



## Application of the PERT-CPM tool for analysis of the scenario of the production process of a bakery

Bárbara Tenório de Holanda Santos<sup>1</sup> and Kamilla Rayane Brito Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas (UFAL) - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) - Av. José de Sá Maniçoba, S/N - Centro CEP: 56304-917 - Petrolina/PE.

Email: [b\\_tenorio@hotmail.com](mailto:b_tenorio@hotmail.com), [kamillabrito.ep@gmail.com](mailto:kamillabrito.ep@gmail.com)

### ABSTRACT

**Received:** April 16<sup>th</sup>, 2018

**Accepted:** May 06<sup>th</sup>, 2018

**Published:** June 30<sup>th</sup>, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



In Brazil there are about 63 thousand bakeries serving 44 million Brazilians every day, where 96% of the establishments in this important food sector are composed of micro and small companies, according to data from the Brazilian Association of the Bakery and Confectionery Industry. used the PERT-CPM tool to map and sequence the activities of the productive process of French bread, the flagship of a small bakery in the interior of Alagoas. To determine the critical path and its clearances, identify bottlenecks and wastes, and propose future studies and interventions in search of optimization in production and better use of resources.

**Keywords:** PERT-CPM; critical path; productive process; optimization.

### Aplicação da ferramenta PERT-CPM para análise do cenário do processo produtivo de uma padaria

### RESUMO

No Brasil existe cerca de 63 mil panificadoras atendendo 44 milhões de brasileiros todos os dias, onde 96% dos estabelecimentos desse setor alimentício tão importante é composto por micro e pequenas empresas, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria da Panificação e Confeitaria. O presente trabalho utilizou a ferramenta PERT-CPM para mapear e sequenciar as atividades do processo produtivo do pão francês, carro chefe de uma padaria de pequeno porte do interior de Alagoas. Para assim, determinar o caminho crítico e suas folgas, identificar os seus gargalos e desperdícios, e propor futuros estudos e intervenções em busca da otimização na produção e melhor utilização dos recursos.

**Palavras-chaves:** PERT-CPM; caminho crítico; processo produtivo; otimização.

### I. INTRODUÇÃO

O brasileiro tem buscado como oportunidade de fugir do desemprego a criação de seu próprio negócio, normalmente buscando oferecer produtos ou serviços que já possuem certo conhecimento e experiência, porém essas pessoas nem sempre estão preparadas para administrar esse negócio. Pensando nisso, o Governo do Brasil, promove programas de apoio à pessoas como estas, que querem empreender.

Dentre os mais famosos temos o Portal do Empreendedor [1], criado para facilitar a vida do Micro Empreendedor Individual (MEI):

Simplificar a vida do empreendedor e impulsionar o empreendedorismo no Brasil. Esse foram os principais objetivos

que levaram o Governo Federal a criar o Portal do Empreendedor, em 2009. O site é um espaço onde é possível se formalizar como Microempreendedor Individual (MEI), tirar dúvidas, cumprir as obrigações fiscais e procurar por capacitação para incrementar seu negócio.

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE [2], o MEI proporciona que o trabalhador informal possa ser legalizado e passar a ter CNPJ, o que facilitará a abertura de conta bancária, o pedido de empréstimos e a emissão de notas fiscais. Porém, é importante conhecer bem as regras dessa modalidade.

O trabalhador informal quando passa a ser formalizado começa a ter uma visão diferenciada do negócio e muitas vezes consegue mercado e um crescimento rápido, mas infelizmente

desestruturado por não ter conhecimento de gestão, principalmente quando o seu negócio possui um processo produtivo. Segundo [3] muitos gestores, que costumam ter como base decisões em previsões, opiniões ou na sorte, acabam tendo resultante uma “produção excessiva ou insuficiente de bens e serviços, uma alocação de recursos errado, e também, tempos ineficientes.

Expandir um processo produtivo não é uma tarefa tão simples, e nem sempre a experiência consegue enxergar as necessidades. Por isso, o importante papel da universidade para o desenvolvimento da comunidade local, onde o discente consegue enxergar além da sala de aula e levar ferramentas e técnicas para aplicação na prática e o empresário, abrindo as portas para a universidade consegue propostas para melhorias que podem gerar resultados positivos para a sua empresa. Em resumo, todos ganham.

A empresa escolhida é uma padaria de pequeno porte, que tem ganhado mercado em sua cidade, no interior de Alagoas. A mesma abriu as portas para a universidade analisar seu cenário, mas especificamente na produção do seu carro chefe, o pão Frances, e assim propor futuros estudos que poderão otimizar sua estrutura operacional e utilizar melhor seus recursos, sem necessariamente haver um investimento financeiro.

Para este estudo, as autoras escolheram o PERT-CPM, que é uma ferramenta da pesquisa operacional muito utilizada no Gerenciamento de Projetos.

A rede PERT-CPM é uma técnica que permite estabelecer uma ordem no conjunto de atividades do projeto, de maneira que cada uma delas tenha seu começo e término bem definidos e encadeados com as demais atividades que estarão sendo desenvolvidas em sequência ou em paralelo com a mesma, demonstrando a melhor maneira de se realizar esse sequenciamento [4].

## I.1 OBJETIVOS

### I.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o cenário do processo produtivo do pão francês de uma padaria localizada no interior de Alagoas, utilizando a ferramenta PERT-CPM com o intuito de propor intervenções futuras.

### I.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Mapear o processo produtivo do pão francês;
- Determinar o caminho crítico para uma maior eficiência do processo produtivo do pão francês;
- Mostrar as folgas do processo produtivo para realocação dos recursos disponíveis;
- Identificar gargalos e desperdícios na produção do pão francês;
- Sugerir futuros estudos para melhoria e otimização do processo produtivo do pão francês.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### II.1 O PROCESSO PRODUTIVO DE MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

O bom gestor deve conhecer bem sua produção, para poder tomar as melhores decisões. Infelizmente o gestor de micro

e pequenas empresas, conhecido também como empreendedor não possui conhecimento de como planejar e controlar uma produção, e por isso é muito importante o apoio de órgão com programas para esse fim e principalmente a parceria com as universidades. O primeiro passo é entender o processo produtivo e o fluxo das suas atividades, para depois planejar estratégias de melhoria e controle. Destaca-se que técnica mais antiga e mais simples de programação temporal dos projetos é o diagrama de barras, ou gráfico de Gantt, mas a medida em que o cenário produtivo se torna mais complexo, envolvendo mais pessoas, mais entidades e mais recursos, é necessário o utilizar técnicas mais completas, que possibilitassem o planejamento, a programação e o controle das atividades de modo mais eficiente, além de uma boa comunicação visual [5].

Destaca a importância de planejar utilizando as técnicas PERT-CPM que, representa a ordem das atividades por meio de um diagrama, para facilitar a definição da melhor utilização dos recursos disponíveis considerando a forma mais eficiente de execução do projeto para, conseqüentemente, eliminar gargalos e desperdícios [6].

### II.2 MÉTODO PERT-CPM

Segundo [5] essas técnicas foram desenvolvidas, quase simultaneamente, no final da década de 1950: CPM (*Critical Path Method* — Método do Caminho Crítico) e PERT (*Program Evaluation and Review Technique* — Técnica de Avaliação e Revisão de Programas). O método CPM foi desenvolvido pela equipe da DuPont de Nemours & Company para aplicação em projetos de construção. A técnica PERT foi desenvolvida para a Marinha norte-americana para aplicação no projeto de mísseis Polaris.

Segundo [7], o PERT consiste na construção e no estabelecimento de correlação entre as várias atividades, por meio de uma representação gráfica de todas as atividades que estão inseridas no processo, tornando visível qual ou quais atividades podem ocorrer simultaneamente, bem como as que antecedem outras com a finalidade de estimar o tempo de cada tarefa. Explica [7] que o CPM, diferente do PERT que é um modelo probabilístico, é um modelo determinístico, ou seja, utiliza o tempo de maneira não aleatória para duração das atividades e preocupa-se especialmente na relação de tempo-custo. Hoje esses modelos são utilizados de forma incorporada com a denominação de PERT-CPM se tornando uma poderosa ferramenta no processo de gestão de projetos, visto a sua facilidade em adequar, correlacionar e integrar as atividades de planejamento e controle.

Para a construção do PERT-CPM é importante seguir os seguintes passos:

1. Identificar as atividades e suas respectivas durações, utilizando não só a cronometragem como também estimativas;
2. Elaboração de um quadro com as atividades e suas respectivas dependências no fluxo;
3. Construção do Diagrama PERT-CPM;
4. Identificação das folgas do processo.
5. Determinação do caminho crítico;

#### II.2.1 OS TEMPOS

Conceitua os tempos para a rede PERT-COM [8]:

- Tempo otimista ( $T_o$ ) - Indica o menor tempo designado para execução de uma atividade;

- Tempo mais provável ( $T_m$ ) - Representa a quantidade de tempo estimada mais próxima da realidade;
- Tempo pessimista ( $T_p$ ) - Trata-se do maior tempo possível para realização da atividade.

Para [9], o tempo médio esperado de cada atividade ( $T_b$ ) é obtido através da Equação (1):

$$T_b = \frac{T_p + 4T_m + T_o}{6} \quad (1)$$

Define [9] o grau de incerteza associado à previsão é calculado pela variância ( $\sigma^2$ ), que é definida Equação (2):

$$\sigma^2 = \left(\frac{T_p - T_o}{6}\right)^2 \quad (2)$$

E ainda, segundo [9] o desvio padrão ( $\sigma$ ) das atividades é calculado de acordo com a Equação (3):

$$\sigma = \frac{T_p - T_o}{6} \quad (3)$$

### II.2.2 A REDE

De acordo com [10], na elaboração da rede é fundamental o conhecimento sobre a relação entre as atividades, além da duração de cada uma e a ordem em que dependem uma da outra. Portanto, é importante conhecer o fluxo correto e as dependências de cada atividade antes de construir a rede.

Para [5] o diagrama de setas sem escala é o diagrama mais utilizado e para a construção desse diagrama são necessários os seguintes elementos:

- Relação das atividades
- Ordem de relacionamento e dependência
- Duração de cada atividade

Uma das formas de montar a rede é nomear os círculos com a letra que representa a atividade e colocar seu tempo inicial e final nas setas que indicam fluxo. A partir desses dados se calcula as folgas e determina o caminho crítico.

### II.2.3 O MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO

Para [9] o caminho que possui um conjunto de atividades sem folga, que define o prazo total da rede, é chamado de caminho crítico. De acordo com os dados informados, antes desse prazo o projeto não poderá ser concluído, sendo justamente a sequência que unifica os eventos dos quais tempos mais cedo e mais tarde são iguais [11].

Realiza o cálculo das datas de início e fim das atividades é feito diretamente no diagrama de setas [5]:

- Cedo de um evento: é a data mais cedo possível para a ocorrência do evento, considerando-se que as atividades anteriores não se atrasaram.
- Tarde de um evento: é a data mais tardia para a ocorrência do evento, sem causar atrasos nas atividades seguintes.

*Regras para cálculo dos cedos dos eventos* [5]:

- Considerando-se que o evento inicial tenha cedo igual a 0, o cedo de cada evento é o cedo anterior mais a duração da atividade.
- Quando em um evento chegam duas ou mais atividades, o cedo é considerado o maior entre os valores calculados anteriormente.

*Regras para o cálculo dos tardes dos eventos por* [5]:

- Considerando-se o tarde do evento final igual ao cedo calculado pelas regras anteriores, o tarde de cada evento é o tarde posterior menos a duração da atividade.
- Quando de um evento partem duas ou mais atividades, o tarde é considerado o menor valor entre os valores calculados anteriormente.

Baseando-se ainda em [5] colocam-se os cedos em cima dos círculos das atividades, sendo cedo inicial à esquerda e cedo final à direita, já os tardes ficam abaixo do círculo, seguindo a mesma sequência de inicial à esquerda e final à direita.

O caminho recebe o nome de crítico, pois se houver atraso em qualquer atividade pertencente a ele, atrasa todo o projeto, o que não ocorre se atrasar qualquer uma das outras atividades que não estão nele [12].

### II.2.4 AS FOLGAS

É muito importante para o gestor entender e visualizar as folgas do processo produtivo para a tomada de decisão, pois segundo [9] a folga é o atraso máximo que uma atividade pode ter sem prejudicar as atividades posteriores a ela, bem como o tempo máximo do projeto.

Devido às interdependências das atividades da rede do projeto, todas as atividades fora do caminho crítico apresentam folgas, das quais o gerente deve ter conhecimento de modo que possa administrar adequadamente a alocação das tarefas. O cálculo das folgas é feito a partir dos cedos e tardes dos eventos [5].

Nomeia dois modelos principais de folgas e destaca cada importância [13]:

- Folga Total: espaço de tempo que uma atividade pode ser adiada sem comprometer um projeto;
- Folga Livre: tempo que é possível atrasar o início de uma atividade sem interferir no início das atividades sucessoras.

## III. METODOLOGIA

O presente trabalho é uma pesquisa exploratória e descritiva, baseado nos objetivos segundo [14] e com estudo de caso que refere-se aos procedimentos técnicos. O trabalho tem caráter quantitativo (construção da rede PERT-CPM) e qualitativo (análise do processo produtivo). A coleta de dados foi feita através de visitas técnicas à empresa objeto do estudo. O estudo seguiu as seguintes etapas:



Figura 1: Etapas do Estudo.  
Fonte: Autores, (2018).

### III.1 O ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo escolhido para este trabalho foi uma padaria localizada no sertão do estado de Alagoas, em específico na linha de produção do pão francês. A produtividade desta padaria é 3 mil pães (todos os tipos) por dia.

A empresa é de pequeno porte e possui uma estrutura física limitada o que não favorece seu layout, seus equipamentos não são acompanhados por manutenções preventivas e estão em um estado de bastante uso. Contando com apenas dois funcionários diretos no processo produtivo (Padeiro e Auxiliar), não detém de uma padronização de suas receitas o que impacta diretamente na má utilização dos insumos e aumento das perdas. O horário de produção inicia das 7h às 11h, e continua a partir das 16h (após o descanso dos pães).

O forno, que é a lenha, é usado com 150° a 180° e possui capacidade de 8 bandejas de pão por vez, porém a padaria não utiliza de todo o limite pois a atividade de assar é feita sob demanda, ou seja, uma fornada de cada pão é feita após acabar na loja.

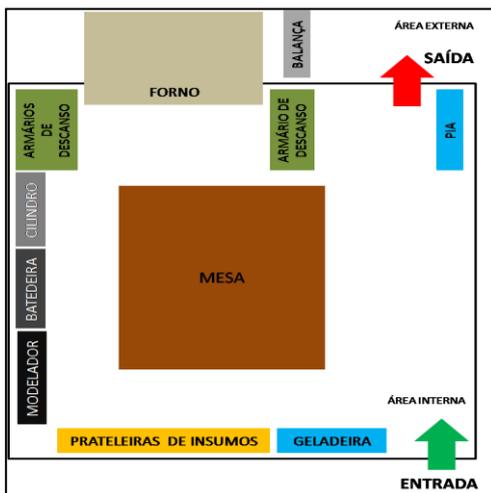


Figura 2: Croqui do Layout do setor de produção da padaria.  
Fonte: Autores, (2018).



Figura 3: Padeiro realizando a untagem da massa  
Fonte: Autores, (2018).

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio de visitas técnicas foi mapeado o fluxo das atividades do processo de produção do pão Francês e cronometrado o tempo médio de execução, os tempos otimistas e pessimistas foram identificados através de entrevistas informais com os envolvidos no processo. Com esses dados foi calculado o tempo esperado, variância e desvio padrão das atividades, todos em minutos, conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Tabela de atividades, dependências, tempos, desvio padrão e variância.

Atividade	Descrição	Dependência	To	Tm	Tp	Tb	$\sigma$	$\sigma^2$
A	Separar dos insumos		1,30	1,47	2,00	2	0,12	0,01
B	Pesar dos insumos	A	2,00	2,25	3,00	2,33	0,17	0,03
C	Colocar insumos na batedeira	A, B	1,00	1,30	2,00	1,37	0,17	0,03
D	Misturar a massa	C	6,00	6,51	7,00	6,51	0,17	0,03
E	Dividir a massa	D	0,30	0,34	0,50	0,36	0,03	0,00
F	Untar a massa	E	2,00	2,21	2,50	2,22	0,08	0,01
G	Cortaramassa(final)	F	0,10	0,16	0,30	0,17	0,03	0,00
H	Modelar a massa	G	0,30	0,40	0,60	0,42	0,05	0,00
I	Organizar a bandeja	H	0,10	0,10	0,20	0,12	0,02	0,00
J	Descansar o pão cru	I	00,00	330,00	60,00	330,00	10,00	100,00
K	Assar os pães	J	15	16	20	16,5	0,83	0,69

Fonte: Autores, (2018).

Assim, com os dados anteriores foi construído um diagrama de Rede no modelo mais simples:

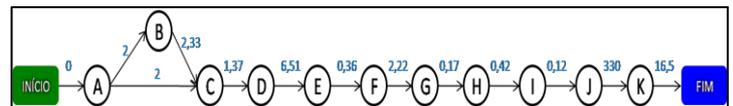


Figura 4: Diagrama de Rede do cenário encontrado.  
Fonte: Autores, (2018).

Após a construção do diagrama foi calculado os tempos mais cedo (em verde) e tardes (em vermelho) de cada tomando como base os tempos esperados (Tb - em azul) e incluídos no diagrama:

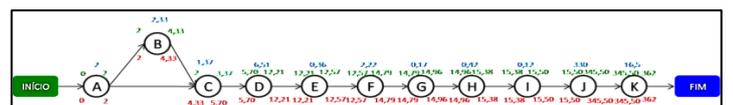


Figura 5: Diagrama de Rede com tempos mais cedo e tardes.  
Fonte: Autores, (2018).

Analisando as folgas do Diagrama podemos identificar o seguinte caminho crítico com extensão de todas as atividades do processo e uma duração total de 362 minutos, destacado em laranja conforme figura abaixo:

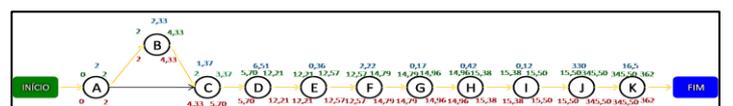


Figura 6: Caminho crítico do processo.  
Fonte: Autores, (2018).

Baseado em todas as informações transmitidas pela empresa, dados coletados e sabendo que todas as suas atividades fazem parte do seu caminho crítico, e assim não podemos realocar

os recursos utilizando as folgas do PERT-CPM, seguem propostas de intervenção e melhorias:

- Primeiro ponto crítico identificado é a higiene, saúde e segurança dos colaboradores. Seria importante implantação de um mapa de risco, estudos ergonômicos para melhorar movimentações dentro do processo e garantir uma boa higiene no produto final;
- Não menos importante é a padronização das receitas e dos processos da empresa, de preferência com implantação de procedimentos, para assim garantir um produto de qualidade e redução dos desperdícios;
- A manutenção dos equipamentos é de extrema e urgente necessidade, principalmente na batedeira. Esta hoje desperdiça bastante insumos ainda no início do processo por conta de um pequeno defeito;
- A participação do auxiliar em mais atividade poderia agilizar a produtividade do pão francês, uma vez que esse colaborador apenas dá suporte ao padeiro realizando acabamentos como a atividade I e pequenas movimentações;
- Utilizar da melhor forma as fornadas de pão. É compreensível a necessidade de assar os pães conforme a saída das vendas, porém pode ser melhor organizado se for planejado assar outros tipos de pães no mesmo momento;
- Buscar alternativas de se assumir uma temperatura estável, até mesmo utilizando ferramentas já usadas no mercado. Isso fará que o tempo da atividade K seja padronizado;
- Existe uma movimentação do equipamento de modelagem do pão (modelador) para próximo da mesa, onde o padeiro realiza a modelagem e o auxiliar do lado oposto recolhe o pão e coloca na badeja. Assim um estudo do layout atual para realizar um rearranjo adequando a essa necessidade teria resultados impactantes tanto para a produtividade quanto para a durabilidade deste equipamento;
- A balança de pesagem dos insumos encontra-se na área externa o que proporciona uma maior movimentação para que seja realizada. Garantiria uma maior eficiência trazer a balança para a área interna, enfatizando a necessidade do estudo do layout adequado;
- Como a padaria já possui uma clientela fidelizada, um estudo de demanda seria crítico para entender horários de pico e não perder vendas.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo como proposto, teve como resultado a rede PERT-CPM do processo produtivo do produto carro chefe da padaria estudada e além dessas informações quantitativas, foi apresentadas algumas sugestões para melhoria e otimização do cenário identificado, sem nenhum tipo de investimento financeiro (a não ser para gestão da manutenção dos equipamentos) para melhor disposição das atividades, utilização eficiente dos recursos e rearranjo no layout, que pode ser objeto de estudo de próximos trabalhos.

Compreendendo assim a eficiência da ferramenta PERT-CPM para análise do cenário, identificação do caminho crítico e das folgas do processo para melhor utilização dos recursos para proporcionar um ótimo desempenho da produtividade e redução de custos, eliminação das perdas e dos gargalos, sem necessariamente uma intervenção financeira.

## VI. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Milena e sua família pela oportunidade de abrir as portas, tão gentilmente, da sua padaria para um estudo acadêmico. Esperamos que seja apenas o primeiro de muitos outros estudos que proporcionarão dados para que possamos juntos promover um melhor desempenho produtivo e rentabilidade para a empresa.

## VII. REFERÊNCIAS

- [1] Portal do Empreendedor. **Sobre o portal**. Disponível em: <<http://www.portaldoempreendedor.gov.br/menu-rodape/sobre-o-portal-1>>. Acesso em: 2 de nov. 2017.
- [2] Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **O que é ser mei**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/o-que-e-ser-mei>>. Acesso em: 2 de novembro de. 2017.
- [3] Laudon, Kenneth C.; Laudon, Jane P.. **Sistemas de informações gerenciais**. 11ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014.
- [4] Correa, Henrique Luiz.; Giansi, Irineu Gustavo Nogueira.; Caon, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5ª edição. São Paulo: Atlas, 2007.
- [5] Andrade, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional : métodos e modelos para análise de decisões**. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- [6] Moreira, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2ª Edição. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- [7] Cukierman, Zigmundosalomão. **O modelo PERT/CPM aplicado a projetos: planejamento para o futuro**. 8ª edição. Rio de Janeiro, Reicmann& Affonso, 2000.
- [8] Ballester-Alvarez, Maria Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2012.
- [9] Tubino, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 2017.
- [10] Martins, Petronio Garcia; Laugeni, Fernando Piero. **Administração da produção**. 3ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2015.
- [11] Mattos, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. 1ª edição. São Paulo: Pini, 2010.
- [12] Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. **Administração da Produção**. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2015.
- [13] Keelling, Ralph; Branco, Renato Henrique Ferreira. **Gestão de Projetos: uma abordagem global**. 3ª edição. São Paulo: Saraiva, 2014.
- [14] Gil, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2008.