2. Suficiência: a disciplina é suficiente para entender o CEP em uma organização	
Y.5.3. Método de ensino: a abordagem para ensinar CEP foi adequada	
Y.5.4. Motivação: ao longo da disciplina, a abordagem manteve a motivação	
Formulação: Distribuição de frequência (Y.9.1) do Grupo de Controle comparada com a do Experimental Distribuição de frequência (Y.9.2) do Grupo de Controle comparada com a do Experimental Distribuição de frequência (Y.9.3) do Grupo de Controle comparada com a do Experimental Distribuição de frequência (Y.9.4) do Grupo de Controle comparada com a do Experimental	
Instrumentos: Questionário de percepção do aluno sobre a adequação da disciplina	
Questão de pesquisa 4: As atividades de aprendizagens desenvolvidas pelo Grupo Experimental foram atrativas?	
Variáveis	
Y.6. Atrativa em termos de:	0 – Discordo fortemente 1 – Discordo 2 – Neutro 3 – Concordo 4 – Concordo fortemente
Y.6.1. Integração: a disciplina teve uma boa integração de teoria com prática	
Y.6.2. Tempo: as atividades de aprendizagem foram realizadas em tempo adequado	
Y.6.3. Complexidade: as atividades de aprendizagem tinham um nível de dificuldade adequado	
Y.6.4. Criatividade: as atividades de aprendizagem não restringiam a criatividade para desenvolver as soluções	
Y.6.5. Motivação: as atividades de aprendizagem tornaram o processo de aprendizagem divertido e desafiador	
Y.6.6. Material de apoio: os artigos e videoaulas fornecidos tinham uma boa qualidade e ajudaram no aprendizado da disciplina	
Formulação: Distribuição de frequência (Y.6.1) do Grupo Experimental Distribuição de frequência (Y.6.2) do Grupo Experimental Distribuição de frequência (Y.6.3) do Grupo Experimental Distribuição de frequência (Y.6.4) do Grupo Experimental	

Distribuição de frequência (Y.6.5) do Grupo Experimental
Distribuição de frequência (Y.6.6) do Grupo Experimental
Instrumentos: Questionário de <i>feedback</i> do grupo experimental
Questão de pesquisa 5: Quais são os pontos fortes e fracos da abordagem de ensino do Grupo Experimental?
Variáveis
Y.7. Pontos fortes
Y.8. Pontos fracos
Instrumentos: uma questão aberta para cada variável

Para esse estudo, os fatores de confusão (*Disturbance Factors* - DF) usados em Wohlin *et al.* (2012) foram adaptados gerando o DF.1, que busca avaliar a motivação em termos de importância do Controle Estatístico de Processos e interesse em aprender mais sobre o assunto. As respostas de DF.1 têm um formato baseado em uma escala *Likert* de 5 pontos entre 0 e 4 (0 discordo fortemente, 1 discordo, 2 neutro, 3 concordo, 4 concordo fortemente). A escala *Likert* é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários. Ao responderem a um questionário baseado nesta escala, os perguntados especificam seu nível de concordância com uma afirmação.

6.3 Instrumentação

Os pré e pós-testes anônimos foram usados para coletar os dados necessários para responder as questões de pesquisa 1 e 2. O teste consistia de problemas práticos para serem solucionados. Para tal, as atividades eram contextualizadas à realidade de uma organização de software, de acordo com o conteúdo ensinado em cada Unidade. Consistindo assim de oportunidades de aplicação das etapas necessárias para se controlar estatisticamente um processo. Estes testes estão disponíveis para consulta no Apêndice C.

Foram aplicadas as mesmas questões para os pré e pós-testes, sendo corrigidas por dois especialistas na área que não estavam envolvidos com o ensino do conteúdo. As pontuações destes testes foram calculada de acordo com as variáveis Y.1 a Y.4, conforme descrito no Quadro 6.3.

Em todos os testes nenhuma informação dos participantes era apresentada. As pontuações de todos estes testes foram disponibilizadas aos alunos apenas ao término do experimento.

Já para responder a questão de pesquisa 3 e suas variáveis (Y.5), um questionário objetivo foi aplicado aos dois grupos participantes do experimento. Estas variáveis tiveram como objetivo avaliar a percepção dos alunos em relação à adequação (relevância, suficiência, abordagem e motivação) da intervenção ofertada aos diferentes grupos. Vale ressaltar que o objetivo deste questionário não era o de obter uma opinião especializada sobre a adequação da abordagem aos tópicos ensinados, e sim a de avaliar o ponto de vista do aluno sobre a experiência, sendo este o principal interessado e motivador desta pesquisa.

Este questionário foi composto por 5 itens e pode ser consultado no Apêndice D. Cada item do questionário estava relacionado a uma variável da questão de pesquisa e as opções de resposta foram baseadas nos itens da escala *Likert* de 5 pontos, sendo: 0 discordo fortemente, 1 discordo, 2 neutro, 3 concordo e 4 concordo fortemente.

As questões de pesquisa 4 e 5 foram concentradas na experiência vivida pelo grupo Experimental. Para tal, dois questionários foram respondidos por estes participantes: um objetivo com 7 questões e um subjetivo com duas questões abertas. Para o questionário objetivo, cada item perguntando estava relacionado a uma variável da questão de pesquisa 4 (Y.6) e as opções de resposta foram baseadas nos itens da escala *Likert* de 5 pontos, sendo: 0 discordo fortemente, 1 discordo, 2 neutro, 3 concordo e 4 concordo fortemente. Para o questionário subjetivo, cada uma das questões estava relacionada a uma variável da questão de pesquisa 4 (Y.7 e Y.8). Ambos os questionários podem ser consultados no Apêndice E.

Os fatores de distúrbio foram coletados em um questionário objetivo sobre a motivação do aluno (Importância do Controle Estatístico de Processos e Interesse em aprender mais sobre o tema). Este instrumento pode ser visto no Apêndice F.

6.4 Execução

O experimento foi realizado no primeiro semestre de 2018, em um curso de extensão ofertado para a comunidade acadêmica do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Federal do Amapá. A convocação para o curso foi feita através de comunicados na página web do curso e em murais espalhados pelo bloco de aula. Os alunos apenas foram informados sobre a natureza do experimento durante a resolução do pré-teste e resposta ao questionário de *background*.

Todos os participantes do experimento foram voluntários e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE. O curso contou com 40 alunos matriculados (20 alunos em cada grupo). O curso foi ofertado por 7 dias e cada grupo realizou 4 aulas presenciais com duração de até 4 horas. Entre cada dia de aula havia um dia livre para que os alunos pudessem realizar o estudo dos materiais de apoio fornecidos. Assim, a agenda do experimento é descrita no Quadro 6.5.

Quadro 6.5. Agenda do experimento

<i>Dia</i>	<i>Grupo de Controle</i>	<i>Grupo Experimental</i>
Durante a inscrição <i>on-line</i>	Pré-teste. Questionário de <i>background</i> e motivação.	Pré-teste. Questionário de <i>background</i> e motivação. Após a divisão dos grupos, os alunos do grupo Experimental receberam os artigos e materiais de apoio para a Unidade I, assim como foram instruídos a estudá-los.
1	Aula expositiva tradicional sobre: <ul style="list-style-type: none"> • 1.1 – Conceituação de Processos • 1.2 – Processos e a Estrutura Organizacional • 1.3 – Definição e Implementação de Processos • 1.4 – Processos Críticos para o Negócio da Organização Pós-teste.	Aula expositiva tradicional sobre os tópicos da Unidade 1 – Processos e Objetivos de Negócio da Organização (45 para cada tópico), apoiada pelas atividades: <ul style="list-style-type: none"> • Os alunos irão realizar a dinâmica da fábrica de legos para internalizar os conceitos do 1.3 – Definição e Implementação de Processos (40 minutos). • Os alunos realizarão um projeto prático sobre o 1.4 – Processos Críticos para o Negócio da Organização (60 minutos). Ao término da atividade, os alunos irão apresentar brevemente os resultados obtidos e realizar a reflexão sobre a experiência (40 minutos). Os artigos e materiais de apoio para a Unidade II serão fornecidos ao grupo. Pós-teste.
2		Estudo dos materiais para a próxima unidade.
3	Aula expositiva tradicional sobre: <ul style="list-style-type: none"> • 2.1 – Conceitos de Medição • 2.2 – Processo de Medição Pós-teste.	Aula expositiva tradicional sobre os tópicos da Unidade 2 – Medição (45 para cada tópico), apoiada pelas atividades: <ul style="list-style-type: none"> • Os alunos farão uso da dinâmica de aplicar o GQM em problemas cotidianos para internalizar os conceitos do 2.2 – Processo de Medição (60 minutos). • Os alunos realizarão um projeto prático sobre o 2.2 – Processo de Medição (60 minutos). Ao término da atividade, os alunos irão apresentar brevemente os resultados obtidos e realizar a reflexão sobre a experiência (40 minutos). Os

<i>Dia</i>	<i>Grupo de Controle</i>	<i>Grupo Experimental</i>
		artigos e materiais de apoio para a Unidade III serão fornecidos ao grupo Pós-teste.
4		Estudo dos materiais para a próxima unidade.
5	<p>Aula expositiva tradicional sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.1 – Introdução ao Controle Estatístico • 3.2 – Gráficos de Controle • 3.3 – Avaliação de Causa e Efeito. <p>Pós-teste.</p>	<p>Aula expositiva tradicional sobre os tópicos da Unidade 3 – Controle Estatístico (45 para cada tópico), apoiada pelas atividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os alunos farão uso do jogo lúdico de Arremessos de Dados para internalizar os conceitos do 3.2 – Gráficos de Controle (30 minutos). • Os alunos farão uso do jogo lúdico de Lançamentos de Aviões para internalizar os conceitos do 3.3 – Avaliação de Causa e Efeito (30 minutos). • Os alunos realizarão um projeto prático sobre os 3.2 – Gráficos de Controle e 3.3 – Avaliação de Causa e Efeito (60 minutos). Ao término da atividade, os alunos irão apresentar brevemente os resultados obtidos e realizar a reflexão sobre a experiência (40 minutos). Os artigos e materiais de apoio para a Unidade IV serão fornecidos ao grupo. <p>Pós-teste.</p>
6		Estudo dos materiais para a próxima unidade.
7	<p>Aula expositiva tradicional sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4.1 – Avaliação de Capacidade do Processo • 4.2 – Melhoria do Desempenho do Processo <p>Pós-teste.</p>	<p>Aula expositiva tradicional sobre os tópicos da Unidade 4 – Avaliação de Capacidade e Melhoria do Processo (45 para cada tópico), apoiada pelas atividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os alunos farão uso da dinâmica do Clube de Futebol para internalizar os conceitos dos 4.1 – Avaliação de Capacidade do Processo e 4.2 – Melhoria do Desempenho do Processo (60 minutos). • Os alunos realizarão um projeto prático sobre os 4.1 – Avaliação de Capacidade do Processo e 4.2 – Melhoria do Desempenho do Processo (60 minutos). Ao término da atividade, os alunos irão apresentar brevemente os resultados obtidos e realizar a reflexão sobre a experiência (40 minutos). <p>Pós-teste.</p>
<i>On-line,</i> após o último dia	Questionários de percepção da adequação da abordagem.	Questionários de percepção da adequação da abordagem. Questionário de <i>feedback</i> .

Durante a inscrição na disciplina os alunos também responderam ao questionário de motivação. Após a realização das intervenções e seus respectivos pós-testes, os alunos responderam aos questionários de percepção da adequação da abordagem e de *feedback*.

É importante citar que durante a execução das intervenções os grupos tiveram cada um o seu professor específico. Assim, apenas um professor ministrou aula para o grupo de controle, enquanto outro professor ministrou para o grupo experimental. Essa decisão foi tomada para minimizar a ameaça do professor de dar uma aula mais dedicada ao grupo experimental em comparação ao grupo controle. Também deve ser enfatizado que esses dois professores trabalharam juntos na preparação das aulas.

6.5 Análise dos Dados

Esta seção irá apresentar os dados obtidos e quais os tratamentos estatísticos realizados, quando pertinente. A discussão dos resultados obtidos será realizada na próxima seção.

6.5.1 Procedimentos

A coleta dos dados das variáveis descritas deu-se da seguinte forma:

- DF.1: a partir do questionário de motivação, aplicado ao início do experimento;
- Y.1 a Y.4: a partir da correção dos pré e pós-testes;
- Y.5: coletada dos grupos controle e experimental após o término das aulas;
- Y.6 a Y.8: coletadas do grupo experimental após o término das aulas.

6.5.2 Análise das Questões de Pesquisa

O teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965) foi aplicado para verificar se as pontuações obtidas pelos alunos na avaliação possuíam uma distribuição normal. Para o conjunto de dados do experimento (Apêndice G), a aplicação do teste de normalidade resultou para os dados do pré-teste um W igual a 0,52 no Grupo Experimental e igual a 0,43 no Grupo de Controle, não sendo esse conjunto de dados normalmente distribuído para $p > 0,05$. Já para os dados do pós-teste em um W igual a 0,91 no Grupo Experimental e igual a 0,96 no Grupo de Controle, sendo o conjunto de dados normalmente distribuído para $p > 0,05$.

6.5.2.1 *Questão de Pesquisa 1 - “Como é a eficácia da aprendizagem do Controle Estatístico de Processos com a abordagem desenvolvida no nível de aplicação?”*

Considerando-se então a normalidade dos dados e o objetivo de se avaliar a diferença entre pré-teste e pós-teste em uma mesma população, optou-se pelo teste *Student-t* bicaudal para amostras pareadas.

Para a H01, “Não existirá diferença nas pontuações do pré e pós-testes nas médias obtidas pelo grupo Experimental (o grupo terá as mesmas habilidades) no nível de aplicação”, o grupo Experimental pontuou $0,04 \pm 0,08$ no pré-teste, enquanto que o mesmo grupo pontuou $2,50 \pm 0,37$ no pós-teste. Assim, o ganho médio de $\Delta = 2,46$ no grupo Experimental indica um incremento no aprendizado deste grupo, pois o *p-value* de 0,01 é estatisticamente significativo. A Tabela 6.1 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 6.1 - Eficácia de aprendizagem para o Grupo Experimental

<i>Variáveis</i>	<i>Pré-teste</i>	<i>Pós-teste</i>
Tamanho da amostra	20	
Mínimo	0,00	1,75
Máximo	0,25	3,00
Mediana	0,00	2,50
Primeiro quartil	0,00	2,00
Terceiro quartil	0,00	2,75
Média	0,04	2,50
Desvio padrão	0,08	0,3794
<i>p-value</i>	0,0544	

Com este resultado, a hipótese nula H01, “Não existirá diferença nas pontuações do pré e pós-testes nas médias obtidas pelo grupo Experimental (o grupo terá as mesmas habilidades) no nível de aplicação”, foi rejeitada.

A Figura 6.1a apresenta o comparativo entre as médias obtidas pelo grupo Experimental no pré e pós-teste, detalhando por cada unidade de estudo do curso. Apenas para comparativo, a Figura 6.1b apresenta os mesmos dados para o grupo de Controle.

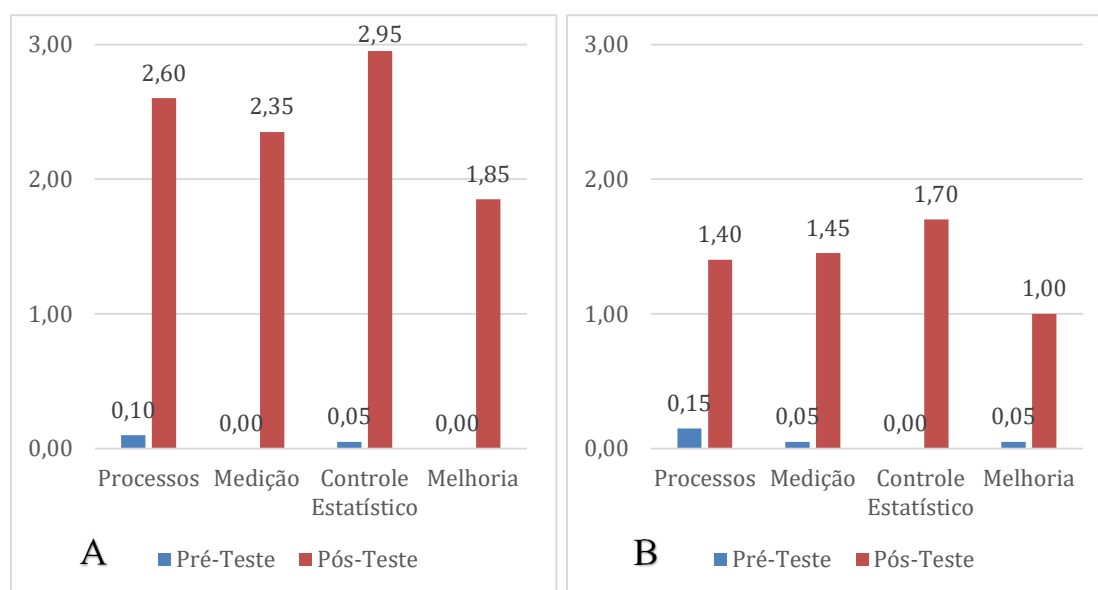


Figura 6.1 - (a) Médias obtidas por Unidades para o Grupo Experimental; (b) Médias obtidas por Unidades para o Grupo de Controle

6.5.2.2 *Questão de Pesquisa 2 - “Como é a eficácia da aprendizagem do Controle Estatístico de Processos com a abordagem desenvolvida, comparada com aulas tradicionais?”*

No pré-teste, considerando-se então a não normalidade dos dados e o objetivo de se avaliar a diferença entre pré-teste em populações diferentes, optou-se pelo teste Mann-Whitney bicaudal. A Tabela 6.2 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 6.2 – Comparação da eficácia de aprendizagem entre os grupos participantes no pré-teste (Mann-Whitney)

Variáveis	Grupo Controle	Grupo Experimental
	Pré-teste	Pré-teste
Tamanho da amostra	20	
Soma dos pontos	421,5	398,5
Média dos pontos	21,08	19,02
Soma dos pontos esperada	410	
Média dos pontos esperada	20,5	
U-value	188,5	211,5
U-value esperado	200	
Z-Score	0,29755	
p-value	0.76418	

No pós-teste, para a comparação entre o Grupo Experimental e o de Controle, considerando-se então a normalidade dos dados e o objetivo de se avaliar a diferença entre duas populações com condição de tratamento e duas amostras (tratamentos), optou-se pelo teste *Student-t* bicaudal para amostras independentes. O grupo Experimental pontuou $2,50 \pm 0,37$ no pós-teste, enquanto que o grupo de Controle pontuou $1,38 \pm 0,62$ no pós-teste. Assim, existe uma diferença real entre os grupos, onde

a pontuação do Experimental é $\Delta=1,12$ maior que o de Controle, indicando um incremento no aprendizado deste grupo, pois o *p-value* de 0,01 é estatisticamente significativo. A Tabela 6.3 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 6.3 – Comparação da eficácia de aprendizagem entre os grupos participantes no pós-teste (*Student t*)

<i>Variáveis</i>	<i>Grupo Experimental</i>	<i>Grupo Controle</i>
	<i>Pós-teste</i>	<i>Pós-teste</i>
Tamanho da amostra	20	
Mínimo	1,75	0,25
Máximo	3,00	2,50
Soma dos pontos	195	111
Mediana	2,50	1,50
Primeiro quartil	2,00	1,00
Terceiro quartil	2,75	1,75
Média	2,43	1,38
Desvio padrão	0,37	0,62
<i>p-value</i>	0,0544	0,5469

A Figura 6.2 apresenta o comparativo entre as médias obtidas no pós-teste pelo grupo Experimental e as obtidas pelo grupo de Controle, detalhando por cada unidade de estudo do curso.

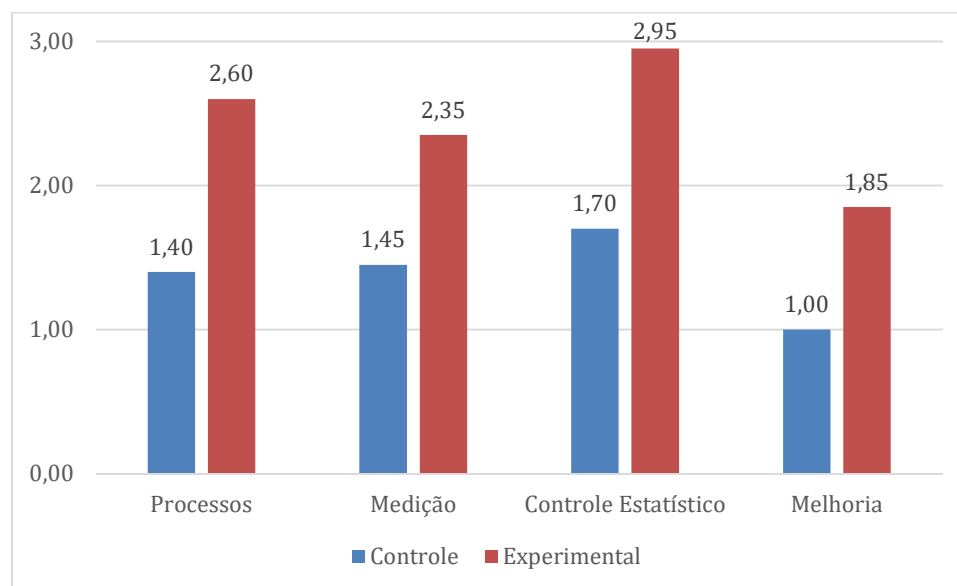


Figura 6.2 – Comparação das médias obtidas por Unidades entre o Grupo Experimental e de Controle (pós-teste)

Com estes resultados, não foi possível refutar nenhuma das hipóteses referentes a diferença de pontuações no pré-teste para os 3 níveis de cognição avaliados (H02a,

H02c e H02e). Isto ocorreu, pois os resultados obtidos pela comparação feita no teste de Mann-Whitney com o *U-value* de 188,5, o valor crítico de *U* em $p < 0,05$ é 127. Assim, os resultados não são estatisticamente significantes para $p > 0,05$. Com o *Z-Score* de 0,29 o *p-value* é de 0,76. Novamente, os resultados não são significantes para $p > 0,05$.

Para a hipótese H02b, “Não existirá diferença nas pontuações do pós-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de aplicação”, foi rejeitada. O mesmo comportamento é possível de ser observado para as hipóteses H02d e H02f que avaliam a diferença de pontuações no pós-teste para os níveis de compreensão e conhecimento, sendo também rejeitadas.

6.5.2.3 *Questão de Pesquisa 3 - “A abordagem utilizada na disciplina é considerada adequada em termos de relevância de conteúdo, suficiência e método de ensino?”*

A QP 3 tinha como objetivo avaliar as diferentes percepções que cada grupo teve sobre as intervenções as quais foram expostos. Neste contexto, foram avaliados: relevância, suficiência, método de ensino e motivação. Para os itens de Y.5, o coeficiente de consistência interna *Alfa* de Cronbach (1951) foi considerado “Aceitável” com $\alpha = 0,762$.

Em relação à Y.5.1, “O conteúdo ensinado é relevante”, ambos os grupos (Controle e Experimental) consideram o Controle Estatístico de Processos um conteúdo relevante para ser aprendido, com 100% de respostas positivas (respostas “Concordo fortemente” ou “Concordo”) nos dois grupos. A Figura 6.3 detalha as respostas recebidas.

Em relação à variável Y.5.2, “A disciplina é suficiente para entender o CEP em uma organização”, o grupo de controle teve uma taxa de respostas positivas de 71,43% enquanto que o grupo experimental teve uma taxa de 87,50%. A Figura 6.4 demonstra em detalhes as respostas.

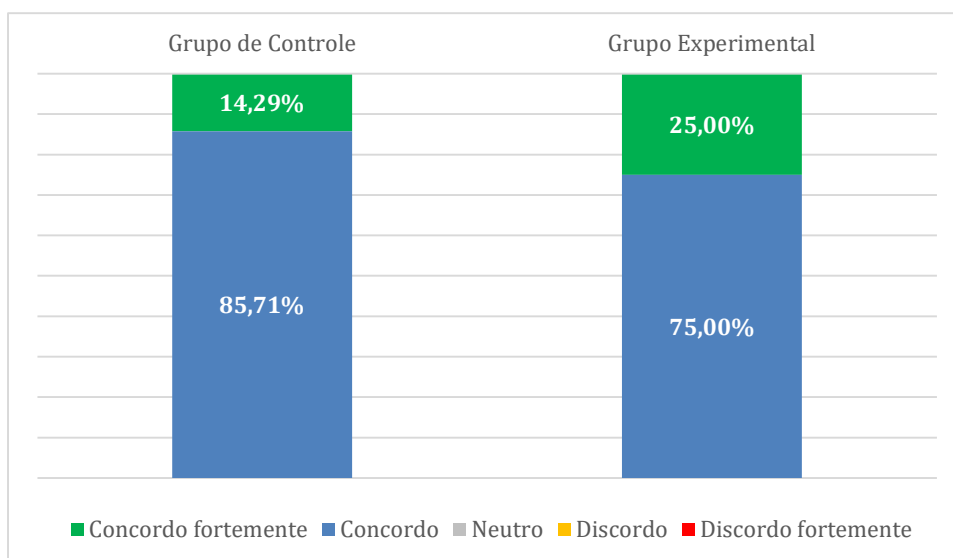


Figura 6.3 – O conteúdo ensinado na disciplina de Controle Estatístico de Processos foi relevante (Y.5.1)

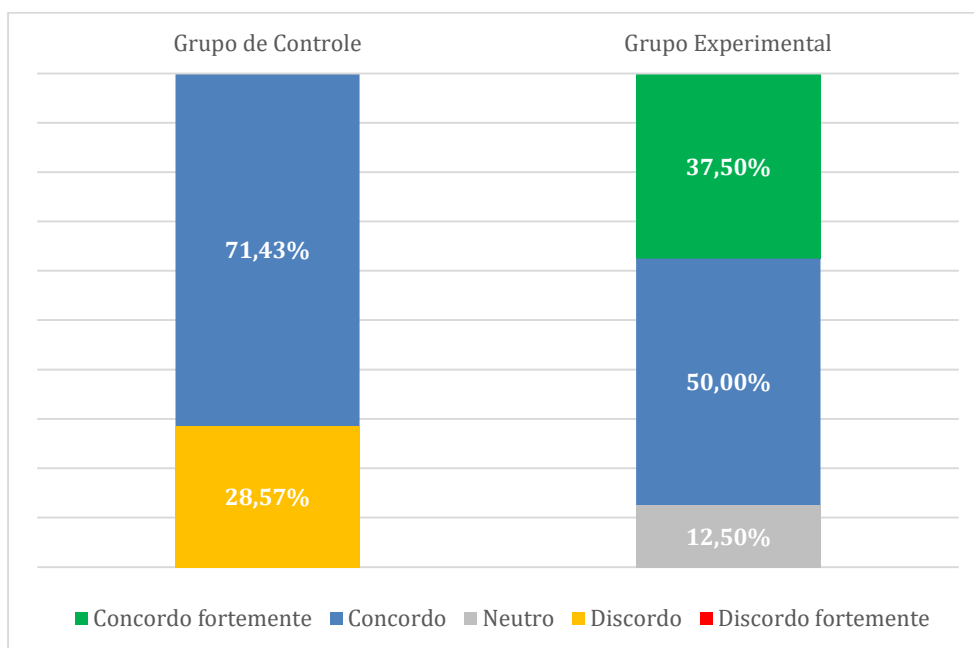


Figura 6.4 - O conteúdo abordado pela disciplina foi suficiente para entender como o Controle Estatístico de Processos funciona em uma organização (Y.5.2)

Para a variável Y.5.3, “A abordagem para ensinar CEP foi adequada”, o grupo de controle teve uma taxa de respostas positivas de apenas 42,86%, enquanto que o grupo experimental teve uma taxa de 87,50%. A Figura 6.5 exibe os resultados obtidos. Em relação à variável Y.5.4, “Ao longo da disciplina, a abordagem manteve a motivação”, o grupo controle teve uma taxa de respostas positivas de apenas 28,57% para 57,14%

respondendo “Discordo” para a motivação. O grupo experimental teve uma taxa de respostas positivas de 75%. A Figura 6.6 demonstra em detalhes as respostas.

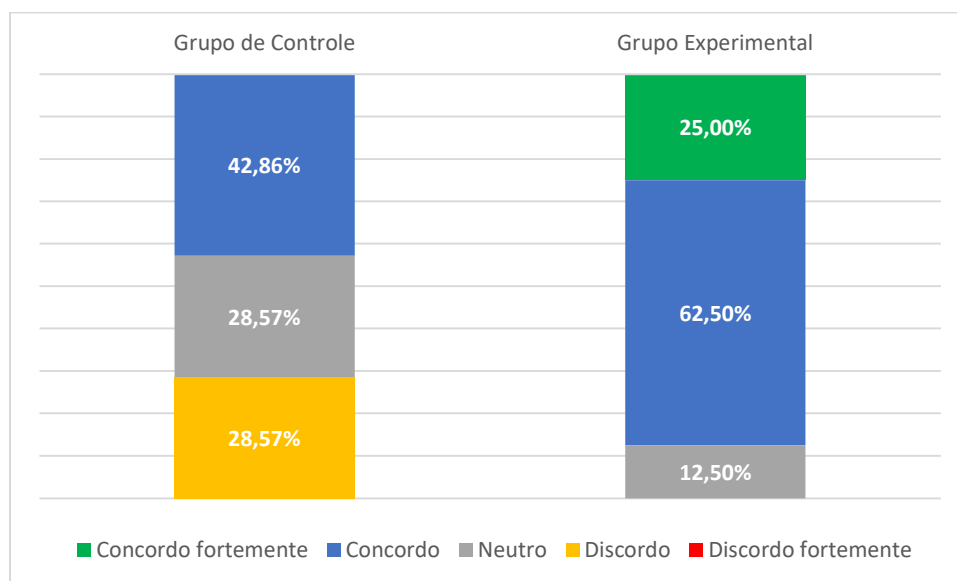


Figura 6.5 - A abordagem para ensinar os conteúdos de Controle Estatístico de Processos foi adequada (Y.5.3)

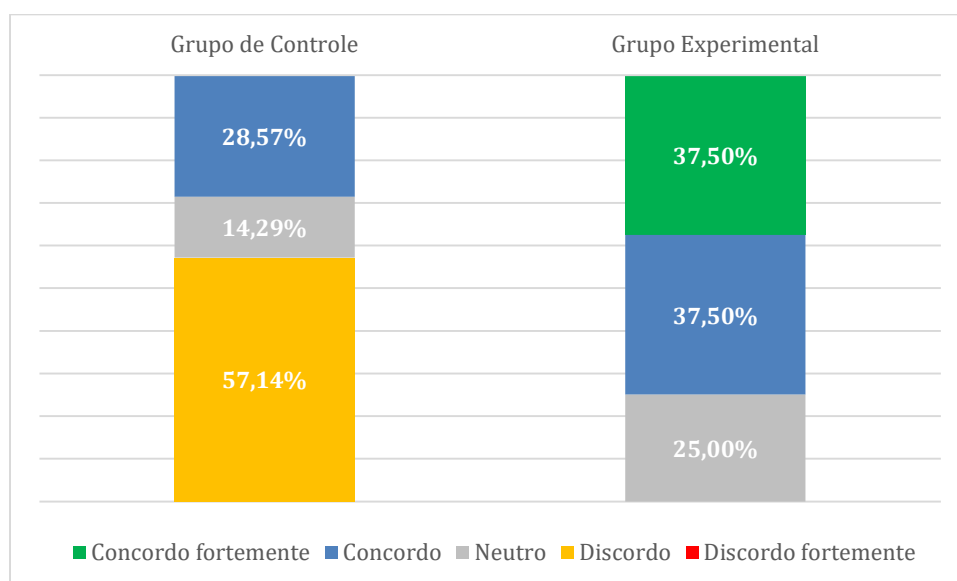


Figura 6.6 - Ao longo da disciplina, a abordagem de ensino me manteve motivado a aprender (Y.5.4)

O grupo Experimental não teve variáveis recebendo nenhuma resposta negativa (“Discordo” ou “Discordo fortemente”), enquanto que o grupo de controle respondeu “Discordo” para os itens Y.5.2, Y.5.3 e Y.5.4. O item com maior discrepância entre os

grupos foi o Y.7.4, sobre a motivação, onde 75% do grupo experimental respondeu “Concordo fortemente” ou “Concordo” enquanto quase metade (57,14%) do grupo de controle respondeu “Discordo” para a afirmação.

6.5.2.4 Questão de Pesquisa 4 - “As atividades de aprendizagem desenvolvidas pelo Grupo Experimental foram atrativas?”

Para a QP 4, a maioria dos alunos do grupo experimental respondeu como “Concordo fortemente” ou “Concordo” para as variáveis de Y.6, sendo “Concordo” a opinião de maior frequência. A Figura 6.7 resume todas as repostas para os itens de Y.6. O coeficiente de consistência interna *Alfa* de Cronbach foi considerado “Bom” com $\alpha = 0,86$.

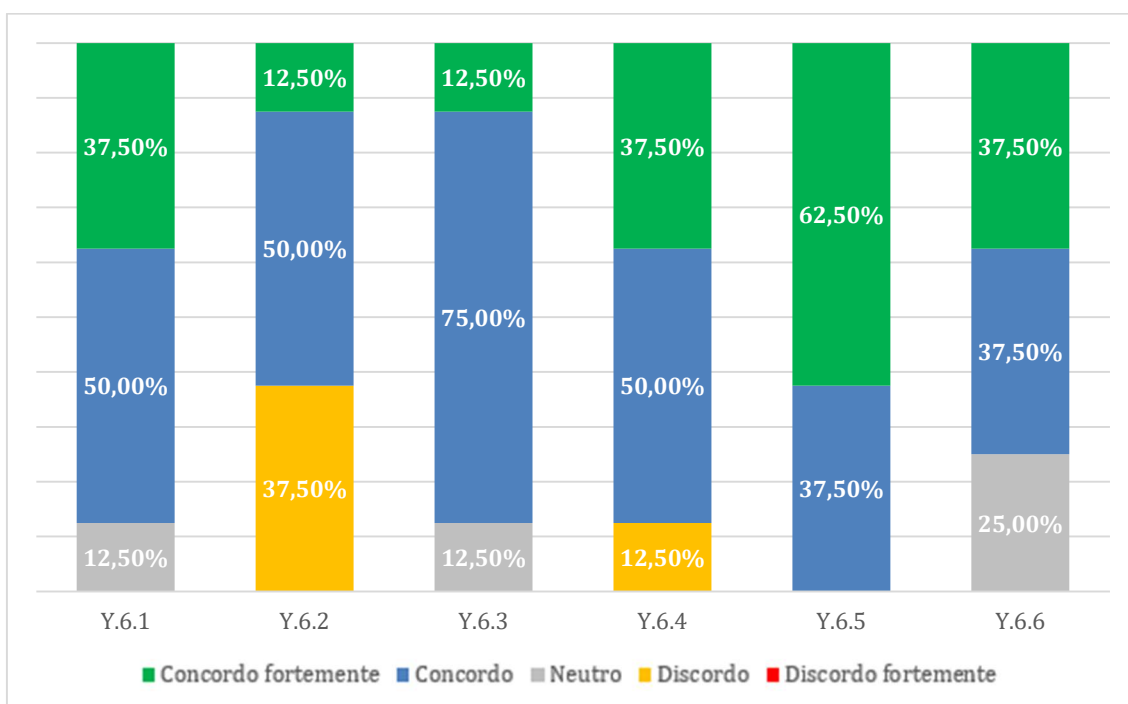


Figura 6.7 - Avaliação do feedback das práticas de aprendizagem do grupo experimental

6.5.2.5 Questão de Pesquisa 5 - “Quais são os pontos fortes e fracos da abordagem de ensino do Grupo Experimental?”

Para a QP 5, foi solicitada a opinião dos alunos do grupo experimental sobre os pontos fortes (Y.7) e pontos fracos (Y.8) da abordagem de ensino utilizada durante a disciplina.

As respostas dos alunos foram organizadas em uma tabela contendo o ponto levantado e a quantidade de alunos que tiveram uma opinião semelhante. O Quadro 6.6

apresenta os pontos fortes elencados e o Quadro 6.7 os pontos fracos identificados pelos alunos.

Quadro 6.6 - Pontos fortes citados pelos participantes (Y.7)

<i>Pontos fortes</i>	<i>Quantidade de alunos</i>
Aulas práticas	12
Uso de jogos/dinâmicas	8
Aprendizado colaborativo e dinâmico	4
Bom aproveitamento do tempo em sala	2
Autodidatismo	1
Materiais de apoio	1

Quadro 6.7 - Pontos fracos citados pelos participantes (Y.8)

<i>Pontos fracos</i>	<i>Quantidade de alunos</i>
Pouco tempo para o curso	6
Poucas aulas expositivas	5
Atividades com duração não adequadas ao tempo	3
Dificuldade em entender assuntos mais complexos	2

6.6 Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos com o teste da hipótese H01, “Não existirá diferença nas pontuações do pré e pós-testes nas médias obtidas pelo grupo Experimental (o grupo terá as mesmas habilidades) no nível de aplicação”, dão um indicativo de que a abordagem proposta para o ensino do Controle Estatístico de Processos tem um efeito positivo sobre a eficácia da aprendizagem no nível cognitivo de aplicação. Onde o nível de aplicação é aquele requerido pelo profissional da indústria.

Somando-se a este resultado a rejeição da hipótese H02b, “Não existirá diferença nas pontuações do pré-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de cognição atingido”, indica que a abordagem proposta tem uma eficácia da aprendizagem maior do que a eficácia obtida pelas aulas expositivas tradicionais, uma vez que a média da pontuação obtida no pós-teste pelo grupo experimental foi 35% maior do que a média de pontuação obtida pelo grupo de controle. Transformando o *Scoring Rubric* aplicado para uma escala de percentual, o grupo

Experimental atingiu em média 81,25% dos pontos possíveis, enquanto o grupo de Controle atingiu apenas 46,25% dos pontos possíveis.

Tais resultados podem ser atribuídos ao fato da abordagem de ensino aplicada ao grupo experimental ser extremamente focada no aluno, na resolução de atividades práticas e baseada na resolução de problemas. Sendo assim, os resultados obtidos estão alinhados com o que destacam diversos autores, que abordagens práticas parecem ser as mais indicadas para o ensino do Engenharia de Software e as preferidas dos alunos para tal (Prikladnicki *et al.*, 2009; Malik e Zafar, 2012; Marques, Quispe e Ochoa, 2014; Santos *et al.*, 2014) e semelhante a experiências com *Coachs* (Rodrigues, Soria e Campo, 2016) ou Scrum Master para apoiar equipes de estudantes (Scharf e Koch, 2013). Os resultados obtidos também estão alinhados com o pretendido ao se instanciar o *framework* FRAMES (Portela, 2017) para o uso na metodologia.

Porém, a experiência determina que os alunos com notas mais altas estão, em geral, mais dispostos a realizar atividades extras do que aqueles com notas mais baixas (Gamo, 2019). Neste estudo, nenhuma análise foi feita sobre o histórico escolar dos alunos participantes. Assim, não é possível descartar totalmente essa possibilidade.

No entanto, o grupo de Controle também teve um aumento da sua pontuação média entre o pré e o pós-teste, com o ganho de $\Delta=1,32$. Isto é um indicativo de que, apesar da abordagem proposta ter obtido melhores resultados, ambas as abordagens são capazes de atingir efeitos positivos sobre a aprendizagem do aluno.

Tal afirmação ainda pode ser corroborada pela falta de dados para se refutar a hipótese H02a, “Não existirá diferença nas pontuações do pré-teste entre o grupo de Controle e o grupo Experimental em relação ao nível de cognição atingido”, onde as notas do pré-teste de ambos os grupos tenderam a zero, evidenciando que tudo o que os alunos aprenderam sobre o Controle Estatístico de Processos foi adquirido a partir de uma das abordagens.

Em relação a estas notas de pré-teste, tal fato pode ter ocorrido tendo em vista a própria natureza do Controle Estatístico de Processos, sendo um tópico complexo e pouco conhecido mesmo para engenheiros de software já formados (Alhassan & Jawawi, 2014). Porém, estas notas iniciais podem realmente evidenciar que os grupos, divididos aleatoriamente, são estatisticamente equivalentes.

A Figura 6.8 detalha a moda da pontuação dos grupos em cada unidade avaliada no experimento. Em todos os pontos avaliados o grupo Experimental obteve uma maior moda do que o grupo de Controle. É possível observar ainda que conforme as questões avançavam sobre os conteúdos abordados ao longo das unidades do curso, consequentemente conteúdos mais complexos, a moda da turma controle foi decaindo. Isto pode ser um indicativo de que a abordagem de ensino proposta também é mais eficiente para a aprendizagem no nível de aplicação de assuntos mais complexos do que a abordagem de aulas expositivas tradicionais.

Em relação ao grupo Experimental, na Figura 6.8 também é possível notar que para as 3 primeiras unidades a pontuação com maior frequência foi 3, indicando que a maioria dos alunos conseguiu atingir o nível cognitivo de Aplicação. Enquanto que para o último tópico, sobre melhoria de processos, a maioria apenas atingiu o nível 2, de Compreensão.

Já no grupo de Controle, para as primeiras unidades a maior frequência de pontuação foi 2, para o nível de Compreensão. No entanto, para a última unidade, a maior ocorrência foi zero, indicando que a maior parte dos alunos deste grupo sequer atingiram o nível de Conhecer para este tópico. Além disso, o grupo Controle teve uma grande carga de aulas teóricas. É possível que os alunos visualizem desconexões entre as tarefas de casa e os projetos, e entre os projetos e as aulas. Resultando em uma pontuação mais baixa do que aqueles que estavam no grupo Experimental.

Ao considerar a motivação do aluno para aprender CEP, observou-se que a maioria dos alunos acredita que aprender o tópico é importante. No entanto, alguns estudantes não perceberam a importância deste tópico avançado da ES. Esse problema pode explicar algumas das pontuações mais baixas obtidas pelo grupo controle. Portanto, nesse caso, a própria abordagem de ensino pode não ser responsável por esses resultados.

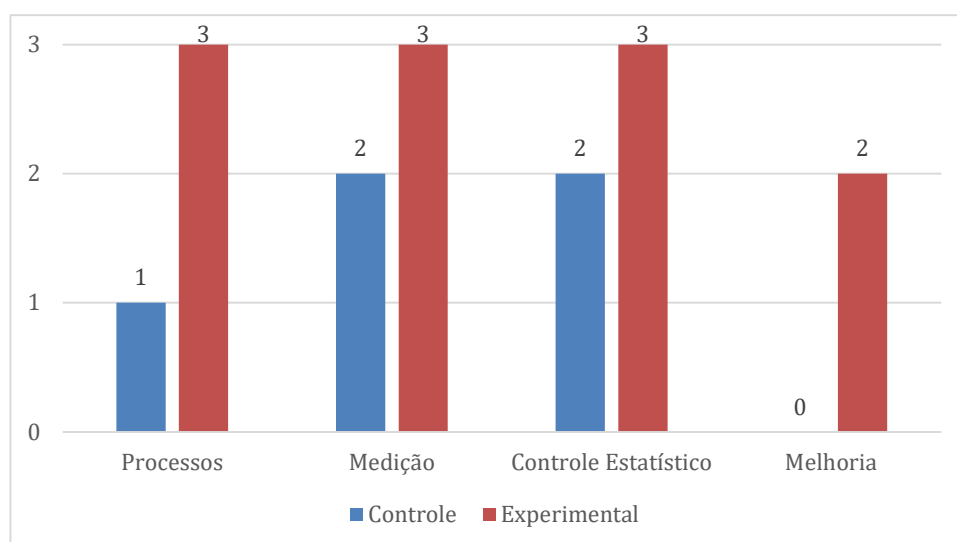


Figura 6.8 - Comparativo da moda entre o Grupo Experimental e Grupo de Controle

Em relação à percepção de adequação da disciplina (Y.5 – relevância, suficiência, abordagem e motivação), foi possível observar que o grupo experimental considerou a disciplina mais adequada em relação à suficiência (Y.5.2) do que o grupo controle.

As variáveis de adequação (Y.5.3) e motivação (Y.5.4) receberam respostas mais positivas pelo grupo experimental do que pelo grupo controle. Isto pode ter ocorrido pela abordagem proposta fornecer um ambiente onde os estudantes estão imersos na prática e recebendo *feedback* de seus pares e do professor (ensino multidirecional), diferentemente das aulas expositivas tradicionais, normalmente unidirecionais (professor para o estudante).

Desta forma, o aprendizado deu-se de forma funcional, a partir de problemas reais, tornando a abordagem escolhida mais adequada para o ensino, o que pode tornar o aprendizado da disciplina mais atrativo e mantendo os alunos mais motivados ao longo da disciplina.

Em relação ao *feedback* dos alunos do grupo experimental (Y.6), estes alunos consideram que a abordagem de ensino proposta teve uma boa integração entre o ensino teórico e o prático, que as atividades planejadas tinham um nível adequado de complexidade, não limitavam a criatividade nas soluções e que tornou o processo de aprendizagem divertido e desafiador, mantendo-os motivados até o final.

Como forma de se entender melhor estes resultados, foi perguntando adicionalmente aos alunos se as dinâmicas e jogos aplicados (Capítulo 5) foram suficientes para praticar

e internalizar os conteúdos aprendidos durante uma unidade do curso. A Figura 6.9 resume todas as repostas obtidas.

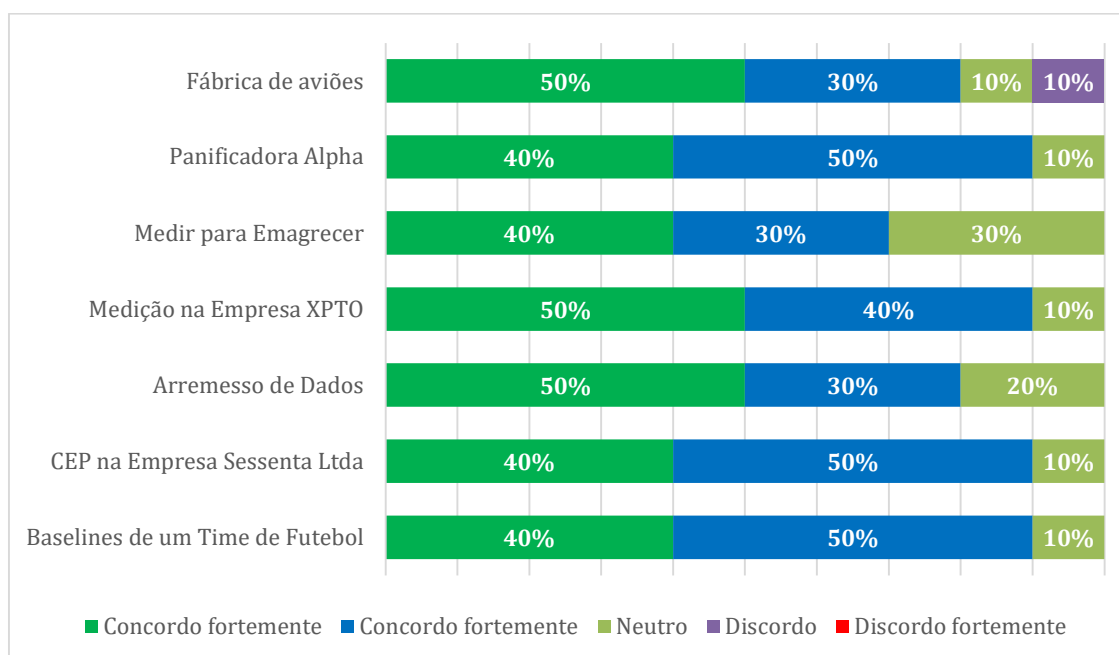


Figura 6.9 – Percepção dos alunos sobre as dinâmicas realizadas

Tal resultado é apoiado pelos pontos fortes definidos pelos alunos, que citaram principalmente as aulas práticas, o uso de jogos e dinâmicas, e o aprendizado colaborativo e dinâmico. No entanto, apesar da quantidade majoritária de respostas positivas para as variáveis coletadas, é interessante comentar mais a fundo sobre os resultados obtidos para as variáveis Y.6.2.

A variável Y.6.2 diz respeito à adequação das atividades de aprendizagem em relação ao tempo disponível de aula, onde 37% dos alunos consideraram as atividades extensas demais para serem realizadas no tempo planejado.

Porém, é possível que isto tenha ocorrido não pela complexidade do trabalho exigido dos alunos e sim pela quantidade de trabalho necessário. Por exemplo, o encontro do dia 5 apresentava uma atividade prática que exigia do aluno construir e analisar cerca de 12 gráficos de controle e suas *baselines*, tornando este trabalho difícil de ser realizado no tempo proposto mesmo para os alunos mais capazes.

Em relação aos pontos fracos citados pelos alunos (Y.8), um deles já era esperado pela quebra do paradigma fornecido pela abordagem de ensino extremamente focada no aluno. A limitação citada é que foram realizadas poucas aulas expositivas sobre o

conteúdo abordado durante a disciplina. Assim, fica um indicativo que um bom equilíbrio entre horas teóricas e atividades práticas podem melhorar os resultados obtidos. Como forma de melhorar este ponto, pensa-se que uma maior atuação do professor como mentor durante as atividades de aprendizagem projetadas pode ajudar a melhor internalizar o conhecimento e, assim, permitir que os alunos atinjam o nível de aplicação dos conceitos aprendidos. Novos estudos serão desenvolvidos para determinar melhor os perfis de preferências de aprendizado que melhor se ajustam à abordagem de ensino proposta.

Outro ponto fraco citado diz respeito ao tempo limitado disponível para realizar as atividades, conforme já discutido acima. Assim, uma revisão de todas as atividades de aprendizagem será realizada para diminuir a quantidade de trabalho requerido do aluno, tornando a execução de qualquer atividade possível dentro do intervalo de tempo inicialmente planejado. A intenção é que as atividades apresentem aos alunos as tecnologias e o trabalho em equipe, mas isso pode se perder em prazos agressivos. Vale ressaltar que o período de 7 dias de conclusão do curso foi adotado para facilitar a execução do experimento. O professor que optar por ensinar a matéria com base na abordagem desenvolvida, pode optar por diluir as aulas e atividades ao longo de um semestre. O que pode diminuir essa fraqueza.

Além disso, alguns alunos citaram como fraqueza a dificuldade de entender assuntos mais complexos. Como afirmado anteriormente, isso pode ser uma limitação das preferências de aprendizagem desses alunos que não se dão bem com abordagens autodidatas. Como também pode ser uma falha na abordagem de ensino. Uma solução para isso seria incluir novas e melhores vídeo aulas e artigos, como forma de superar essa dificuldade. Novamente, são necessários mais estudos para aprofundar o problema e sua possível solução.

Apesar dos bons resultados, houveram equipes disfuncionais que não trabalharam bem juntas, e conflitos pessoais podem ter comprometido a pontuação.

6.7 Ameaças à Validade

Quaisquer resultados positivos obtidos no experimento devem ser vistos com certa cautela em relação a sua generalização. A prioridade dos tipos de validade é definida de acordo com os objetivos da experimentação. Segundo Travassos (2002), para os experimentos aplicados, que comportam a maioria dos experimentos de Engenharia de

Software, a ordem da importância dos tipos da validade é: interna, externa, construção e conclusão. Assim, para o experimento definiu-se os tratados nas subseções seguintes.

6.7.1 Validade Interna

A validade interna define se o relacionamento observado entre o tratamento e o resultado é causal e não resultado da influência de outro fator que não é controlado ou mesmo não foi medido. Para o experimento, algumas possíveis ameaças à validade interna são identificadas em torno do fato dos grupos puderem comportar-se de forma diferente como resultado de algum fator de confusão do *background* dos alunos, ou até mesmo um efeito da própria instrumentação e da maturação.

Como tentativa de diminuir a influência do fator de confusão, os grupos foram divididos de forma aleatória, a partir de um sorteio que foi capaz de fazer com que o grupo de controle e o grupo experimental fossem estatisticamente equivalentes.

Quanto à maturação, ela pode ter ocorrido a partir de atividades de aprendizagem não planejadas pelo experimento, a partir da própria iniciativa do aluno em buscar mais informações sobre o conteúdo. Como uma forma de tentar diminuir a influência deste fator, os participantes foram instruídos a não estudar ou trabalhar questões que não estivessem dentre as atividades planejadas para o experimento. Os participantes do grupo de Controle também foram instruídos a não consultarem o material de apoio disponível ao grupo experimental. Porém, não há nenhuma maneira de monitorar este comportamento e garantir que os alunos realmente seguiram estas instruções. Por outro lado, também não é possível garantir que os alunos gastaram as horas extraclasse planejadas para o estudo do material de apoio

A ameaça interna por instrumentação poderia ocorrer se os mesmos autores que tivessem aplicado o teste fosse os que fizessem a análise dos dados. Contudo, os autores tiveram o cuidado de definir previamente a função única de cada na coleta e análise dos dados.

Assim, como uma forma de diminuir a influência de fatores subjetivos durante a correção da avaliação prática, todos os testes passaram por uma correção feita em pares. Nesta correção, os dois avaliadores não recebiam nenhuma informação sobre o participante. Assim, apesar dos ganhos médios terem sido estatisticamente significativos para a H01 e H02b, é possível que estes resultados não sejam mérito da aplicação do

tratamento por si só, podendo em parte, envolver uma regressão à média (Campbell e Stanley, 1963).

Ainda em relação à instrumentação, como os pré e pós-teste foram compostos por questões idênticas, existe um risco de que a aprendizagem possa ter sido conseguida por meio da repetição do próprio teste. No entanto, pelas notas atingidas no pré-teste e pelo fato dos participantes apenas receberem suas notas ao término do experimento, acredita-se que esta ameaça tenha sido diminuída durante o experimento.

Outra ameaça envolvendo a instrumentação pode ser em decorrência da própria abordagem prática da disciplina ofertada ao grupo experimental, possibilitando um maior entendimento de como os conteúdos do Controle Estatístico de Processos são aplicados aos problemas reais de uma organização.

Há também o fato de dois professores terem ministrado o curso, cada um em seu respectivo grupo. Esta decisão de *design* do experimento pode ter acarretado em um grupo aprender menos que o outro não pelo efeito da abordagem em si, e sim pela profundidade do conhecimento do professor do grupo. Os professores tem como perfil um mestre em Ciência da Computação e um Mestrando em Educação. Como forma de superar esse problema os professores trabalharam juntos durante toda a fase de planejamento.

6.7.2 Validade Externa

A validade externa define as condições que limitam a habilidade de generalizar os resultados de um experimento para outras populações em diferentes contextos. Assim, no contexto do experimento que ocorreu em um contexto acadêmico. Desta forma, os resultados só podem ser generalizados limitados pelo contexto acadêmico.

Há ainda o fato de que o experimento foi realizado com uma amostra pequena de participantes e, até o momento, não foi replicado em outras populações ou por outros grupos em outras universidades. Estes fatores dificultam ainda mais a generalização dos resultados obtidos. Também foi considerado que os alunos deveriam ter concluído as disciplinas de Engenharia de Software e de Probabilidade e Estatística como pré-requisito para participar do experimento, então os resultados podem ser diferentes em situações em que os alunos não tenham estes conhecimentos prévios. Além disso, o grupo utilizado para a avaliação não incluiu nenhum engenheiro de software formado e atuante, portanto pode não refletir os resultados positivos obtidos para o treinamentos

deste público-alvo. No entanto, ter uma amostra pequena e de alunos de graduação foi uma decisão necessária para garantir que o experimento pudesse ser realizado.

A abordagem de ensino proposta, utilizada no tratamento do grupo experimental, buscou imergir o aluno na aplicação prática dos conceitos aprendidos, porém, apesar deste objetivo, as atividades eram bastante didáticas e baseadas em cenários reais simplificados e que não necessariamente representavam o contexto de uma fábrica de software. Desta forma, não existem garantias de que as habilidades adquiridas realmente serão refletidas em um ambiente real de desenvolvimento de software.

6.7.3 Validade de Construção

A validade de construção considera os relacionamentos entre a teoria e a observação, ou seja, se o tratamento reflete a causa e o resultado reflete o efeito. Os potenciais efeitos do aprendizado foram medidos comparando o resultado obtido pela turma de controle com o resultado da turma experimental, tal metodologia pode não ser o suficiente para medir o real efeito da aprendizagem em relação ao nível de aplicação. Assim, não se pode afirmar que os participantes aprenderam a utilizar estes novos conhecimentos adquiridos em um contexto diferente do utilizado durante o experimento.

Em relação às variáveis Y.5 e Y.6, pode haver uma ameaça em relação às suas medidas, tendo em vista que tratam de assuntos subjetivos que são difíceis de medir. A avaliação subjetiva destas variáveis pode ser ainda uma ameaça em especial à validade, já que os alunos ainda estão sendo treinados e aprendendo e, talvez, não tenham discernimento suficiente para realizarem sozinhos julgamentos mais adequados. Tal ameaça é mais evidente na variável Y.5.2, que trata sobre a suficiência da abordagem.

6.7.4 Validade de Conclusão

A validade de conclusão é relacionada com a habilidade de chegar a uma conclusão correta a respeito dos relacionamentos entre o tratamento e o resultado do experimento. O *Simpson's Paradox* é um fenômeno que pode acontecer quando uma tendência, que aparece em diferentes grupos de dados, desaparece quando estes dados são reunidos, surgindo uma nova tendência a partir deste novo conjunto de dados agregados. Esta é uma potencial ameaça que pode ter ocorrido neste experimento.

Apesar disto, mesmo agrupando todos os dados coletados pelos dois grupos participantes deste experimento, a amostra ainda permanece muito pequena. Neste

contexto, não se pode demonstrar qualquer relação estatística válida. Como forma de contornar esta deficiência, um teste estatístico mais robusto foi adotado, onde se aceitou um baixo poder estatístico. Esta estratégia já foi tomada em outros estudos similares (Chaves *et al.*, 2015; Pfahl *et al.*, 2003; Wangenheim *et al.*, 2009).

6.8 Considerações Finais

Este capítulo abordou as estratégias usadas no estudo da experimentação da proposta deste trabalho. No experimento foram definidos os objetivos e as questões usadas para a medição, assim como um conjunto de métricas para caracterizar a análise destas questões. Posteriormente, o plano de execução do estudo experimental foi especificado contemplando as hipóteses, a instrumentação, o contexto de realização, as variáveis usadas na análise dos resultados, os critérios para a observação da análise qualitativa e quantitativa, e o fluxo contendo as fases que serviram como guia da execução. Relatou-se, ainda, toda a operação prática do experimento realizado e a coleta dos dados puros resultantes do preenchimento dos artefatos do experimento. Por fim, a análise e a interpretação destes dados a partir da estatística, análise qualitativa e quantitativa foi feita, para a verificação final das hipóteses previamente planejadas.

Os resultados do estudo forneceram um indicador inicial de que a abordagem proposta para o ensino de Controle Estatístico de Processos atinge um melhor efeito sobre a aprendizagem para o nível de aplicação quando comparada a aulas baseadas no ensino tradicional como principal método instrucional.

Apesar dos resultados serem estatisticamente significativos, novos estudos ainda são necessários para investigar as potenciais diferenças quando a abordagem for comparada a outros métodos instrucionais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais e contribuições do trabalho realizado para a área de Engenharia de Software no contexto do Controle Estatístico de Processos, bem como os trabalhos futuros a serem realizados neste contexto.

7.1 Sumário do Trabalho

O trabalho realizado focou no ensino das práticas do Controle Estatístico de Processos para cursos superiores de Computação. Como ponto de partida, utilizou-se o referencial teórico dos guias do CMMI-DEV e MR-MPS-SW como “norte” para se descobrir quais as competências esperadas de um engenheiro de software que vá trabalhar com o Controle Estatístico de Processos. Nesta etapa foi possível identificar 13 competências necessárias, descritas nos Capítulos 3 e 4.

Com estas competências identificadas um *survey* foi realizado entre engenheiros de software para descobrir quais destas competências são importantes em suas organizações de software. Como resultado uma grande parte dos participantes da pesquisa elencaram as 13 competências como muito úteis ou essenciais para desenvolver as atividades do CEP em suas organizações. Complementarmente, também foi perguntado a estes profissionais quais destas competências foram adquiridas durante seus anos de formação na graduação. Neste ponto, as respostas positivas já não foram tão representativas, onde a maioria dos participantes afirmou não ter adquirido estas habilidades na graduação.

Como forma de comparar estes resultados com o ponto de vista da academia, um *survey* também foi aplicado para professores de engenharia de software e alunos concluintes das disciplinas da engenharia de software. Novamente foi possível evidenciar a falta de preocupação da academia em ensinar os tópicos do CEP para os alunos ingressos em cursos de Computação. Ao término desta etapa ficou clara a

importância das competências identificadas e a falta de alinhamento entre a visão da indústria com a visão da academia.

Com o insumo das competências descobertas e validadas pelos profissionais, a abordagem de ensino começou a ser definida. As competências serviram para identificar os conteúdos que deveriam ser ensinados e, a partir dos trabalhos relacionados no referencial teórico, foi possível definir os métodos instrucionais que seriam utilizados pela abordagem, de acordo com os sugeridos pelos trabalhos de outros autores da comunidade.

Por fim, como forma de avaliar se a abordagem de ensino desenvolvida atingia melhores resultados na aprendizagem do aluno (no nível de aplicação), um experimento formal foi conduzido comparando o resultado obtido por dois grupos de alunos. Um grupo, o controle, recebeu a disciplina a partir de aulas expositivas tradicionais. O outro grupo, o experimental, passou pela intervenção proposta e recebeu a abordagem desenvolvida por este trabalho. Ao final foi possível comparar que os alunos do grupo experimental obtiveram médias maiores que os alunos que não passaram pela intervenção.

A principal contribuição científica deste trabalho é a abordagem para o ensino do CEP em cursos de computação, junto ao planejamento da disciplina e suas atividades.

7.2 Análise dos Resultados

A seguir são apresentadas algumas contribuições obtidas durante o desenvolvimento deste trabalho:

- Competências – identificar as competências e habilidades necessárias para trabalhar com o Controle Estatístico de Processos foi um passo importante para o início desse trabalho. Através destas competências foi possível validá-las junto aos profissionais da área e definir quais seriam os conteúdos abordados por uma disciplina que queira ensinar o CEP;
- *Survey* – o *survey* foi importante para, além de validar as competências elencadas, comprovar que a indústria utiliza o Controle Estatístico de Processos e considera importante que seus profissionais possuam estas habilidades. Em contrapartida, o *survey* também permitiu perceber que a

academia não dá esta mesma importância para o ensino do CEP, comprovando a importância da iniciativa deste trabalho;

- Abordagem – a abordagem de ensino proposta é o produto principal deste trabalho. A partir dela é possível sanar esta diferença de pensamento entre a indústria e a academia no que diz respeito ao Controle Estatístico de Processos. A abordagem é composta pelo método de ensino, pelo conteúdo programático da disciplina e pelos métodos instrucionais utilizados. A ideia é que ela possa compor uma unidade de uma disciplina de engenharia de software, onde o professor será responsável por selecionar os tópicos e instrumentos que serão utilizados, ou que ela possa ser utilizada na íntegra em uma disciplina específica para o CEP;
- Experimento – o experimento foi uma etapa para avaliar o apoio à aprendizagem fornecido pela abordagem, obtendo, assim, um elevado grau de adequação ao contexto proposto, segundo a avaliação dos participantes;
- Artigos Produzidos:
 - Uma primeira proposta desta tese de doutorado foi publicada no artigo “Uma Abordagem de Ensino para o Controle Estatístico do Processo nos Cursos de Ciência da Computação” (Furtado e Oliveira, 2016a) no IX Fórum de Educação em Engenharia de Software no XXX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2016;
 - A proposta refinada e final da tese foi publicada no artigo “*A Strategy for Statistical Process Control Education in Computer Science*” (Furtado e Oliveira, 2016b) na *11th International Conference on Software Engineering Advances*, Itália, Qualis B5;
 - Os resultados obtidos com o *survey* do Capítulo 4 foram publicados no artigo “*A Study on Perception of the Usefulness of Statistical Process Control in Software Development Organizations: An Application of Survey*” (Furtado e Oliveira, 2017) na *14º CONTECSI – International Conference on*

Information Systems and Technology Management, São Paulo, Qualis B4;

- Um resumo da metodologia no Capítulo 5 foi publicado no artigo “*A Methodology to Teaching Statistical Process Control for Software Engineers: An Overview*” (Furtado e Oliveira, 2018a) na *40th International Conference on Software Engineering*, Sweden, Qualis A1;
- A metodologia foi publicada por completo no artigo “*A Methodology to Teaching Statistical Process Control in Computer Courses*” (Furtado e Oliveira, 2018b) na *International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering – ENASE*, Portugal, Qualis B2;
- Um resultado parcial do experimento foi publicado no artigo “*Evaluating Students’ Perception of their Learning in a Student-Centered Software Engineering Course – A Experimental Study*” (Furtado e Oliveira, 2018c) na *13th International Conference on Software Technologies*, Portugal, Qualis B1;
- O experimento apresentado na qualificação desta tese foi publicado no artigo “*An Experimental Evaluation of a Teaching Approach for Statistical Process Control for Software Engineers – A Experimental Study*” (Furtado e Oliveira, 2019) na *14th International Conference on Software Technologies*, República Tcheca, Qualis B1;
- O experimento apresentado no Capítulo 6 foi publicado no artigo “*An Experimental Evaluation of a Teaching Approach for Statistical Process Control in Computer Courses*” na revista *International Journal of Information and Communication Technology Education – IJICTE*, Volume 17, Issue 1, Artigo 10, Qualis B2;

7.3 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros para esta abordagem ainda espera-se ainda comparar a abordagem de ensino utilizado com outras abordagens de ensino. Por exemplo, avaliar

se os ganhos de aprendizagem são melhores através da abordagem ou através de uma abordagem que faça apenas o uso de PBL ou o uso de Jogos Sérios.

Pretende-se também implementar um software que sistematize a abordagem de ensino, assim como os jogos e práticas utilizados. Este software será composto por uma visão web, para o professor acessar e planejar a disciplina, e um app móvel para os alunos acessarem e executarem as atividades e jogos.

A metodologia aplicada para desenvolver este trabalho está servindo de estratégia para elaborar abordagens e ensino para outras disciplinas da Engenharia de Software. Por exemplo, o trabalho de Guerra e Furtado (2019) já é uma aplicação desta estratégia para desenvolver uma disciplina focado ao ensino da Engenharia de Requisitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES, **Brazilian software market: scenario and trends**, in Brazilian Software Market and Services 2019, 1st ed. São Paulo, Brazil: Brazilian Association of Software Companies, 2019.

ACM/IEEE. **Computer science curricula 2013**. Curriculum guidelines for undergraduate degree programs in Computer Science. December 20, 2013.

ALHASSAN, M. A. E JAWAWI, D. N., **Sequential Strategy for Software Process Measurement that Uses Statistical Process Control**, in: 8th Malaysian Software Engineering Conference (MySEC), pp. 37-42, 2014.

AMARAL, S. F.; BARROS, D. M. V. **Estilos de aprendizagem no contexto educativo de uso das tecnologias digitais interativas**, 2007. In: Simpósio Internacional sobre Novas Competências em Tecnologias Digitais Interativas na Educação, 1, 2007, São José dos Campos.

BARCELLOS, M. **Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de medidas para Controle Estatístico do Processo de Software em Organizações de Alta Maturidade**, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

BARCELLOS, M., FALBO, R. E ROCHA, A., **Establishing a Well-Founded Conceptualization about Software Measurement and High Maturity Levels**, in: 2010 7th International Conference on the Quality of Information and Communication Technology, pp. 467-472, 2010.

BARROS, Daniela. **Estilos de Aprendizagem e as tecnologias: Guias didáticos para o ensino fundamental**. 2014.

BASILI, V. R., CALDIERA, G. e ROMBACH, H. D. **Goal/question/metric approach**. In: MARCINIAK, J. (ed) Encyclopedia of software engineering. New York: John Wiley & Sons, v. 1, p.528-532, 1994.

BESSA, B., CUNHA, M. e FURTADO, F. **ENGSOFT: Ferramenta para Simulação de Ambientes Reais para auxiliar o Aprendizado Baseado em Problemas (PBL) no Ensino de Engenharia de Software**. Anais do XX Workshop sobre Educação em Informática. Curitiba: 2012.

BRAGA, **Guidelines for the interdisciplinary teaching of Software Engineering**, in Proceedings of II Forum on Education in Software Engineering, Fortaleza, Brazil, 2009.

BLOOM. **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals**. Handbook I, Cognitive Domain: Longmans, 1956.

- BOBER, P. and ZGODAVOVÁ, K. **Education web tool for Statistica Process Control**. 14th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2011) 11th International Conference Virtual University (vu'11), 2011.
- BORDENAVE, J. E. D. **A opção pedagógica pode ter conseqüências individuais e sociais importantes**. In: Revista de Educação AEC, nº 54, 1984, pp. 41-5.
- BOFFOLI, N., BRUNO, G., CAIAVANO, D. E MASTELLONI, G., **Statistical Process Control for Software: a Systematic Approach**, Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering, pp. 288-293, 2008.
- BOTHE, D.R. **Measuring process capability**. New York: McGraw-Hill; p.38, 265, 270, 1997.
- CAMPBELL, D. T. e STANLEY, J. C. **Experimental and quasi-experimental designs for research**. Houghton Mifflin Company, Boston, MA, 1963.
- CASTRO, J., GIMENES, I. E MALDONADO, J. **A proposal for pedagogical plan for the Software Engineering discipline**, II quality course of undergraduate of Computing and Informatics area, Curitiba, Brazil, pp. 251-270, 2000.
- CHAVES, R. O., WANGENHEIM, C. G. V., FURTADO, Julio C., OLIVEIRA, Sandro Ronaldo Bezerra, SANTOS, A. e FAVERO, E. L. **Experimental Evaluation of a Serious Game for Teaching Software Process Modeling**. IEEE Transactions on Education, vol. PP, no. 99, 2015.
- CMMI INSTITUTE. **Published Appraisal Results (PARS 2020)**. Disponível em: www.cmmiinstitute.com/pars.
- COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. Routledge Falmer, 2000.
- CRONBACH, L. J. **Coefficient alpha and the internal structure of tests**. Psychometrika, n. 16, p. 297-334, 1951.
- DEMING, W. **Out of the Crises**, Massachusetts Institute of Technology, Center of Advanced Engineering, Cambridge, 1986.
- DEMPSEY, J. V.; LUCASSEN, B.; RASMUSSEN, K. **The instructional gaming literature: implications and 99 sources**, tech. report 96-1. College of Education, Univ. of South Alabama, 1996.
- DYM, C., AGOGINO, A., ERIS, O., FREY, D. E LEIFER, L. **Engineering Design Thinking**, Teaching, and Learning. Journal of Engineering Education, 94(1), pp 103–120, 2005.
- FERNÁNDEZ-CORRALES, C., JENKINS, M. E VILLEGAS, J., **Application of Statistical Process Control to Software Defect Metrics: an Industry Experience Report**, in: 2013 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, pp. 323-331, 2013.
- FLORAC, A. E CARLETON, A. **Measuring the Software Process**, Addison-Wesley, 1999.
- FLEMING, N. D., AND MILLS, C. **Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection. To Improve the Academy**, v. 11, Cap. 1, p. 137, 1992.

FRY, Ronald; KOLB, David, **Experiential Learning Theory and Learning Experiences in Liberal Arts Education**. 1979. *Service Learning, General*. 109.

FURTADO, JULIO C., OLIVEIRA, S. R. B. **An Experimental Evaluation of a Teaching Approach for Statistical Process Control for Software Engineers – A Experimental Study**, In: 14th International Conference on Software Technologies, Prague – Czech Republic, 2019.

FURTADO, JULIO C.; OLIVEIRA, S. R. B. **Evaluating Students’ Perception of their Learning in a Student-Centered Software Engineering Course – A Experimental Study**, In: 13th International Conference on Software Technologies, Porto, Portugal, 2018c.

FURTADO, J. AND OLIVEIRA, S. **A Methodology to Teaching Statistical Process Control in Computer Courses**. 13th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, Portugal, 2018b.

FURTADO, Julio C.; OLIVEIRA, S. R. B. **A Methodology to Teaching Statistical Process Control for Software Engineers: An Overview**. In: 40th International Conference on Software Engineering, Gothenburg, Sweden, 2018a.

FURTADO, JULIO C. E OLIVEIRA, SANDRO. **A Study on Perception of the Usefulness of Statistical Process Control in Software Development Organizations: An Application of Survey**. 14° CONTECSI – International Conference on Information Systems and Technology Management, São Paulo – SP, 2017.

FURTADO, JULIO C.; OLIVEIRA, SANDRO RONALDO BEZERRA . **Uma Abordagem de Ensino para o Controle Estatístico do Processo nos Cursos de Ciência da Computação**. IX Fórum de Educação em Engenharia de Software no XXX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Maringá – PR, 2016.

FURTADO, Julio C.; OLIVEIRA, S. R. B. . **A Strategy for Statistical Process Control Education in Computer Science**. 11th International Conference on Software Engineering Advances, 2016.

GAMO, Javier. **Assessing a Virtual Laboratory in Optics As a Complement to On-Site Teaching**. IEEE Transactions on Education, Vol 62, Issue 2, 2019.

GARCÍA, F., SERRANO, M., CRUZ-LEMOS, J., RUIZ, F. E PIATTINI, M. **Managing Software Process Measurement: A Metamodel-Based Approach**, Information Sciences, v. 177, n. 12, pp. 2570-2586, 2007.

GARG, K. E VARMA, V. **Software Engineering Education in India: Issues and Challenges**. Proceedings of 21st Conference on Software Engineering Education and Training, Charleston, pp., 110-117, 2008.

GARY, K., LINDQUIST, T., BANSAL, S. E GHAZARIAN, A. **A Project Spine for Software Engineering Curricular Design**. In Proceedings of 26th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET), pp. 299-303, 2013.

GNATZ, M. et al. **A Practical Approach of Teaching Software Engineering**. Proceedings of the 16th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET’03). Madrid: IEEE. 2003. p. 120-128.

GROTH, D. E ROBERTSON, E. **It's All About Process: Project-Oriented Teaching of Software Engineering**, in Proceedings of the Fourteenth Conference on Software Engineering Education and Training. Charlotte, USA, pp 7-17, 2001.

GUERRA, ANDERSON; FURTADO, JULIO C.. **A Practical Approach to Teaching Requirements Engineering in Computing Programs**, In: 14th International Conference on Software Engineering Advances, Espanha, 2019.

HADIM, H. E ESCHE, S. **Enhancing the engineering curriculum through project-based learning**. Proceedings of 32nd Frontiers in Education Conference. Boston, USA, Section F3F, pp 1-6, 2002.

HAZZAN, O. E DUBINSKY, Y. **Teaching a software development methodology: The case of Extreme Programming**, 16th Conference on Software Engineering Education and Training, Madrid, Spain, pp. 176-184, 2003.

HAWKER, J. **A Software Process Engineering Course**. Proceedings of the 2009 American Society for Engineering Education Annual Conference. Austin, TX, 2009.

JACCHERI, M. L. E LAGO, P. **Applying Software Process Modeling and Improvement in Academic Setting**. Proceedings of the 10th Conference on Software Engineering Education & Training, Virginia Beach, Virginia, IEEE Computer Society Press, pp 13-27, 1997.

JOHNSON, D. **Using Paper Helicopters to Teach Statistical Process Control**. Decision Sciences Journal of Innovative Education, vol 9, n. 9, 2011.

JONES, M. P., HAWKINS, R. S. and SMITH, R. **Enhancing student understanding of Control Charts using a dice activity**, The Technology Interface, Spring, 2008.

KITCHENHAM, B. AND PFLEEGER, S. **Personal Opinion Surveys, in Guide to Advanced Empirical Software Engineering**, Springer, 2008.

KNIBERG, H. **Scrum e XP direto das Trincheiras**. InfoQ, 2008. Disponível em: <<http://infoq.com/br/minibooks/scrum-xp-from-the-trenches>>. Acesso em: Agosto 2017.

KOLB, D. **Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development**. NJ: Prentice-Hall, 1984.

KOLB, D. A. **On Management and the Learning Process**. California Management Review, 1976, 18 (3), 21-31.

KOLB, D. A., and FRY, R. **Toward an Applied Theory of Experiential Learning**. In G. Cooper (Ed.), Theories of Group Processes. London: Wiley, 1975.

KONRATH, A., HENNING, E., WALTER, O., ALVES, C. and SAMOBYL, R.. **Applications in Teaching Statistical Quality Control with different R interfaces**. 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013.

KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: Ed. Gente; 1993. p.98-148.

LANTZY, M. A. **Application of Statistical Process Control to the Software Process**, In: Proceedings of the 9th Washington Ada Symposium on Empowering Software Users and Developers, ACM Press, pp. 113-123, 1992.

LEAL, G., STADZISZ, P., ALMEIDA, C., PEREZ, M., REINEHR, S. and MALUCELLI, A. **Empirical study about the evaluation of the implantation of MPS.Br in enterprises of Paraná.** In Proceedings of XXXVIII Conferencia Latinoamericana en Informatica, pp. 1-9, 2012.

LETHBRIDGE, T. **What knowledge is important to a software professional?**, Journal Computer, 33(5), IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, pp 44-50, 2000.

LETHBRIDGE, T., DIAZ-HERRERA, J., LEBLANC, R. E THOMPSON, J., **Improving software practice through education: Challenges and future trends**, Conference Future of Software Engineering, Minneapolis, MN, pp.12-28, 2007.

LIBÂNEO, J. C. **Tendências pedagógicas na prática escolar.** In: Revista da Ande, nº 06, 1982, pp. 11-9.

LIMA, A.A.N., LIMA, J.R., SILVA, J.L., ALENCAR, J.R.B., SOARES-SOBRINHO, J.L., LIMA, L.G., E ROLIM-NETO, P.J. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Indústria Farmacêutica.** Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, v. 27, n. 3, p. 177-187, ISSN 1808-4532, 2006.

LOPES, W. M. G. ILS. **Inventário de estilos de aprendizagem de Felder-Soloman: investigação de sua validade em estudantes universitários de Belo Horizonte.** 2002. 85f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LUCIA, Ana, SONAGLIO, Ana, LAZZARETTI, Kellen & PEREIRA, Iselda. **Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo entre discentes do curso de administração e dos cursos de tecnologia em gestão.** Race: Revista de Administração, Contabilidade e Economia. 12. p. 45-80, 2013.

MALIK, B.; ZAFAR, S. **A Systematic Mapping Study on Software Engineering Education.** International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering, v. 6, n. 11, p. 3343-3353, 2012.

MARQUES, M. R.; QUISPE, A.; OCHOA, S. F. **A Systematic Mapping Study on Practical Approaches to Teaching Software Engineering.** Frontiers in Education Conference. Madrid: IEEE. 2014. p. 1-8.

MILLS, J. E TREAGUST, D. **Engineering education: is problem-based or project-based learning the answer?**, Australasian Journal of Engineering Education, pp. 2-16, 2004.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino: As Abordagens do Processo.** São Paulo: Epu, 1986.

MONSALVE, E.; WERNECK, V.; LEITE, J. **SimulES-W: Um Jogo para o Ensino de Engenharia de Software.** Anais do III Fórum de Ensino de Engenharia de Software (FEES). Salvador: 2010.

MONTGOMERY, D., **Introduction to Statistical Quality Control.** John Wiley & Sons, 2007.

NEUBAUER, D. **Understanding Process Capability: The Difference Between Capability and Control,** ASTM Standardization New, May/June, 2011.

- NUNES, D. J., YAMAGUTI, M. H. E NUNES, I. **Refinement of student competences of the software engineering course**. IX Forum on Education in Software Engineering, p. 143-146, 2016.
- O'LEARY, C., LAWLESS, D., GORDON, D., HAIFENG, L., AND BECHKOUM, K., **Developing a Software Engineering Curriculum for the Emerging Software Industry in China**, 19th Conference on Software Engineering Education & Training (CSEET'06), pp. 115-122, 2006.
- OHLSSON, L.; JOHANSSON, C. **A Practice Driven Approach to Software Engineering Education**. IEEE Transactions On Education, August 1995. 291-295.
- PARANTHAMAN, D. **Controle de qualidade**. São Paulo: McGraw-Hill Ltda; 1990. p.118-212.
- PFAHL, D.; LAITENBERGER, O.; DORSCH, J.; RUHE, G. **An externally replicated experiment for evaluating the learning effectiveness of using simulations in software project management education**. *Empirical Software Engineering*, Kluwer Academic, The Netherlands, v.8, p.367-395, 2003.
- PINTO, G., STEINMACHER, I., AND GEROSA, M. **Training software engineers using open-source software: The professors' perspective**, in 30th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET), 2017, pp. 117–121.
- PINTON, D. H. **Controle estatístico de processo**. São Paulo, Rev IMES (40):35-8. 1997.
- PORTELA, C. **Um Modelo Iterativo para o Ensino de Engenharia de Software Baseado em Abordagens Focadas no Aluno e Práticas de Capacitação da Indústria**, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- PORTELA, C. S., VASCONCELOS, A. M. L. E OLIVEIRA, S. R. B. **FRAMES: A framework to teaching-learning the software engineering topics in ACM/IEEE and SBC curricula**. IX Forum on Education in Software Engineering, Maringá, Brazil, 2016.
- PRIKLADNICKI, R., ALBURQUEQUE, A., WANGENHEIM, C., E CABRAL, R., **Teaching software engineering: challenges, teaching strategies and lessons learned** in Proceedings of II Forum on Education in Software Engineering, Fortaleza, Brazil, 2009.
- RAMOS, A. ; FURTADO, J., OLIVERIA, S., SILVA, G. E BATISTA, A. . **The Statistical Process Control in Software Development Projects: A Systematic Review of Literature**. 14° CONTECSI – International Conference on Information Systems and Technology Management, São Paulo – SP, 2017.
- RAMOS, E. M. L. S. **Aperfeiçoamento e desenvolvimento de ferramentas do controle estatístico de qualidade – utilizando quartiz para estimar o desvio padrão**. Tese de Doutorado Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2003.
- RIEMER, Kai. **The beergame in business-to-business eCommerce courses – a teaching report**, 21th Bled eConference e Collaboration, Slovenia, 2008.

ROCHA, A., SOUZA, G. E BARCELLOS, M. **Medição de Software e Controle Estatístico de Processos**, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 232 p, Brasília – BR, 2012.

RODRIGUES, G., SORIA, A., AND CAMPO, M. **Measuring the impact of agile coaching on students' performance**, IEEE Trans. Educ., vol. 59, no. 3, pp. 202–209, Aug. 2016.

SANTOS, J. K.C. E BATISTA, N. S. **Controle estatístico de processo: uma ferramenta para validação do processo de envase**. Trabalho de Conclusão de Curso. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. LAFEPE – Laboratório Farmacêutico do Estado de Pernambuco; 2005

SANTOS, R. V. **Abordagens do Processo de Ensino e Aprendizagem**. Revista Integração, Rio Grande do Sul, v. XI, n. 40, p. 19-31, Jan/Fev/Mai 2005.

SANTOS, R. et al. **Ferramentas, Métodos e Experiências no Ensino de Engenharia de Software: um Mapeamento Sistemático**. Anais do III Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2014. p. 544-548.

SARGENT, J., **An overview of past and projected employment changes in the professional IT occupations**, Computing Research News, vol. 16, no. 3, pp. 1-21, 2004.

SAVI, R. **Avaliação de Jogos voltados para a Disseminação do Conhecimento**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento: Universidade Federal de Santa Catarina. p. 236. 2011.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**. São Paulo: Cortez, 1984.

SBC. **Currículo de Referência para cursos de graduação em Bacharelado em Ciência da Computação e Engenharia da Computação**, 2005.

SCHARF, A., AND KOCH, A. **Scrum in a software engineering course: An in-depth praxis report**, in Proc. 26th Int. Conf. Softw. Eng. Educ. Train. (CSEE T), San Francisco, CA, USA, 2013.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. Biometrika, London, v.52, p.591-609, 1965.

SHEWHART, W. **Economic Quality Control of Manufactured Product**, Bell System Technical Journal, vol. 9, pp. 364-389, 1930.

SHEWHART, W. **Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control**, Washington, D.C.: Graduate School of the Department of Agriculture (Reprinted in Mineola, N.Y.: Dover D. Publication, Inc., 1986), 1939.

SILVA, L. S. C. V. **Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios Lacatoplasa: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 1999.

SOARES, M. **An experience in teaching software engineering oriented practical work**, I Workshop on Computer Education, Vitória / Rio das Ostras, Brazil, 2004.

SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE, **CMMI® for Development, Version 1.3, Improving processes for developing better products and services**, No.CMU/SEI-2010-TR-033. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 2010.

SOFTEX, ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO, **MPS.BR – Guia Geral MPS de Software:2016**, 2016. Disponível em: www.softex.br.

SOFTEX, ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO, **iMPS 2020 - Evidências Sobre o Desempenho das Empresas que Adotaram o Modelo MPS-SW**, 2020. Disponível em: www.softex.br.

SOUZA, Mauricio, VEADO, Lucas, MOREIRA, Renata, FIGUEIREDO, Eduardo e COSTA, Heitor. **A systematic mapping study on game-related methods for software engineering education**. Information and Software Technology, N 95, p. 201–218, 2018.

TARAN, G. E ROSSO-LLOPART, **Software Engineering Education in Russia: A Comparative Study of People, Process and Technology: a Four Year Perspective**, 20th Conference on Software Engineering Education & Training (CSEET'07), 2007.

TARHAN E DEMIRORS, O. **Assessment of Software Process and Metrics to Support Quantitative Understanding**, Lecture Notes in Computer Science, v. 4895, pp. 102-113, 2008.

TOLEDO, J. C. **Qualidade industrial: concertos, sistemas e estratégias**. São Paulo: Atlas; p.124, 1987.

TRAVASSOS, G. H., GUROV, D. E AMARAL, E.. **Introdução à Engenharia de Software Experimental**, Relatório Técnico RT-ES-590/02 do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

ZYDA, M. **From visual simulation to virtual reality to games**. IEEE Computer, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, v. 38, n. 9, p. 25-32, 2005.

WAGNER, C. H. **Simpson's Paradox in Real Life**. The American Statistician. 36 (1), p. 46–48, 1982.

WANGENHEIM, C. E SILVA, D., **Qual o conhecimento da Engenharia de Software é importante para um profissional de software**, II Fórum de Educação em Engenharia de Software, Fortaleza, Brasil, 2009.

WANGENHEIM, C. G.; THIRY, M.; KOCHANSKI, D. **Empirical evaluation of an educational game on software measurement**. Empirical Software Engineering, Kluwer Academic Publishers Hingham, MA, USA, v. 14, n. 4, p.418-452, 2009.

WANGENHEIM, C. E HAUCK, J. **Teaching Software Process Improvement and Assessment**. Proceedings of 17th European Systems & Software Process (EuroSPI'2010). Grenoble, France, 2010.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG; v.2, p.197 -284, 1995.

WHEELER. D. E CHAMBERS, D. **Understanding Statistical Process Control**, Third Edition, SPC Press, Knoxville – TN, 2010.

WHEELER, D. E POLING, R. **Building Continual Improvement: A Guide for Business**, SPC Press, 1998.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. **Experimentation in software engineering - an introduction**. Kluwer Academic, Norwell, 2012.

APÊNDICE A – PLANEJAMENTO DAS UNIDADES DA DISCIPLINA

Planejamento da Unidade I

UNIDADE I – PROCESSOS E OBJETIVOS DE NEGÓCIO DA ORGANIZAÇÃO	
<i>Pré-requisitos</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • ACM/IEEE: SE/Software Processes; • SBC: Engenharia de Software; 	
<i>Questões norteadoras</i>	
<p>As questões norteadoras serão feitas aos alunos no primeiro contato da unidade, com o intuito de embasar o início da discussão do tema da unidade e aguçar a curiosidade do aluno sobre o assunto.</p> <p>Q1. Como garantir que todos os funcionários de uma organização executem uma tarefa da mesma maneira? (CP 1.1)</p> <p>Q2. Como descobrir o processo atual da organização? (CP 1.2, CP 1.3)</p> <p>Q3. Como um processo pode auxiliar na tomada de decisões da organização? (CP 1.4)</p> <p>Q4. Quais critérios devem ser considerados para elencar um processo como crítico para a organização? (CP 1.5)</p>	
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Estratégia de Ensino</i>
<p>1.1. Introdução à Processos</p> <p>1.1.1. Definição de Processos.</p> <p>1.1.2. Tipos de Processos: de negócio, organizacionais e gerenciais.</p> <p>1.1.3. Hierarquia do Processo: macroprocesso, processo, subprocesso e atividades.</p> <p>1.1.4. Representação gráfica de Processos</p> <p>1.1.5. Qualidade do Processo e do Produto</p>	<p>Este conteúdo será ministrado através de aulas tradicionais apoiadas pela leitura paralela de artigos científicos e videoaulas fornecidas aos alunos.</p> <p>Este material será fornecido previamente a aula, possibilitando que a aula tradicional funcione como um ambiente de reforço e o aluno tenha um conhecimento mais sólido para discutir o tema e possíveis dúvidas durante a aula.</p> <p>Desta forma, pretende-se atingir os alunos com estilo de aprendizagem textual, visual e auditivo.</p>
<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
O aluno deve conhecer os conceitos básicos e representação de processos	Conhecer
O aluno deve ser capaz de enxergar a relação entre a qualidade do processo e a qualidade do produto	Conhecer
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Estratégia de Ensino</i>
<p>1.2. Processos e a Estrutura Organizacional</p> <p>1.2.1. Fundamentos da estrutura e processos organizacionais</p>	<p>Este conteúdo será ministrado através de aulas tradicionais apoiadas pela leitura paralela de artigos científicos e videoaulas fornecidas aos alunos.</p>

<p>1.2.2. Tipos de Estruturas Organizacionais</p> <p>1.2.3. Integração de Processos</p>	<p>Este material será fornecido previamente a aula, possibilitando que a aula tradicional funcione como um ambiente de reforço e o aluno tenha um conhecimento mais sólido para discutir o tema e possíveis dúvidas durante a aula.</p> <p>Desta forma, pretende-se atingir os alunos com estilo de aprendizagem textual, visual e auditivo.</p>
<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
<p>O aluno deve ser capaz de enxergar a relação entre processos e a estrutura organizacional</p>	<p>Conhecer</p>
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Estratégia de Ensino</i>
<p>1.3. Definição e Implementação de Processos</p> <p>1.3.1. Identificação do Processos</p> <p>1.3.2. Levantamento e Análise do Processo: entrevistas, questionários, observação e análise documental.</p> <p>1.3.3. Modelagem/redesenho do Processo: definição do processo, ferramentas de modelagem e ferramentas de simulação.</p> <p>1.3.4. Implementação do Processo: planejamento, análise de riscos, projetos piloto, gerenciamento do processo.</p>	<p>O aluno irá adquirir este conhecimento através da leitura de artigos científicos e ao assistir videoaulas previamente fornecidos. Não serão ministradas aulas tradicionais.</p> <p>Neste item a abordagem de ensino será mais humanista e centrada nos alunos, que irão se dividir em grupos e utilizar a dinâmica da Fábrica de Lego com o intuito de internalizar os conceitos aprendidos.</p> <p>O professor irá atuar fazendo questionamentos pertinentes, com o intuito de nortear o aprendizado do aluno, e sanando possíveis dúvidas que ocorram durante a aula.</p>
<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
<p>O aluno deve compreender a análise e modelagem de processos</p>	<p>Compreender</p>
<p>O aluno deve conhecer a gerencia da implantação de processos</p>	<p>Conhecer</p>
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Estratégia de Ensino</i>
<p>1.4. Processo de Tomada de Decisão</p> <p>1.4.1. Aspectos gerais sobre a Tomada de Decisão</p> <p>1.4.2. Etapas do processo decisório</p> <p>1.4.3. Modelos de tomada de decisão</p>	<p>O aluno irá adquirir este conhecimento através da leitura de artigos científicos e ao assistir videoaulas previamente fornecidos. Não serão ministradas aulas tradicionais.</p> <p>Neste item a abordagem de ensino será mais humanista e centrada nos alunos, que irão se dividir em grupos e utilizar o jogo <i>Beer Game</i> com o intuito de internalizar os conceitos aprendidos.</p> <p>O professor irá atuar fazendo questionamentos pertinentes, com o intuito de nortear o aprendizado do aluno, e sanando possíveis dúvidas que ocorram</p>

	durante a aula.
Resultados Esperados	Nível de Aprendizagem
O aluno deve compreender o processo de tomada de decisão	Compreender
Conteúdo Programático	Estratégia de Ensino
<p>1.5. Processos críticos para o negócio da Organização</p> <p>1.5.1. Identificação e seleção de processos: qualidade demandada, características críticas de qualidade e processos críticos para a qualidade</p>	<p>O aluno irá adquirir este conhecimento através da leitura de artigos científicos e ao assistir vídeo aulas previamente fornecidos. Não serão ministradas aulas tradicionais.</p> <p>Os alunos, divididos em grupos, realizarão um projeto prático sobre a identificação e seleção dos processos críticos a fim de aplicar as habilidades adquiridas.</p> <p>O professor irá atuar fazendo questionamentos pertinentes, com o intuito de nortear o aprendizado do aluno, e sanando possíveis dúvidas que ocorram durante a aula.</p> <p>Ao término do projeto, os alunos irão apresentar os resultados obtidos e realizar uma reflexão sobre a experiência. Os alunos devem responder a 4 (quatro) perguntas, baseadas na cerimônia <i>Sprint Retrospective</i> do Scrum (Kniberg, 2008):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais métodos e técnicas aplicadas ajudaram no desenvolvimento do projeto? • Quais foram as principais dificuldades da equipe? • Quais métodos e técnicas não aplicadas pela equipe poderiam ter ajudado? • O que a equipe mudaria ao executar novamente o projeto?
Resultados Esperados	Nível de Aprendizagem
O aluno deve ser capaz de identificar e selecionar (sob supervisão) os processos críticos de uma organização	Aplicar

Planejamento da Unidade II

UNIDADE II – MEDIÇÃO
Pré-requisitos
<ul style="list-style-type: none"> • ACM/IEEE: SE/Software Processes; • SBC: Engenharia de Software;
Questões norteadoras
As questões norteadoras serão feitas aos alunos no primeiro contato da unidade, com o intuito de embasar o início da discussão do tema da unidade e aguçar a curiosidade do

aluno sobre o assunto. Q1. Como obter informações para as tomadas de decisão? (CP 2.1) Q2. É importante controlar meu processo? Por quê? (CP 2.1) Q3. O que é importante para ser controlado em uma organização de software? (CP 2.1, CP 2.2)	
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Estratégia de Ensino</i>
2.1. Conceitos de Medição 2.2.1. A Medição e a melhoria dos processos de software 2.2.2. Objetivos da organização e os objetivos da medição	Este conteúdo será ministrado através de aulas tradicionais apoiadas pela leitura paralela de artigos científicos e vídeo-aulas fornecidas aos alunos. Este material será fornecido previamente a aula, possibilitando que a aula tradicional funcione como um ambiente de reforço e o aluno tenha um conhecimento mais sólido para discutir o tema e possíveis dúvidas durante a aula. Desta forma, pretende-se atingir os alunos com estilo de aprendizagem textual, visual e auditivo.
<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
O aluno deve conhecer os conceitos básicos da medição de software	Conhecer
O aluno deve ser capaz de entender como os objetivos da medição devem apoiar os objetivos da organização	Conhecer
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Estratégia de Ensino</i>
2.2. Processo de Medição 2.2.1. Definição dos objetivos, medidas e indicadores 2.2.2. O método GQM 2.2.3. Definição dos procedimentos de coleta e armazenamento 2.2.4. Definição dos procedimentos de análise 2.2.5. Execução da medição e comunicação dos resultados	O aluno irá adquirir este conhecimento através da leitura de artigos científicos e ao assistir vídeoaulas previamente fornecidos. Não serão ministradas aulas tradicionais. Neste item a abordagem de ensino será mais humanista e centrada nos alunos, que irão se dividir em grupos e realizar uma dinâmica sobre Medição de software em problemas do cotidiano, especialmente o método GQM, com o intuito de internalizar os conceitos aprendidos. Os alunos então, divididos em grupos, realizarão uma aplicação prática de um programa de medição a fim de aplicar as habilidades adquiridas. O professor irá atuar fazendo questionamentos pertinentes, com o intuito de nortear o aprendizado do aluno, e sanando possíveis dúvidas que ocorram durante a aula. Ao término do projeto, os alunos irão apresentar os resultados obtidos e realizar uma reflexão sobre a experiência. Os

	<p>alunos devem responder a 4 (quatro) perguntas, baseadas na cerimônia <i>Sprint Retrospective</i> do Scrum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais métodos e técnicas aplicadas ajudaram no desenvolvimento do projeto? • Quais foram as principais dificuldades da equipe? • Quais métodos e técnicas não aplicadas pela equipe poderiam ter ajudado? • O que a equipe mudaria ao executar novamente o projeto?
Resultados Esperados	Nível de Aprendizagem
O aluno deve ser capaz de definir e executar (sob supervisão) um plano de medição	Compreender e Aplicar

Planejamento da Unidade III

UNIDADE III – CONTROLE ESTATÍSTICO	
Pré-requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> • SBC: Probabilidade e Estatística; • ACM/IEEE: HCI/Statistical Methods for HCI. 	
Questões norteadoras	
<p>As questões norteadoras serão feitas aos alunos no primeiro contato da unidade, com o intuito de embasar o início da discussão do tema da unidade e aguçar a curiosidade do aluno sobre o assunto.</p> <p>Q1. É possível que todos os produtos desenvolvidos estejam de acordo com o padrão? E as variações? (CP 3.2)</p> <p>Q2. Como identificar a origem de um problema? Qual a importância disso? (CP 3.3)</p> <p>Q3. E como identificar as consequências de um problema? (CP 3.3)</p>	
Conteúdo Programático	Estratégia de Ensino
<p>3.1 Introdução ao Controle Estatístico</p> <p>3.1.1. Conceitos básicos: Média, desvio-padrão, variância, mediana, teste de hipóteses.</p> <p>3.1.2. Distribuições discretas e contínuas.</p> <p>3.1.3. A importância do controle estatístico.</p>	<p>Este conteúdo será ministrado através de aulas tradicionais apoiadas pela leitura paralela de artigos científicos e videoaulas fornecidas aos alunos.</p> <p>Este material será fornecido previamente a aula, possibilitando que a aula tradicional funcione como um ambiente de reforço e o aluno tenha um conhecimento mais sólido para discutir o tema e possíveis dúvidas durante a aula.</p> <p>Desta forma, pretende-se atingir os alunos com estilo de aprendizagem textual, visual e auditivo.</p>
Resultados Esperados	Nível de Aprendizagem
O aluno deve ser conhecer a importância	Conhecer

do controle estatístico	
Conteúdo Programático	Estratégia de Ensino
3.2 Gráficos de Controle 3.2.1. Conceitos básicos. 3.2.2. Gráficos de Controle para dados de variáveis. 3.2.3. Gráficos de Controle para dados de atributos.	O aluno irá adquirir este conhecimento através da leitura de artigos científicos e ao assistir videoaulas previamente fornecidos. Não serão ministradas aulas tradicionais. Neste item a abordagem de ensino será mais humanista e centrada nos alunos, que irão se dividir em grupos e utilizar o jogo de Arremesso de Dados com o intuito de internalizar os conceitos aprendidos sobre gráficos de controle.
Resultados Esperados	Nível de Aprendizagem
O aluno deve compreender os diversos tipos de gráficos de controle	Compreender
O aluno deve ser capaz de selecionar os gráficos de controle que melhor se adequam a uma situação	Aplicar
Conteúdo Programático	Estratégia de Ensino
3.3 Avaliação de Causa e Efeito 3.3.1. Conceitos básicos. 3.3.2. Diagrama de Ishikawa	O aluno irá adquirir este conhecimento através da leitura de artigos científicos e ao assistir videoaulas previamente fornecidos. Não serão ministradas aulas tradicionais. Neste item a abordagem de ensino será mais humanista e centrada nos alunos, que irão se dividir em grupos e utilizar o jogo de Lançamento de Aviões com o intuito de internalizar os conceitos aprendidos sobre Causa e Efeito das variações. Os alunos então, divididos em grupos, realizarão uma aplicação prática a fim de aplicar as habilidades adquiridas. O professor irá atuar fazendo questionamentos pertinentes, com o intuito de nortear o aprendizado do aluno, e sanando possíveis dúvidas que ocorram durante a aula. Ao término do projeto, os alunos irão apresentar os resultados obtidos e realizar uma reflexão sobre a experiência. Os alunos devem responder a 4 (quatro) perguntas, baseadas na cerimônia <i>Sprint Retrospective</i> do Scrum: <ul style="list-style-type: none"> • Quais métodos e técnicas aplicadas ajudaram no desenvolvimento do projeto? • Quais foram as principais

	<p>dificuldades da equipe?</p> <ul style="list-style-type: none"> Quais métodos e técnicas não aplicadas pela equipe poderiam ter ajudado? O que a equipe mudaria ao executar novamente o projeto?
Resultados Esperados	Nível de Aprendizagem
O aluno deve ser capaz de avaliar os dados das medições e identificar as causas especiais de variação do processo e os efeitos que estas podem provocar.	Compreender e Aplicar

Planejamento da Unidade IV

UNIDADE IV – AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE E MELHORIA DO PROCESSO	
Pré-requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> ACM/IEEE: SE/Software Processes; SBC: Engenharia de Software; 	
Questões norteadoras	
<p>As questões norteadoras serão feitas aos alunos no primeiro contato da unidade, com o intuito de embasar o início da discussão do tema da unidade e aguçar a curiosidade do aluno sobre o assunto.</p> <p>Q1. Como definir o comportamento padrão do processo? (CP 4.1)</p> <p>Q2. Como o CEP pode ajudar a diminuir os custos de uma organização? (CP 4.2)</p>	
Conteúdo Programático	Estratégia de Ensino
<p>4.1. Avaliação da Capacidade do Processo</p> <p>4.1.1. <i>Baselines</i></p> <p>4.1.2. Determinação da capacidade</p> <p>4.1.3. Obtenção de modelos de desempenho</p>	<p>Este conteúdo será ministrado através de aulas tradicionais apoiadas pela leitura paralela de artigos científicos e videoaulas fornecidas aos alunos.</p> <p>Este material será fornecido previamente a aula, possibilitando que a aula tradicional funcione como um ambiente de reforço e o aluno tenha um conhecimento mais sólido para discutir o tema e possíveis dúvidas durante a aula.</p> <p>Desta forma, pretende-se atingir os alunos com estilo de aprendizagem textual, visual e auditivo.</p> <p>Os alunos irão se dividir em grupos e utilizar um Jogo/Simulador sobre <i>Baselines</i> e Determinação de Capacidade do Processo com o intuito de internalizar os conceitos aprendidos.</p> <p>O professor irá atuar fazendo questionamentos pertinentes, com o intuito de nortear o aprendizado do aluno, e sanando possíveis dúvidas que ocorram durante a aula.</p>
Resultados Esperados	Nível de Aprendizagem

O aluno deve ser capaz de caracterizar o desempenho e a capacidade de um processo	Aplicar
O aluno deve ser capaz de estabelecer modelos de desempenho para o processo	Aplicar
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>Estratégia de Ensino</i>
4.2. Melhoria do Desempenho do Processo 4.2.1. Melhoria dos Processo 4.2.2. Melhoria do desempenho do processo	<p>O aluno irá adquirir este conhecimento através da leitura de artigos científicos e ao assistir videoaulas previamente fornecidos. Não serão ministradas aulas tradicionais.</p> <p>Os alunos então, divididos em grupos, realizarão uma avaliação de um conjunto de <i>baselines</i> buscando avaliar o processo e seu desempenho.</p> <p>O professor irá atuar fazendo questionamentos pertinentes, com o intuito de nortear o aprendizado do aluno, e sanando possíveis dúvidas que ocorram durante a aula.</p> <p>Ao término do projeto, os alunos irão apresentar os resultados obtidos e realizar uma reflexão sobre a experiência. Os alunos devem responder a 4 (quatro) perguntas, baseadas na cerimônia <i>Sprint Retrospective</i> do Scrum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais métodos e técnicas aplicadas ajudaram no desenvolvimento do projeto? • Quais foram as principais dificuldades da equipe? • Quais métodos e técnicas não aplicadas pela equipe poderiam ter ajudado? • O que a equipe mudaria ao executar novamente o projeto?
<i>Resultados Esperados</i>	<i>Nível de Aprendizagem</i>
O aluno deve ser capaz de propor ajustes e melhorias aos modelos de desempenho do processo	Aplicar

APÊNDICE B – MATERIAIS DOS JOGOS E ATIVIDADES REALIZADAS

A Dinâmica da Fábrica de Aviões

A FÁBRICA

Você é o orgulhoso proprietário de uma fábrica de aviões produzidos com peças de montar. Porém você tem enfrentado sérios problemas na linha de montagem, tendo constantemente atrasada entregas e problemas com a qualidade dos aviões.



VOCÊ VAI AGORA INICIAR A GRANDE JORNADA EM BUSCA DA QUALIDADE DE SEUS PROCESSOS.

SEU OBJETIVO É ESMAGAR A CONCORRÊNCIA E SE TORNAR O MAIOR FABRICANTE DE AVIÕES DE TODO O AMAPÁ!!!

1. O AVIÃO

Primeiro vamos definir como é o modelo padrão dos aviões produzidos em sua fábrica

PORÉM VOCÊ DEVE ATENDER ALGUNS REQUISITOS...



SEU AVIÃO DEVE TER PELO MENOS...

1 eixo de eixo com 1 rolamento	2 blocos largos de 4 pinos	2 blocos finos de 8 pinos
		
2 blocos largos de 4 pinos	2 blocos finos de 4 pinos	1 bloco arredondado e 1 bloco da trilha
		

CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Vamos lá, agora você tem 5 minutos para desenvolver um protótipo do seu avião.

LEMBRE-SE QUE ESTE PROTÓTIPO DEPOIS SERÁ CONSTRUÍDO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO

2.

A FABRICAÇÃO

Agora vamos começar a produzir os seus aviões em série

ALGUMAS REGRAS

- × Sua fábrica tem 10 minutos para construir o maior número possível do modelo do avião
- × Linha de produção: o avião deve começar numa ponta e terminar na outra
- × A qualidade do produto será a adequação ao protótipo

FABRICAÇÃO VALENDO!!!

Vamos lá, 10 minutos para fabricar o máximo de aviões

RETROSPECTIVA DA PRIMEIRA RODADA

- × Quantos aviões foram produzidos?
- × Quantos estão de acordo com o protótipo?
- × Você acha que o protótipo foi o ideal?
- × Você seguiu algum processo?
- × Quais os gargalos foram encontrados na produção?
- × O que você faria diferente?

3.

O PROCESSO

Vamos agora definir um processo de fabricação em 5 minutos

VAMOS AGORA DEFINIR UM PROCESSO PARA A FÁBRICA

Defina as atividades
Pense nas atividades necessárias para se produzir um avião, da separação de material até a inspeção do produto pronto.

Divida o time em papéis
Divida a sua equipe em papéis, cada membro deve ter uma responsabilidade distinta.

VAMOS AGORA DEFINIR UM PROCESSO PARA A FÁBRICA

Desenhe o seu processo
Utilize a linguagem BPM para desenhar o fluxograma do seu processo.

Monitore
Monitore a correta execução do processo pelos membros da equipe.

FABRICAÇÃO VALENDO!!!

Vamos lá, você tem mais 10 minutos para fabricar o máximo de aviões

RETROSPECTIVA DA SEGUNDA RODADA

- × Quantos aviões foram produzidos?
- × Quantos estão de acordo com o protótipo?
- × Todos seguiram o processo definido?
- × Quais os gargalos foram encontrados na produção?
- × O processo cumpriu todas as etapas necessárias para a fabricação?
- × O processo está adequado ao contexto?

4.**AS MELHORIAS**

Vamos agora tentar melhorar o nosso processo em 5 minutos

COM BASE NA EXPERIÊNCIA DA RODADA ANTERIOR...

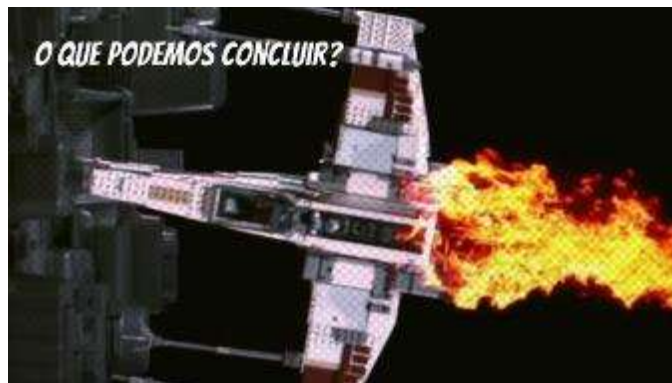
- × Pense em oportunidades de melhoria do processo
- × O que você mudaria para construir um maior número de aviões?
- × O que você mudaria para construir aviões com mais qualidade?
- × Redesenhe o seu processo.

**FABRICAÇÃO
VALENDO!!!**

Vamos lá, você tem mais 10 minutos para fabricar o máximo de aviões

RETROSPECTIVA DA TERCEIRA RODADA

- × Quantos aviões foram produzidos?
- × Quantos estão de acordo com o protótipo?
- × Todos seguiram o processo definido?
- × Quais os gargalos foram encontrados na produção?
- × A melhoria do processo resultou em melhorias nos resultados da linha de montagem?

O QUE PODEMOS CONCLUIR?

Projeto Prático para a Seleção de Processos

Projeto Prático Real

Objetivo: Identificar os processos críticos da Panificadora Alpha

Contexto: A Panificadora Alpha tem enfrentado dificuldades para se manter competitiva no mercado de pão francês devido ao grande número de concorrentes que se instalaram na região. Como forma de melhorar a qualidade de seus produtos, a Panificadora Alpha resolveu começar uma iniciativa de melhoria dos seus processos de produção. Assim, a sua empresa de consultoria em processos organizacionais foi contratada para auxiliar a Panificadora Alpha neste projeto.

Primeira Etapa: Você se reuniu com os donos da panificadora e sugeriu que primeiramente fosse realizada uma pesquisa com os consumidores para identificar como eles enxergam o seu produto, qual a qualidade que eles demandam para o pão francês. Desta maneira, seria mais fácil identificar os processos críticos do negócio. Após a realização das entrevistas, as respostas abaixo foram obtidas:

Qualidade Demandada	Quantidade de consumidores
Tamanho do pão	765
Simetria entre os pães	491
Casca fina e crocante	206
Cor da casca	589
Cor do miolo	287
Miolo sem buracos	154
Textura do miolo	406
Aroma	321
Sabor	862

Com essas informações você deve organizar os itens de qualidade demandada, elencadas pelos clientes, em categorias. Em seguida você também tem que priorizar os itens mais importantes para a visão da Panificadora Alpha. Para realizar esta tarefa, preencha a tabela do Anexo I.

Com a qualidade demandada organizada, você pediu aos donos da Panificadora Alpha para conhecer a receita do pão francês fabricado por eles. Você identificou que a receita fazia uso principalmente de: farinha de trigo e fermento para pão. Você também identificou por observação que a massa descansava por algum tempo e que era levada ao forno. Essas informações são suficientes para você identificar as características de qualidade do produto. Faça isso e preencha a tabela do Anexo II com o resultado obtido.

Sua intenção agora é verificar quais os materiais e técnicas utilizadas na fabricação do pão francês são mais importantes para se atingir a qualidade demandada pelo cliente. Você deve pensar em uma escala (ou fórmula) para priorizar a intensidade das relações entre os itens da qualidade demandada e as características de qualidade. Para tal, você deve preencher a o Anexo III, relacionando a qualidade demandada pelo cliente, com as características de qualidade do produto que você identificou.

Segunda Etapa: Você agora já tem conhecimento sobre quais são as principais demandas de qualidade do consumidor e quais itens da produção estão relacionados com estas demandas. Você agora precisa descobrir quais os processos da panificadora que estão relacionados com estes dois itens. Assim, você realizou uma série de entrevista e observações dentro da panificadora para descobrir os processos realizados no dia a dia. A tabela abaixo representa os processos identificados por você.

Processos	Subprocessos	Erros	Controle
Fabricação de Pães	Preparação da massa		
	Descanso da massa		
	Assar a massa		
Venda	Reposição do mostruário		
	Atendimento do pedido do cliente		
Aquisição e estoque	Compra dos materiais		
	Almoxarifado		
Manutenção e limpeza	Manutenção e limpeza do forno		
	Manutenção e limpeza da cozinha		
Recursos humanos	Contratação		
	Treinamento		

Com a lista de processo identificados, você agora já é capaz de localizar em quais processos são construídas as características de qualidade consideradas importantes para o consumidor. Agora você deve preencher a Matriz de Processo (Anexo IV) e a priorizar quais são os processos importantes para a Panificadora Alpha levando em consideração as demandas do cliente. Novamente, você deve pensar em uma escala (ou fórmula) para realizar esta priorização, não esqueça de levar em conta a análise já realizada na matriz de qualidade (Anexo III).

Terceira Etapa: Seu trabalho está concluído, você deve agora entregar um relatório aos donos da Panificadora Alpha contendo a identificação dos processos críticos com algumas recomendações de melhoria para melhor atingir a qualidade demandada pelo consumidor.

ANEXO I – ÁRVORE LÓGICA DA QUALIDADE
DEMANDA

PRIMÁRIA	PES O (%)	SECUNDÁRIA	PES O (%)

ANEXO II – CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE

PRIMÁRIA

ANEXO III – MATRIZ DE QUALIDADE

Qualidade Demandada	Características de Qualidade

ANEXO IV – MATRIZ DOS PROCESSOS

Subprocessos	Características de Qualidade	Priorização
Preparação da massa		
Descanso da massa		
Assar a massa		
Reposição do mostruário		
Atendimento do pedido do cliente		
Compra dos materiais		
Almoxarifado		
Manutenção e limpeza do forno		
Manutenção e limpeza da cozinha		
Contratação		
Treinamento		

A Dinâmica Medindo a Vida

A DINÂMICA

A dinâmica tem como objetivo aplicar os conceitos do método GQM para definir medidas para objetivos do nosso dia a dia.



1.

PRECISO EMAGRECER

Vamos aplicar o GQM para definir medidas para atingir esse objetivo

VOCÊ DEVE PENSAR EM:

- × Você primeiro deve refinar o objetivo em questões
- × E pensar em medidas que possam responder as questões levantadas

ISTO SERIA SUFICIENTE PARA O GQM, PORÉM...

- × Você também deve identificar em que momento será realizada a coleta dos dados
- × Como será feita a coleta?

ELABORAÇÃO DO GQM

Vamos lá, agora você tem 15 minutos para desenvolver o GQM

2.

PRECISO SER UM MELHOR ESTUDANTE DE COMPUTAÇÃO

Vamos aplicar o GQM para definir medidas para atingir esse objetivo

VOCÊ DEVE PENSAR EM:

- × Você primeiro deve refinar o objetivo em questões
- × E pensar em medidas que possam responder as questões levantadas

ISTO SERIA SUFICIENTE PARA O GQM, PORÉM...

- × Você também deve identificar em que momento será realizada a coleta dos dados
- × Como será feita a coleta?

ELABORAÇÃO
DO GQM

Vamos lá, agora você tem 15 minutos para desenvolver o GQM

The graphic features a dark blue background with white and yellow text. The words 'ELABORAÇÃO' and 'DO GQM' are in a bold, stylized font. Below the text, there are white icons of a rocket, a planet with a ring, and several stars.

VAMOS DIVIDIR COM A TURMA!

Keynote

A photograph of a man in a dark shirt and blue jeans standing on a stage. Behind him is a large screen displaying a slide with the text 'VAMOS DIVIDIR COM A TURMA!' at the top, a small icon of a lightbulb, and the word 'Keynote' below it. The audience's heads are visible in the foreground.

Projeto Prático sobre Análise de Medidas

Projeto Prático Real

Objetivo: Analisar as medidas coletadas na Empresa XPTO

Contexto: A empresa de desenvolvimento de software XPTO definiu como objetivo, em sua última reunião de diretores e conselheiros, que pretende aumentar a quantidade de clientes atendidos pelo seu software de gestão de vendas de churros. A empresa, porém, não deseja aumentar seu quadro de funcionários, os dirigentes optaram por buscar aumentar a produtividade e a eficiência de sua equipe de desenvolvedores.

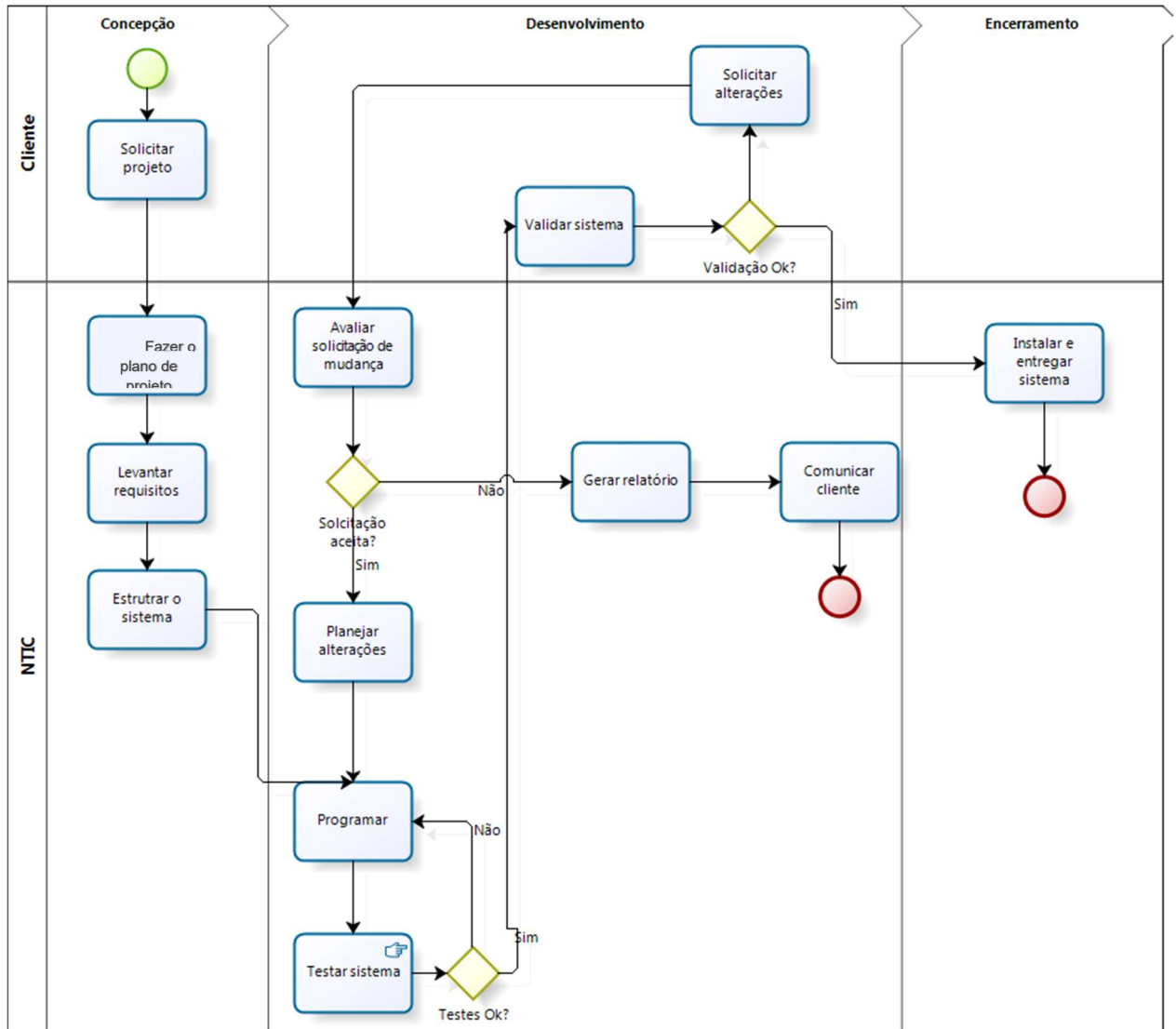
Seu papel: A sua empresa foi então contratada pela XPTO para desenvolver um programa de medição, com o objetivo de entender melhor o processo de desenvolvimento da organização e identificar pontos que possam contribuir com os objetivos da XPTO. A empresa XPTO é uma empresa grande e bem estabelecida no mercado, possui alta maturidade nos seus processos e é avaliada em vários modelos internacionais de qualidade de software. Assim, os dirigentes já lhe entregam o processo de desenvolvimento de software totalmente modelado, assim como as medidas que você terá disponíveis já coletadas.

Com base nessas informações você e seu time devem:

1. Utilizar o método GQM e relacionar os objetivos da organização com as medidas fornecidas, assim como definir as questões norteadoras. Você não pode criar novas medidas simples, pois não há tempo hábil e nem orçamento para novas coletas. Porém, você pode gerar medidas derivadas a partir dos dados disponíveis.
2. Os dirigentes da XPTO apenas lhe entregaram os dados e não apresentaram nenhum planejamento sobre como aqueles dados foram coletados. Sua consultoria deve então completar este ponto do trabalho e definir como seriam os procedimentos de coleta para os dados fornecidos. Leve em consideração também o processo de desenvolvimento de software da organização para, por exemplo, pensar em que momento determinada medida seria coletada. Não se esqueça que além deste ponto é necessário também definir: quem é responsável pela coleta; formulários e ferramentas utilizadas (se necessário). Consulte o material de apoio para mais informações.
3. Também é sua responsabilidade definir como serão os procedimentos de análise das medidas coletadas. Por exemplo: definir quais gráficos serão utilizados; qual a abordagem estatística. Novamente, consulte o material para mais informações.
4. Por fim, vocês devem analisar os dados fornecidos, aplicando o planejamento realizado para os procedimentos de análise, e fornecer sugestões sobre como a empresa pode melhorar sua produtividade e eficiência para conseguir atender mais clientes no mercado de churros.

Resultado: Ao término do trabalho, vocês devem preparar um relatório contendo essas recomendações (não esqueça de embasar citando os dados coletados) e apresentar brevemente aos dirigentes os resultados obtidos.

Anexo I – PROCESSO



Anexo II – MEDIDAS COLETADAS

CRONOGRAMA		
	Planejado	Real
Projeto 1	6 meses	8 meses
Projeto 2	12 semanas	20 semanas
Projeto 3	8 meses	12 meses

TAXA DE MUDANÇA DOS REQUISITOS		
	Levantados	Mudados
Projeto 1	67	12
Projeto 2	45	23
Projeto 3	89	21

PRODUTIVIDADE DA EQUIPE	
	SLOC/hora
Desenvolvedor 1	120
Desenvolvedor 2	48
Desenvolvedor 3	58
Desenvolvedor 4	60
Desenvolvedor 5	78
Desenvolvedor 6	55
Desenvolvedor 7	62
Desenvolvedor 8	46

DEFEITOS	
	ERROS/KSLOC
Projeto 1	67
Projeto 2	89
Projeto 3	58

*Tente relacionar as diversas medidas para gerar novas derivadas, exemplo: Quantas linhas de código os projetos têm? Um desenvolvedor foi autor de quantas linhas de código em um projeto todo? Quanto do produzido por esse desenvolvedor foi descartado por defeito ou mudança no requisito?

ANEXO III – EXEMPLO DE RELATÓRIO DA MEDIÇÃO

Análise das Medidas

Objetivo: <objetivo de medição conforme definido no Plano de Medição>
Questão: <questão relacionada ao conforme definido no Plano de Medição>
Medida: <nome da medida conforme o Plano de Medição>
Intervalo Esperado dos Dados: <intervalo definido no Plano de Medição>
Análise dos Resultados: <incluir na análise gráfico, apreciação dos resultados e informações de contexto pertinentes>
Medida: <nome da medida conforme o Plano de Medição>
Intervalo Esperado dos Dados: <intervalo definido no Plano de Medição>
Análise dos Resultados: <incluir na análise gráfico, apreciação dos resultados e informações de contexto pertinentes>

<repetir para todos os objetivos, questões e medidas do Plano de M

A Dinâmica do Jogo de Dados

JOGO DE DADOS

O objetivo desta dinâmica é ensinar o uso de cartas de controle através dos dados coletados em diversos arremessos de um par de dados. Para este momento nos concentraremos no gráfico \bar{X} -R.



1.

PRIMEIRA RODADA

Vamos às instruções

INSTRUÇÕES

- × Formem duplas.
- × Cada dupla deve arremessar o par de dados 5 vezes e registrar os valores obtidos.
- × Agora repita este passo mais 9 vezes, totalizando 10 coleções de 5 arremessos.
- × Esta coleta por amostragem é comum em manufaturas com grande volume de produção, sendo inviável a análise de cada produto.

INSTRUÇÕES

- × Após coletar todos os dados, as duplas devem calcular para cada coleção de arremessos: a soma, o \bar{X} (média) e a variação.
- × Em seguida, os valores devem ser plotados em um gráfico \bar{X} -R.
- × É possível identificar algum padrão de comportamento?

EXISTEM ALGUM MOTIVO ESPECIAL PARA UTILIZARMOS O \bar{X} -R NESTE EXEMPLO? QUAL?

INSTRUÇÕES

- × As duplas devem agora calcular os limites (UCL e LCL) dos gráficos contruídos.
- × Vamos plotar as linhas nos gráficos.

PODEMOS MELHORAR OS RESULTADOS OBTIDOS NO ARREMESSO DOS DADOS?

2.

SEGUNDA RODADA

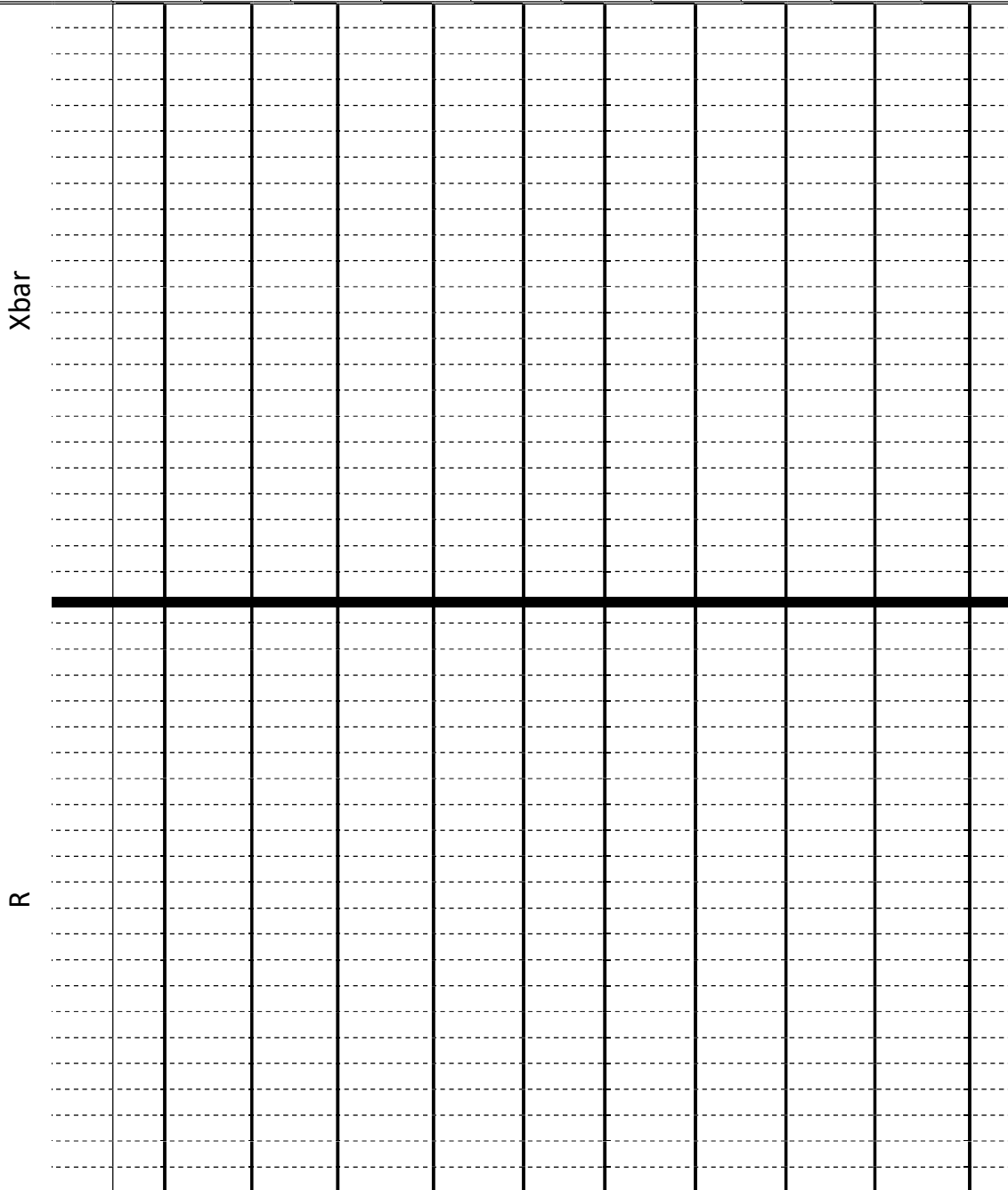
Vamos repetir os experimento com dados diferentes

**SE NOSSO OBJETIVO FOSSE NÃO
TER VARIAÇÕES MAIORES QUE
10, QUAL PROCESSO VOCÊS
ESCOLHERIAM?**

**EM UM CONTEXTO DE PROCESSO
DE SOFTWARE REAL, O QUE
ACONTECEU DA COLEÇÃO 10
PARA A 11?**

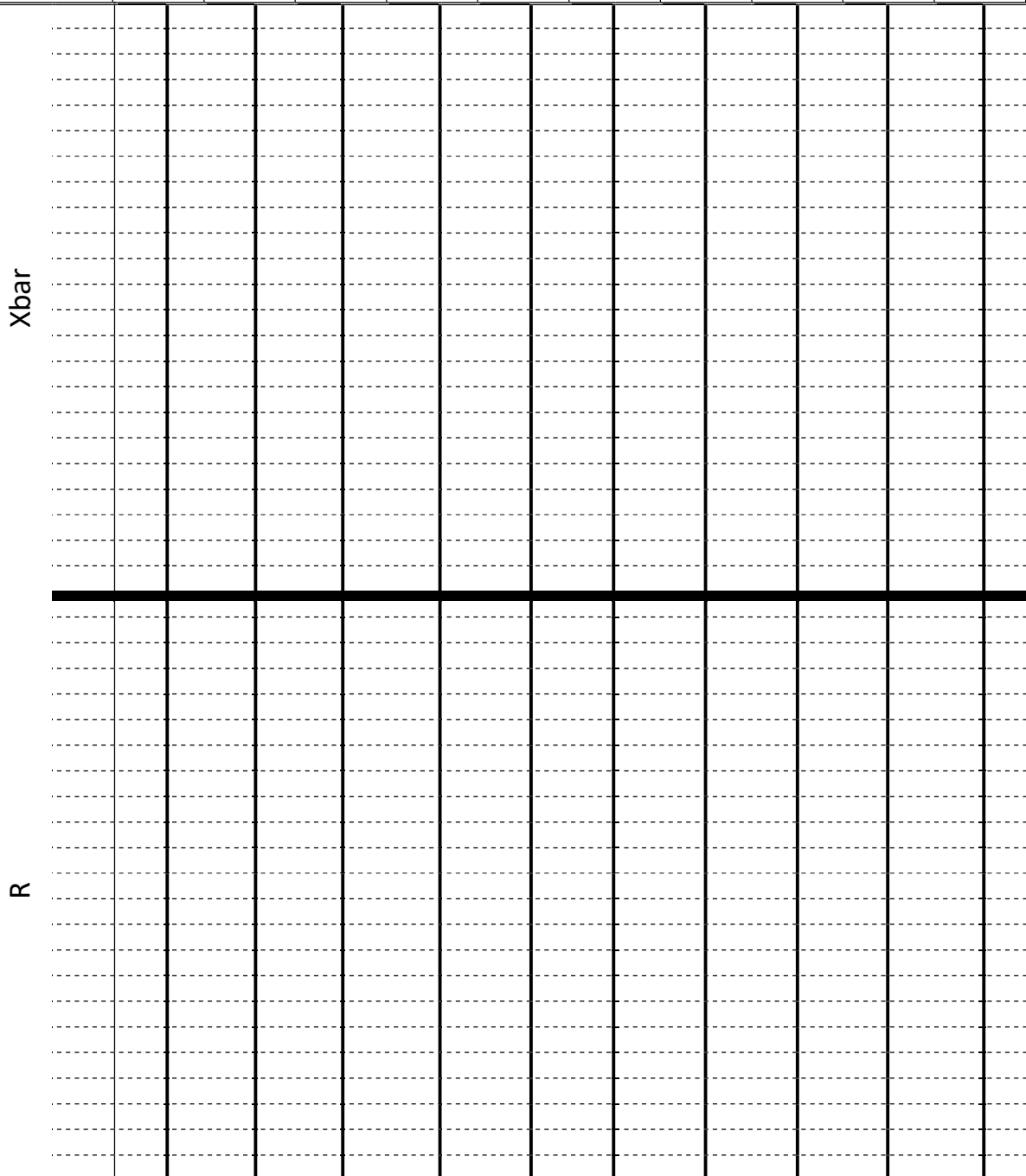
ANEXO I – Cartas de Controle para registrar os lançamentos dos dados

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
Soma										
Xbar										
Range										



UCL _X =	LCL _X =	UCL _R =
--------------------	--------------------	--------------------

Amostra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1										
2										
3										
4										
5										
Soma										
Xbar										
Range										



UCL_x =	LCL_x =	UCL_R =
--------------------------	--------------------------	--------------------------

Projeto Prático sobre Gráficos de Controle

Após 47 anos de trabalho árduo na empresa Sessenta LTDA., uma grande produtora de cadeiras escolares, você finalmente foi promovido ao cargo de gerente da linha montagem. Como uma das primeiras atividades desta sua nova etapa, você planejou verificar se o processo de montagem das cadeiras é estável e capaz, para futuramente identificar oportunidades de melhoria. Para tal, você se recordou que havia estudado a disciplina de Controle Estatístico de Processos durante a faculdade, nas aulas do Prof. Julio, há 62 anos.

Após, selecionar o processo crítico para ser posto sob controle estatístico e planejar e coletar as medidas, você chegou aos seguintes conjuntos de dados: (i) a quantidade de cadeiras produzidas pelos dias da semana (Anexo 1); e (ii) a quantidade de cadeiras com defeito por dia (Anexo 2).

Para analisar a quantidade de cadeiras produzidas, você coletou os dados por 12 semanas. Para a quantidade de cadeiras com defeito, você achou suficiente coletar os dados por 22 dias, praticamente todos os dias úteis de produção durante 1 mês na fábrica.

A sua tarefa agora é:

1. Definir qual gráfico de controle será utilizado para analisar o primeiro conjunto de dados.
2. Os gráficos devem então ser construídos e analisados. O processo é estável? Passa em todos os testes? Como analisar o ponto que não está estável? Devo utilizar mais um gráfico de controle?
3. Qual o possível motivo desta causa especial? Como solucioná-lo?
4. Definir qual gráfico de controle será utilizado para analisar o segundo conjunto de dados.
5. Os gráficos devem então ser construídos e analisados. O processo é estável? Passa em todos os testes? Como analisar o ponto que não está estável?
6. Qual o possível motivo desta causa especial? Como solucioná-lo?

Para analisar os motivos das causas especiais com mais facilidade, não esqueça de verificar as observações feitas no registro dos dados e de utilizar alguma ferramenta para auxiliá-lo como, por exemplo, o diagrama de Ishikawa.

ANEXO I

Tabela 1. Total de cadeiras produzidas por semana

Semana	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Observações
1	45	57	52	49	47	
2	52	59	45	52	48	
3	60	58	56	54	52	
4	46	48	50	52	54	
5	55	53	57	51	59	
6	38	32	23	15	28	Uma parte dos funcionários da linha de montagem estava passando por um curso de aperfeiçoamento para diminuir a quantidade de defeitos
7	45	23	58	69	56	
8	60	51	62	63	54	Os funcionários estão fazendo hora extra para recuperar o prejuízo da semana de treinamentos
9	64	65	66	52	45	Os funcionários estão fazendo hora extra para recuperar o prejuízo da semana de treinamentos
10	69	47	63	72	50	Os funcionários estão fazendo hora extra para recuperar o prejuízo da semana de treinamentos
11	48	45	53	49	55	
12	47	59	61	54	46	

ANEXO II

Tabela 2. Total de cadeiras defeituosas por dia

Dia										0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	
Cadeiras										6													

Observações:

- ⇒ No dia 8, uma das esteiras estava desregulada, o que fez as cadeiras passarem rápido demais pela linha de montagem
- ⇒ No dia 10, não foi possível comprar as barras de ferro da espessura correta, o fornecedor tinha disponibilidade de peças com a espessura abaixo da especificação do projeto.
- ⇒ No dia 16, esta sendo transmitido o jogo da seleção e a equipe de montadores se distraiu com a partida.

Projeto Prático sobre Desempenho e Capacidade do Processo

Você foi contratado como auxiliar técnico de um grande time de futebol brasileiro. O time em questão não conseguiu obter resultados expressivos nas duas últimas temporadas, o que tem deixado a diretoria do clube extremamente preocupada com o futuro do time, ao ponto de contratar um estatístico (você) para ajudar a reerguer a equipe.

Você pediu para consultar os resultados das duas últimas campanhas do clube e a diretoria lhe forneceu o histórico das rodadas (Anexo 1). Ao analisar os dados, você viu que seria necessário se estabelecer 3 baselines de desempenho:

- Uma para a quantidade de pontos ganhos por rodada;
- Uma para o saldo de gol (marcados - sofridos) por rodada;
- E uma última para a quantidade de horas treinadas por rodada.

Após definir as baselines (gráficos de controle e limites), você identificou alguma melhoria de uma temporada para a outra? O processo é estável?

Pergunte aos dirigentes do clube (professor) qual era o comportamento esperado para o time em campo.

Comparando os limites da baseline com o comportamento esperado, é possível dizer que o processo é capaz?

Busque estabelecer um modelo de desempenho que preveja o comportamento do time para a próxima temporada. Por exemplo, relacione a quantidade de horas treinadas com o saldo de gol. Plote o resultado em gráfico *Scatter*.

Voltando a capacidade do processo, que sugestões de melhoria você fará a diretoria do clube para atingir melhores resultados em campo e voltar a brilhar entre os grandes clubes do futebol brasileiro?

Campeonato Brasileiro de 2005					
Rodada	Resultado			Pontos	Treino (horas)
1	<u>São Paulo</u>	<u>4-1</u>	<u>Paysandu</u>	0	12
2	<u>Goiás</u>	<u>4-1</u>	<u>Paysandu</u>	0	15
3	<u>Paysandu</u>	<u>3-0</u>	<u>Juventude</u>	3	24
4	<u>São Caetano</u>	<u>1-2</u>	<u>Paysandu</u>	3	20
5	<u>Paysandu</u>	<u>2-2</u>	<u>Ponte Preta</u>	1	18
6	<u>Fluminense</u>	<u>5-2</u>	<u>Paysandu</u>	0	14
7	<u>Paysandu</u>	<u>2-3</u>	<u>Santos</u>	0	20
8	<u>Flamengo</u>	<u>2-1</u>	<u>Paysandu</u>	0	18
9	<u>Paysandu</u>	<u>2-1</u>	<u>Atlético Paranaense</u>	3	22
10	<u>Paysandu</u>	<u>0-2</u>	<u>Vasco</u>	0	10
11	<u>Botafogo</u>	<u>2-0</u>	<u>Paysandu</u>	0	12
12	<u>Atlético Mineiro</u>	<u>2-2</u>	<u>Paysandu</u>	1	17
13	<u>Paysandu</u>	<u>3-4</u>	<u>Paraná</u>	0	15
14	<u>Brasiliense</u>	<u>0-0</u>	<u>Paysandu</u>	1	20
15	<u>Paysandu</u>	<u>1-2</u>	<u>Internacional</u>	0	12
Campeonato Brasileiro de 2006					
Rodada	Resultado			Pontos	Treino (horas)
1	<u>Paysandu</u>	<u>1-4</u>	<u>Flamengo</u>	0	14
2	<u>Atlético Paranaense</u>	<u>3-2</u>	<u>Paysandu</u>	0	11
3	<u>Vasco</u>	<u>4-0</u>	<u>Paysandu</u>	0	8
4	<u>Paysandu</u>	<u>2-0</u>	<u>Botafogo</u>	3	25
5	<u>Paysandu</u>	<u>0-2</u>	<u>Atlético Mineiro</u>	0	12
6	<u>Paraná</u>	<u>2-0</u>	<u>Paysandu</u>	0	14
7	<u>Paysandu</u>	<u>2-1</u>	<u>Brasiliense</u>	3	22
8	<u>Internacional</u>	<u>1-0</u>	<u>Paysandu</u>	0	15
9	<u>Paysandu</u>	<u>0-2</u>	<u>Corinthians</u>	0	11
10	<u>Cruzeiro</u>	<u>4-3</u>	<u>Paysandu</u>	0	14
11	<u>Paysandu</u>	<u>4-1</u>	<u>Cruzeiro</u>	3	26
12	<u>Fortaleza</u>	<u>1-2</u>	<u>Paysandu</u>	3	24
13	<u>Paysandu</u>	<u>2-1</u>	<u>Curitiba</u>	3	22
14	<u>Palmeiras</u>	<u>5-3</u>	<u>Paysandu</u>	0	13
15	<u>Paysandu</u>	<u>3-1</u>	<u>Figueirense</u>	3	25

APÊNDICE C – QUESTÕES DO PRÉ E PÓS-TESTE

QUESTÃO 01: Você trabalha como consultor de processos de negócio para uma grande empresa do e-Commerce nacional. Os principais clientes atendidos por esta empresa são gamers interessados em montar o setup com a maior quantidade de iluminação RGB possível. Nesta etapa, você está responsável por modelar o processo de envio de pedidos e para tal, entrevista os funcionários do setor buscando identificar as atividades por eles realizadas.

Então você descobre que o processo tem início com a necessidade de se enviar peças ao cliente. Um funcionário de pós-venda da loja define se o tipo da entrega será NORMAL ou EXPRESSA.

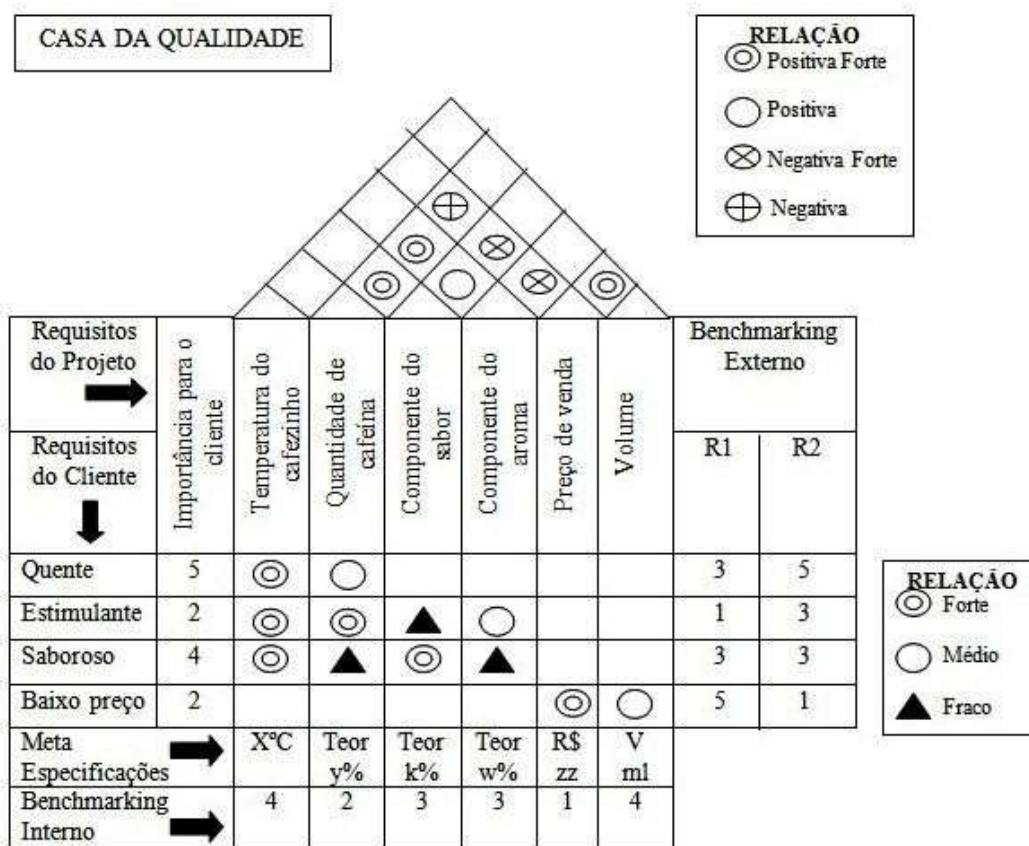
No caso do envio EXPRESSO, este funcionário solicita a cotação à diversas transportadoras e em seguida seleciona a transportadora vencedora e prepara a documentação da compra. Para as entregas NORMAIS, o funcionário do pós-venda verifica a necessidade de uma garantia estendida utilizando o Checklist de Garantia. Caso exista esta necessidade, o funcionário deve solicitar ao Gerente Logístico a contratação da garantia estendida. O Gerente é responsável por realizar esta contratação. Para ambos os tipos de envio, o funcionário do pós-venda sempre irá gerar a etiqueta de transporte do produto.

Enquanto o funcionário do pós-venda executa as suas atividades, um Funcionário do Depósito deve empacotar as peças que serão enviadas. Após o depósito terminar de empacotar as peças do pedido e o pós-venda terminar de preencher as documentações e etiquetas, o funcionário do depósito deve anexar estes documentos à caixa de transporte. O funcionário do depósito então coloca a caixa na área de entrega e o processo é encerrado.

A partir do cenário descrito acima, você deve:

- a) Utilizando a linguagem BPMN, modele um processo que reflita o cenário descrito.
- b) Cite o nome de todos os elementos do BPMN utilizados.
- c) Explique os motivos que você considerou para escolher estes elementos, a partir das informações expostas no cenário.

QUESTÃO 02: Analise a matriz de qualidade abaixo:



Agora responda:

- Diga o que são os: Requisitos do Projeto, Requisitos do Cliente, as Relações, os Benchmarkings Externos e Interno e as Metas de Especificação;
- Explique a relação de importância entre os requisitos do cliente e os do projeto.
- Interprete os resultados exibidos na matriz.

QUESTÃO 03: Considere que uma organização de software está buscando diminuir o tempo de entrega de seus produtos aos clientes. Responda:

- a) Desenvolva um GQM (*Goal-Question-Metric*) que consiga atingir este objetivo.
- b) Qual o objetivo do método GQM?
- c) Explique os itens que compõe o GQM (Goal – Objetivo, Question – Questão, Metric - Métrica).

QUESTÃO 04: A partir do GQM desenvolvido na questão anterior, responda:

a) Preencha as informações do Plano de Medição abaixo:

Nome da medida	
Descrição	
Unidade da Medida	
Escala da Medida	
Fórmula de cálculo	
Procedimentos de coleta	
Momento da coleta	
Periodicidade da coleta	
Responsável pela coleta	
Procedimentos de análise	
Momento da análise	
Periodicidade da análise	
Responsável pela análise	

b) Qual a importância de se definir procedimentos para coleta e análise? Por quê?

QUESTÃO 05: A partir do conjunto de 5 amostras de dados abaixo, responda:

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
0,65	0,7	0,65	0,65	0,85
0,75	0,85	0,75	0,85	0,65
0,75	0,8	0,8	0,7	0,75
0,6	0,7	0,7	0,75	0,65
0,7	0,75	0,65	0,85	0,8
0,6	0,75	0,75	0,85	0,7
0,75	0,8	0,65	0,75	0,7
0,6	0,7	0,8	0,75	0,75
0,65	0,8	0,85	0,85	0,75
0,6	0,7	0,6	0,8	0,65

- Qual gráfico de controle você escolheria para analisar o conjunto de dados em questão? Por quê? Existe algum outro gráfico de controle também adequado ao caso? Se sim, qual?
- Diga o que são: Limite Superior de Controle, Linha Central e Limite Inferior de Controle.
- Monte o gráfico escolhido.

QUESTÃO 06: A partir do conjunto de dados abaixo, que representa o número de problemas não resolvidos relatados pelos clientes (PNR) em um mês, responda:

Dias	PNR	Variação
1	12	-
2	4	8
3	6	2
4	15	9
5	21	6
7	11	6
8	8	3
9	6	2
10	4	2
11	32	28
12	2	30
14	46	39
15	5	41
16	25	20
17	5	20
18	41	36
19	22	19
20	1	21
22	13	8
23	5	8
24	6	1
25	5	1
26	31	26
27	1	30
28	5	4
29	3	2
30	26	23
31	6	20

- Monte a baseline de desempenho do processo. O processo representado pelo gráfico é estável? Por quê?
- Em qual teste o processo falhou? Por quê?
- O que se precisa fazer para tornar-se um processo estável?

QUESTÃO 07: A partir da baseline montada na questão anterior, analise a capacidade do processo. Para tal, o comportamento esperado para o processo é ter, no máximo, 25 problemas não resolvidos relatados pelo cliente em um mês. Responda:

- a) O processo é capaz? Por quê?
- b) O que é voz do cliente e voz do processo?
- c) Como melhorar a capacidade de um processo?

QUESTÃO 08: Considere que o conjunto de dados abaixo represente um processo estável e capaz.

Requisito	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Complexidade	94	99	80	70	86	90	72	98	95	73
Qtd. Erros	7	9	5	3	6	7	5	10	7	3

Os dados representam a quantidade de erros especificados por requisito, de acordo com sua complexidade. Responda:

- Qual gráfico é mais adequado para representar este tipo de relação?
- Desenhe o gráfico e tire conclusões sobre as relações das variáveis.
- Qual o objetivo de definir um modelo de desempenho? Como isto pode ajudar a organização?

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO ALUNO SOBRE A ADEQUAÇÃO DA DISCIPLINA

Responda as afirmações abaixo:

O conteúdo ensinado na disciplina de Controle Estatístico de Processos foi relevante:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

O conteúdo abordado pela disciplina foi suficiente para entender como o Controle Estatístico de Processos funciona em uma organização:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

A abordagem para ensinar os conteúdos de Controle Estatístico de Processos foi adequada:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

A disciplina foi planejada de uma forma atrativa:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

Ao longo da disciplina, a abordagem de ensino me manteve motivado a aprender:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE *FEEDBACK* DO GRUPO EXPERIMENTAL

Responda as afirmações abaixo:

A abordagem escolhida para a disciplina teve uma boa integração da teoria com a prática:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

As dinâmicas/práticas foram realizadas em tempo adequado:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

As dinâmicas/práticas tinham um nível de complexidade adequado:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

As dinâmicas/práticas desenvolvidas não restringiam a criatividade dos alunos para pensarem em suas próprias soluções:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

As dinâmicas/práticas tornaram o processo de aprendizagem divertido e desafiador:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo

- Concordo fortemente

Os materiais de apoio (videoaulas e artigos) tinham uma boa qualidade e me ajudaram com o aprendizado da disciplina:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

A disciplina se beneficiaria com o uso de computadores durante os encontros:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

Você acredita que outras disciplinas poderiam se beneficiar com uma abordagem de ensino semelhante?

- Não
- Sim:

Quais os pontos fortes da disciplina?

E quais os pontos fracos, suas observações e sugestões de melhoria?

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE *BACKGROUND* E MOTIVAÇÃO

Em relação a sua experiência profissional, você possui:

- 6 meses (ou mais) com desenvolvimento de software
- 6 meses (ou mais) como gerente de projetos de software
- 6 meses (ou mais) com controle de qualidade de software
- Participação em programas de melhoria de processos

Em relação aos treinamentos já recebidos:

- Treinamento sobre processos de software (ao menos 15 h)
- Treinamento sobre qualidade de software (ao menos 15 h)
- Treinamento sobre CMMI (ao menos 15 h)
- Treinamento sobre MPS.BR (ao menos 15 h)
- Treinamento sobre Gerência de Projetos (ao menos 15 h)

A Engenharia de Software uma é área importante do desenvolvimento de software:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

O Controle Estatístico de Processos é importante para a gerência dos projetos de software:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

Estou muito motivado a aprender mais sobre o tópico de Controle Estatístico de Processos:

- Discordo fortemente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo fortemente

APÊNDICE G – CONJUNTO DE DADOS DO EXPERIMENTO

Valores do pré-teste do Grupo Controle

ID	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Média	Soma
2	0	0	0	0	0,00	0
4	0	1	0	1	0,50	2
6	0	0	0	0	0,00	0
8	0	0	0	0	0,00	0
10	0	0	0	0	0,00	0
12	0	0	0	0	0,00	0
14	0	0	0	0	0,00	0
16	1	0	0	0	0,25	1
18	0	0	0	0	0,00	0
20	1	0	0	0	0,25	1
22	0	0	0	0	0,00	0
24	0	0	0	0	0,00	0
26	0	0	0	0	0,00	0
28	0	0	0	0	0,00	0
30	0	0	0	0	0,00	0
32	0	0	0	0	0,00	0
34	0	0	0	0	0,00	0
36	0	0	0	0	0,00	0
38	1	0	0	0	0,25	1
40	0	0	0	0	0,00	0
Média	0,15	0,05	0,00	0,05	0,06	0,25

Valores do pré-teste do Grupo Experimental

ID	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Média	Soma
1	0	0	0	0	0,00	0
3	0	0	0	0	0,00	0
5	0	0	0	0	0,00	0
7	0	0	0	0	0,00	0
9	0	0	0	0	0,00	0
11	0	0	0	0	0,00	0
13	1	0	0	0	0,25	1
15	0	0	0	0	0,00	0

17	1	0	0	0	0,25	1
19	0	0	0	0	0,00	0
21	0	0	0	0	0,00	0
23	0	0	0	0	0,00	0
25	0	0	0	0	0,00	0
27	0	0	1	0	0,25	1
29	0	0	0	0	0,00	0
31	0	0	0	0	0,00	0
33	0	0	0	0	0,00	0
35	0	0	0	0	0,00	0
37	0	0	0	0	0,00	0
39	0	0	0	0	0,00	0
Média	0,10	0,00	0,05	0,00	0,04	0,15

Valores do pós-teste do Grupo Controle

ID	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Moda	Média	Soma	Escala
2	2	2	0	0	2	1,00	4,00	33,33%
4	1	1	3	1	1	1,50	6,00	50,00%
6	1	1	1	1	1	1,00	4,00	33,33%
8	0	2	3	1	#N/D	1,50	6,00	50,00%
10	3	2	3	2	3	2,50	10,00	83,33%
12	1	2	2	2	2	1,75	7,00	58,33%
14	1	0	0	0	0	0,25	1,00	8,33%
16	1	2	2	1	1	1,50	6,00	50,00%
18	1	2	3	2	2	2,00	8,00	66,67%
20	3	3	3	1	3	2,50	10,00	83,33%
22	2	0	2	1	2	1,25	5,00	41,67%
24	1	0	1	0	1	0,50	2,00	16,67%
26	1	1	2	2	1	1,50	6,00	50,00%
28	0	2	0	0	0	0,50	2,00	16,67%
30	2	1	2	2	2	1,75	7,00	58,33%
32	2	1	2	2	2	1,75	7,00	58,33%
34	2	1	3	2	2	2,00	8,00	66,67%
36	1	3	0	0	0	1,00	4,00	33,33%
38	1	1	2	0	1	1,00	4,00	33,33%
40	2	2	0	0	2	1,00	4,00	33,33%
Média	1,40	1,45	1,70	1,00	#N/D	1,39	5,55	46,25%
Moda	1	2	2	0	2	#N/D	#N/D	#N/D

Valores do pós-teste do Grupo Experimental

ID	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Moda	Média	Soma	Escala
1	3	3	3	3	3	3,00	12,00	100,00%

3	3	2	3	2	3	2,50	10,00	83,33%
5	2	1	3	2	2	2,00	8,00	66,67%
7	3	3	3	3	3	3,00	12,00	100,00%
9	3	3	3	2	3	2,75	11,00	91,67%
11	3	3	3	2	3	2,75	11,00	91,67%
13	2	2	3	0	2	1,75	7,00	58,33%
15	2	2	3	2	2	2,25	9,00	75,00%
17	2	3	3	2	2	2,50	10,00	83,33%
19	3	2	3	0	3	2,00	8,00	66,67%
21	2	2	3	1	2	2,00	8,00	66,67%
23	3	3	3	2	3	2,75	11,00	91,67%
25	3	3	3	2	3	2,75	11,00	91,67%
27	3	3	3	2	3	2,75	11,00	91,67%
29	2	2	3	2	2	2,25	9,00	75,00%
31	3	2	3	2	3	2,50	10,00	83,33%
33	2	1	3	2	2	2,00	8,00	66,67%
35	3	3	3	2	3	2,75	11,00	91,67%
37	2	2	2	2	2	2,00	8,00	66,67%
39	3	2	3	2	3	2,50	10,00	83,33%
Média	2,60	2,35	2,95	1,85	#N/D	2,44	9,75	81,25%
Moda	3	3	3	2	3	#N/D	#N/D	#N/D
