

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/323541301>

# Introdução à Engenharia de Produção

Book · May 2017

CITATIONS

6

READS

10,117

2 authors:



**Adriana Ferreira de Faria**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

53 PUBLICATIONS 153 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Danielle Dias Sant'Anna Martins**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

7 PUBLICATIONS 42 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Science and Technology Parks [View project](#)



Incubadora de Empresas [View project](#)



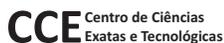
# **INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

© 2017, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP)  
Universidade Federal de Viçosa

Realização:



Apoio:



Impressão:

Editora DEP

Capa, projeto gráfico e diagramação:  
Carlos Joaquim Einloft

Revisão:

Cada autor de capítulo é o responsável pela correta citação e indicação da fonte, quando for pertinente.

Pedidos:

Departamento de Engenharia de Produção  
Avenida Peter Henry Rolfs s/n - Campus da UFV  
CEP 36570-900 - VIÇOSA, MG.  
Tel: (31) 3899 4097 / Fax: (31) 3899 4088  
E-mail: epr@ufv.br

**Ficha catalográfica preparada por  
Fabiane Cristina da Silva Reis CRB-6 2975**

I61  
2017

Introdução à Engenharia de Produção / Adriana Ferreira de  
Faria e Danielle Dias Sant'Anna Martins (Editores). – Viçosa,  
MG : DEP, 2017.  
236 p. : il. ; 23 cm.

ISBN: 978.85.93862.00-7  
Inclui Bibliografia

1. Engenharia de produção. 2. Engenharia. 3. Tecnologias  
de gestão. 4. Sistemas de produção. I. Faria, Adriana Ferreira  
de. II. Martins, Danielle Dias Sant'Anna. III. Título.

CDD 22. ed. 658.5

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS**

Nenhuma parte dessa publicação pode ser reproduzida, apropriada e estocada,  
por qualquer forma ou meio, sem autorização prévia e escrita dos editores.

# prefácio

---

Em 2015, na oportunidade de seu aniversário de 5 anos e de 15 anos do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Viçosa (UFV), o grupo Programa de Educação Tutorial da Engenharia de Produção (PET-EPR) se propôs a comemorar essa data com o desenvolvimento do projeto desse livro. O Programa buscou refletir sobre os avanços do curso e do grupo, e ainda sobre as dificuldades de construção de uma formação de qualidade. Como um dos resultados dessas reflexões veio a necessidade de prestar uma homenagem àqueles que trabalharam e continuam trabalhando para a excelência da Engenharia de Produção na UFV.

O livro apresenta as principais áreas da Engenharia de Produção, que constituem a matriz curricular do curso, de forma a permitir que estudantes e profissionais tenham uma visão abrangente da profissão e dos campos de atuação. Dessa forma, entende-se que o livro possa ser utilizado tanto como referência para a disciplina de Introdução à Engenharia de Produção, auxiliando aos calouros, quanto por aqueles que desejam conhecer mais sobre uma determinada área.

Espera-se, ainda, que o livro contribua com o processo de decisão sobre a escolha da futura profissão. Além da descrição das áreas e como elas são trabalhadas no curso, o livro também apresenta os principais

projetos de ensino, pesquisa e extensão do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP), nos quais os alunos têm a oportunidade de participar.

O PET-EPR foi criado em 01 de dezembro de 2010 na UFV, conforme o Manual de Orientações Básicas do Programa de Educação Tutorial da Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (PET/SESu/MEC), e em conformidade com a Lei nº 11.180/2005 e com as Portarias nº 3.385/2005, nº 1.632/2006 e nº 1.046/2007. Desde a sua criação, o grupo PET-EPR vem realizando suas atividades a fim de contribuir com a melhoria da qualidade acadêmica do curso de Engenharia de Produção.

O Programa, além de proporcionar ao integrante novos conhecimentos acadêmicos, também contribui com uma melhor formação ética e cidadã dos alunos. Sob a orientação de um professor tutor, os alunos membros têm a oportunidade de realizar atividades extracurriculares – envolvendo ensino, pesquisa e extensão – que complementam a estrutura curricular convencional, visando ampliar e aprofundar os conteúdos programáticos que a integram. As atividades acadêmicas são realizadas em padrões de qualidade de excelência, oferecendo a oportunidade de capacitação e desenvolvimento de competências tanto aos alunos envolvidos direta quanto aos envolvidos indiretamente com o Programa.

Programa de Educação Tutorial (PET)  
Engenharia de Produção (EPR)

# apresentação

---

Este livro foi escrito a várias mãos, em especial pelos professores e pelos grupos de pesquisa e extensão que compõem o Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da UFV (DEP). Em linhas gerais, cada capítulo aborda as principais áreas da engenharia de produção e seus campos de atuação, bem como elas são trabalhadas no Curso. Ao final são apresentados os principais projetos e programas de ensino, pesquisa e extensão do Departamento.

O Capítulo 1 trata sobre o Planejamento, Programação e Controle da Produção, sem dúvida alguma, uma das principais áreas da Engenharia de Produção. O capítulo apresenta a visão geral sobre o tema, as abordagens a respeito da previsão de demanda, o contexto do planejamento mestre da produção e os conceitos básicos sobre gestão de estoques e sistemas de produção.

O Capítulo 2 aborda os níveis de decisão relacionados ao Projeto de Fábrica e layout, as definições e os motivos que levam à reestruturação de um arranjo físico e apresenta dois estudos de casos relacionados ao tema.

O Capítulo 3 apresenta o conceito de Logística, a evolução da logística, a gestão da cadeia de suprimentos, a descrição das atividades mais

importantes desta área, as categorias dos métodos de avaliação quantitativa e os trabalhos realizados no DEP para a melhoria logística de algumas cadeias de suprimento.

O Capítulo 4 refere-se à Pesquisa Operacional, descrevendo a sua origem, os principais conceitos, as técnicas e ferramentas, a contextualização da área no âmbito da Engenharia de Produção e as abordagens práticas desenvolvidas pelo DEP.

O Capítulo 5 descreve a área de Engenharia da Qualidade, trazendo as principais definições da área, as considerações sobre a implantação do Sistema de Gestão da Qualidade em uma organização, a relação desta área com a abordagem por processos e por fim, apresenta como são realizados os trabalhos referentes a esse tema pelo Curso.

O Capítulo 6 conceitua a área de Gerenciamento de Projetos, apresenta a relação dessa com a estratégia organizacional e o gerenciamento de operações, pontua informações relevantes a respeito do papel do gerente de projetos e o uso de software de gerenciamento de projetos e argumenta sobre a importância do conhecimento dessa área na formação do engenheiro de produção.

O Capítulo 7 aborda a relevância do Desenvolvimento de Produto para a competitividade das empresas, descreve o Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) e seus pontos de decisão e apresenta como ocorre o estudo do desenvolvimento de produtos no DEP.

De forma alinhada com o capítulo anterior, o Capítulo 8 relata sobre a importância da Gestão da Inovação para a competitividade empresarial e o desenvolvimento econômico do país, distingue os conceitos de invenção e inovação, apresenta pontos pertinentes a respeito da necessidade de gerenciar o processo de inovação e aborda os trabalhos já realizados no DEP com essa temática, em especial pelo Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG).

O Capítulo 9 refere-se à área de Engenharia Econômica, trazendo considerações pertinentes a respeito da elaboração do estudo de viabilidade técnica e econômica, do estudo de escala e da operação das unidades produtivas.

Complementando o capítulo anterior, o Capítulo 10 detalha questões relevantes relativas à área de Segurança do Trabalho, como a legisla-

---

ção brasileira, gestão dos riscos e avaliação e gerenciamento de riscos ocupacionais.

O Capítulo 11 tem como enfoque a área de Ergonomia aplicada à engenharia de produção, apresentando conceitos relevantes como o sistema homem-máquina, antropometria, biomecânica ocupacional e carga de trabalho físico.

Considerando as preocupações relevantes da sociedade, o Capítulo 12 trata do desenvolvimento sustentável, relata sobre a importância da sustentabilidade para as organizações, apresenta as questões dos principais aspectos ambientais envolvidos nos sistemas produtivos e também aborda a implantação de sistemas de Gestão Ambiental.

Ao final do livro, são apresentados os principais Programas, associados ao ensino, à pesquisa e à extensão, desenvolvidos pelo Departamento de Engenharia de Produção, com a participação e o envolvimento dos alunos do curso. Esses Programas, sem nenhuma dúvida, constituem um dos principais diferenciais do curso de Engenharia de Produção da UFV, pois oferecem momentos privilegiados de contextualizar a teoria, por meio da aplicação prática que oferece soluções importantes e diferenciadas para a sociedade.

O PET-EPR espera que esse trabalho possa contribuir com a formação dos estudantes e profissionais de Engenharia de Produção e, em especial, que o Curso de Engenharia de Produção da UFV e seus alunos e professores se sintam homenageados e o recebam como a concretização da eterna gratidão do Programa.

Profa. Adriana Ferreira de Faria  
*Tutora PET-EPR*



# agradecimentos

---

É com grande satisfação que o Programa de Educação Tutorial do Curso de Engenharia de Produção (PET-EPR) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) vem manifestar os seus sinceros agradecimentos a todos os que contribuíram para a realização desta obra:

À UFV por dar suporte à criação e implantação do Programa.

Ao Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP) pela acolhida e pelo apoio à realização de todas as atividades do PET-EPR, o que tornou possível a materialização desse projeto.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção, os principais responsáveis pela elaboração desse livro, que compartilharam de forma generosa os seus conhecimentos e doaram parte do seu precioso tempo para a concretização do mesmo.

Aos alunos do curso de Engenharia de Produção, a razão maior dessa iniciativa, o que fazemos em nome do Diretório Acadêmico do curso (DAEP), pela parceria, pela confiança e o pelo engajamento nesse e em muitos outros projetos.

Aos programas de extensão do nosso Departamento, que contribuem de forma efetiva para a excelência da formação acadêmica dos alunos.

Aos apoiadores desse projeto, de forma institucional e financeira, sem os quais esse projeto não teria sido materializado: Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCE), Fundação Arthur Bernardes (Funar-be), Centro Tecnológico de Desenvolvimento Regional de Viçosa (Cen-Tev) e o Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG).

Finalmente, à Secretaria de Educação Superior (SESu), unidade do Ministério da Educação (MEC), responsável pelos Programas PET.

# nota sobre os autores

---

## Adriana Ferreira de Faria

Possui graduação em Engenharia Química (1995), mestrado (1998) e doutorado (2002) em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia. Desde 2007, é professora associada da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP). Nessa Instituição, de 2011 a 2015, foi Diretora do Centro Tecnológico de Desenvolvimento Regional de Viçosa (CENTEV/UFV), órgão que reúne a Incubadora de Empresas, o Parque Tecnológico de Viçosa (tecnoPARQ), a Central de Empresas Juniores e o Núcleo de Desenvolvimento Social (Nudese); e de 2007 a 2011, foi Coordenadora da Incubadora de Empresas. Foi Diretora de Rede Mineira de Inovação (RMI), gestão 2013/2014. Atualmente, é Membro da Comissão Permanente de Propriedade Intelectual da UFV (CPPI/NIT) e Tutora do Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Engenharia de Produção. Faz parte da Comissão de Graduação da Abepro. Suas áreas prioritárias de atuação são: gestão da inovação, gestão de ambientes de inovação e interação universidade-empresa-governo. É líder do grupo de pesquisa Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG). Tem pós-doutorado em gestão de ambientes de inovação realizado na North Carolina State University (USA).

## Alexandre Navarro da Silva

Engenheiro de Produção (2009), Mestre (2011) e Doutor (2014) em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa. Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da Universidade Federal de Viçosa (UFV) desde 2010. Membro de corpo editorial e revisor de periódicos nacionais e internacionais, com artigos publicados internacionalmente. Revisor de trabalhos técnicos nos principais eventos de Engenharia de Produção do Brasil: ENEGEP, SIMPEP e EMEPRO. Coordenador da Empresa Júnior de Engenharia Mecânica e de Produção (Soluções Consultoria) da UFV.

## Amaury Paulo de Souza

Possui graduação em Engenharia Florestal - Universidade Federal de Viçosa (1972), mestrado em Ciência Florestal - University of Washington (1976) e doutorado em Ciência Florestal/Exploração Florestal/Ergonomia - University of British Columbia (1984). Possui especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho - FUMEC (2001) e o título de Ergonomista Certificado - ABERGO. Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Viçosa e coordenador do Laboratório de Ergonomia - ERGOLAB. Tem experiência

na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Técnicas e Operações Florestais, atuando principalmente nos seguintes temas: ergonomia, colheita florestal, mecanização florestal, transporte florestal e segurança do trabalho.

## Danielle Dias Sant'Anna Martins

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1997) e mestrado (2000) e doutorado (2014) em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa. É professora do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP) da Universidade Federal de Viçosa, atuando principalmente nas áreas de Logística, Simulação da Produção e Engenharia Econômica. Atualmente é Chefe de Seção da Engenharia de Produção, Membro da Comissão Coordenadora do Curso de Engenharia de Produção, Membro da Comissão de Ensino e Comissão de Gestão do DEP.

## Jaqueline Akemi Suzuki Sedyama

Possui graduação em Engenharia de Produção (2004), mestrado em Administração (2012), pós-graduação em Engenharia e Segurança do Trabalho (2012) pela Universidade Federal de Viçosa. É professora do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), desde 2013. Nesta instituição foi Coordenadora do curso de Engenharia de Produção (2014-2016); Coordenadora da Incubadora de Empresas de Base Tecnológica CENTEV/UFV (2013-2014); Coordenadora da Empresa Júnior de Engenharia de Produção e Mecânica (2013-2015). Suas áreas prioritárias de atuação são: engenharia econômica, gestão por processos e projeto de fábrica. É membro do grupo de pesquisa e extensão tecnológica Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG).

## Luciano José Minette

Luciano José Minette concluiu o doutorado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa em 1995. Atualmente, é Professor Associado IV da Universidade Federal de Viçosa. Publicou 157 artigos em periódicos especializados e 162 trabalhos em anais de eventos. Possui 89 capítulos de livros e 13 livros publicados. Possui 127 itens de produção técnica. Em eventos, participou em 143 e organizou 19. Orientou e coorientou 45 dissertações de mestrado, 14 teses de doutorado, 27 trabalhos de iniciação científica, 49 Monografias de conclusão de curso de aperfeiçoamento/especialização, 98 trabalhos de conclusão de curso na área de Engenharia Florestal, Engenharia de Produção e Engenharia Ambiental, e 107 orientações de estágios. Participou de 98 bancas de trabalhos de conclusão de Mestrado, 27 bancas de Teses de doutorado e 26 de Qualificações de Doutorado e 100 de Monografias de cursos de aperfeiçoamento/especialização. Recebeu 32 prêmios e/ou homenagens. Entre 1989 e 2015 participou

de 114 projetos de pesquisa, sendo que coordenou 49 destes. Atualmente, coordena 2 projetos de pesquisa. Atua na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Segurança do Trabalho e Ergonomia. Em suas atividades profissionais interagiu com 57 colaboradores em coautoria de trabalhos científicos. Em seu currículo Lattes, os termos mais frequentes na contextualização da produção científica, tecnológica e artístico-cultural são: ergonomia, colheita florestal, plano de estudo, indústria papelreira, manejo florestal, Ergonomia florestal, corte florestal, celulose, transporte florestal e segurança do trabalho.

## Marco Antônio Sartori

Possui graduação em Engenharia de Alimentos, especialização em Gestão da Produção, mestrado e doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa, com ênfase em projetos e instalações industriais. Atualmente exerce o cargo de Professor Adjunto na Universidade Federal de Viçosa.

## Marcos Fernandes de Castro Rodrigues

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Viçosa (2010). É membro do Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG) da UFV. Possui experiência nas áreas de desenvolvimento de produtos e gestão da inovação. Foi professor substituto no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da UFV em 2015.

## Milton Vieira Junior

Professor e pesquisador do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho (UNINOVE), é o atual Presidente da Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO (gestão 2014/2015 e gestão 2016/2017). Possui Graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos USP (1987), Mestrado (1992) e Doutorado em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos USP (1996). Foi professor titular da Universidade Metodista de Piracicaba (entre março de 1990 e março de 2008), onde atuou na graduação e na pós-graduação orientando mestrado e doutorado. Atua, principalmente, nos seguintes temas: otimização de processos, sistemas de manufatura, automação da manufatura, competitividade e produtividade e ensino de engenharia. Foi membro do Comitê Assessor do INEP para o ENADE das Engenharias - Grupo VI (Engenharia de Produção) nos anos de 2005, 2008 e 2011. É também avaliador de cursos de Engenharia de Produção. Conselheiro do CREA-SP entre 2003 e 2008 e entre 2012 e 2017, sendo eleito Coordenador da Câmara Especializada em Engenharia Mecânica e Metalúrgica nos anos de 2013 e 2014. Fez parte da Comissão de Especialistas da Área Industrial do CONFEA para a elaboração da Matriz do Conhecimento da Resolução 1010/05 para a Engenharia de Produção.

## Nédson Antônio Campos

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1993), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais (2002) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010) realizado em co-tutela com a Universidade de Grenoble (França) obtendo o título de doutor em Sociologia Industrial. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Organização da Produção e Organização do Projeto, atuando principalmente nos seguintes temas: organização do processo de produção baseada na análise do trabalho, organização do processo de desenvolvimento de novas tecnologias, especialmente nas empresas iniciantes, baseado nas ciências da inovação.

## Stanley Schettino

Engenheiro Florestal (Universidade Federal de Viçosa - 1992), Mestre em Ciências Florestais (Universidade Federal de Viçosa - 1999), MBA em Gestão Empresarial (Fundação Getúlio Vargas - 2002), Engenheiro de Segurança do Trabalho (PUC-PR - 2010). Possui grande experiência na área Engenharia Florestal, com ênfase em Colheita Mecanizada de plantios de reflorestamento e Planejamento Florestal. Atua como Engenheiro de Segurança do Trabalho elaborando Programas de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, Laudos Técnicos de Condições Ambientais do Trabalho - LTCAT, Avaliações Ergonômicas do Trabalho - AET, além de laudos técnicos diversos, com foco em insalubridade e periculosidade. Atua como professor convidado no curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Federal de Viçosa, ministrando as disciplinas Higiene do Trabalho - Riscos Físicos, Administração Aplicada à Engenharia de Segurança do Trabalho, Proteção contra Incêndio e Explosões e Planificação de Emergências e Atendimento de Catástrofes. É Perito nomeado pela Justiça dos Fóruns Cível e Trabalhista da Comarca de Viçosa, Minas Gerais, para a assuntos relativos à área de Engenharia de Segurança do Trabalho.

# lista de figuras

---

Figura 1.1. Volumes de produção, de vendas e de estoques.....	14
Figura 1.2. Relação entre as atividades do PCP e os horizontes de tempo de planejamento. Adaptado de Tubino (2009).....	16
Figura 1.3. Dinâmica de planejamento e programação da produção.....	17
Figura 1.4. Elementos do PCP.....	18
Figura 1.5. Os erros de previsão crescem como aumento do horizonte de tempo.....	21
Figura 1.6. Demanda real e prevista pela média móvel de 3, 6 e 12 períodos.....	24
Figura 1.7. Erro observado nas previsões.....	24
Figura 1.8. Hierarquia de planejamento.....	26
Figura 1.9. Modelo genérico de curva de nível de estoque.....	31
Figura 1.10. Visão geral do MRP.....	32
Figura 1.11. Árvore de estrutura de produto e lista de componentes de uma caneta.....	33
Figura 1.12. Registro básico do MRP.....	33
Figura 1.13. Evolução dos sistemas.....	35
Figura 1.14. Diferenças entre sistemas empurrados e puxados.....	36
Figura 1.15. Sistema empurrado.....	37
Figura 1.16. Sistema puxado.....	37
Figura 1.17. Exemplos de cartões kanban.....	40
Figura 2.1. Níveis de decisão para o Projeto de Fábrica e Layout.....	45
Figura 3.1. Visão da logística integrada para agregação de valor ao consumidor final.....	57
Figura 4.1. Processo de tomada de decisão.....	67
Figura 4.2. Um modelo do processo de resolução do problema.....	68
Figura 5.1. Representação esquemática simples de uma empresa.....	76
Figura 5.2. Representação esquemática simples de um processo.....	85
Figura 5.3. Representação esquemática do processo por meio do diagrama de causa e efeito.....	87
Figura 5.4. Representação do Ciclo PDCA de controle de processos.....	89
Figura 6.1. Processos do gerenciamento de projeto.....	95
Figura 6.2. Principais objetivos e restrições no gerenciamento de projeto.....	96

Figura 6.3. Imagem da interface principal de um software típico de gerenciamento de projeto mostrando a lista de tarefas e o gráfico de Gantt.....	100
Figura 8.1. Esquema geral de apresentação do Sistema EPR de Gestão da Inovação. ....	131
Figura 12.1. Engenharia da Sustentabilidade e suas subáreas.....	177
Figura 12.2. Relações das áreas de uma organização com o SGA.....	180
Figura 12.3. Modelo de Sistema de Gestão Ambiental proposto pela NBR ISO 14001.....	182
Figura 12.4. Relação de dependência entre as atividades produtivas e os recursos naturais e energéticos. ....	183
Figura 12.5. Pilares do desenvolvimento sustentável .....	189
Figura 14.1. Organograma Estrutural da Equipe Skywards. ....	213
Figura 14.2. Foto do protótipo UFVbaja - Competição Nacional de 2014.....	218
Figura 14.3. Exemplos de trabalhos realizados no NEMOS. ....	220
Figura 14.4. Organograma geral do NEMOS. ....	221
Figura 14.5. Primeiros integrantes do programa na área de modelagem e simulação. ....	223
Figura 14.6. Missão, visão e valores do NEMOS. ....	225

---

## lista de quadros

---

Quadro 0.1. Competências e habilidades do engenheiro de produção.....	07
Quadro 1.1. Métodos quantitativos para previsão baseada em séries temporais ...	23
Quadro 1.2. Comparação entre técnicas de previsão de demanda .....	25
Quadro 1.3. Características dos sistemas de produção empurrada e puxada....	38
Quadro 1.4. Diferenças entre o JIT e o MRP .....	41
Quadro 5.1. Normas ISO para a gestão da qualidade.....	83
Quadro 5.2. Estrutura hierárquica para os processos .....	86
Quadro 10.1. Medidas de proteção e controle na gestão dos riscos ocupacionais....	152
Quadro 13.1. Relação de professores e coordenadores do Curso de Engenharia de Produção da UFV até 2015. ....	195
Quadro 14.1. Missão, visão e valores do PET-EPR (março de 2016).....	201
Quadro 14.2. Principais atividades desenvolvidas pelo PET-EPR.....	203

INTRODUÇÃO .....	01
1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) .....	13
1.1. Visão geral do PCP .....	13
1.2. Previsão de demanda .....	19
1.3. Métodos de previsão.....	22
1.4. Gestão da previsão .....	25
1.5. Planejamento mestre da produção .....	26
1.6. Gestão de estoques .....	28
1.7. MRP - Planejamento de Necessidades de Materiais.....	32
1.8. Sistemas de produção .....	34
1.9. <i>Just-in-time</i> (JIT) .....	39
1.10. Conclusões.....	42
1.11. Atividades sugeridas .....	42
Referências do capítulo .....	43
2. PROJETO DE FÁBRICA.....	45
2.1. Visão geral.....	45
2.2. Arranjo físico.....	46
2.3. Estudos de casos relacionados ao tema .....	50
2.4. Considerações finais .....	52
Referências do capítulo .....	52
3. LOGÍSTICA.....	55
3.1. Visão geral.....	55
3.2. Evolução da logística à gestão da cadeia de suprimentos.....	56
3.3. Atividades da logística .....	57
3.4. Logística como vantagem competitiva .....	58
3.5. Métodos quantitativos em logística .....	60
3.6. Aplicações práticas da logística.....	62
Referências do capítulo .....	63

4. PESQUISA OPERACIONAL.....	65
4.1. Origem e conceituação da pesquisa operacional.....	65
4.2. Técnicas de pesquisa operacional.....	66
4.3. Contextualização na Engenharia de Produção.....	69
4.4. Abordagem prática desenvolvida no DEP/UFV.....	71
Referências do capítulo.....	73
5. ENGENHARIA DA QUALIDADE.....	75
5.1. Entendendo a qualidade e as tecnologias de gestão.....	75
5.2. Sistema de Gestão da Qualidade.....	81
5.3. A gestão da qualidade e a abordagem por processos.....	85
5.4. A gestão da qualidade no DEP.....	91
6. GERENCIAMENTO DE PROJETO.....	93
6.1. O que é um projeto?.....	93
6.2. O que é gerenciamento de projetos?.....	95
6.3. Gerenciamento de projetos e estratégia organizacional.....	97
6.4. Gerenciamento de projetos e gerenciamento de operações.....	97
6.5. Papel do gerente de projetos.....	99
6.6. Software de gerenciamento de projeto.....	99
6.7. O gerenciamento de projeto na formação do engenheiro de produção ...	100
7. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.....	101
7.1. Contexto.....	101
7.2. Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP).....	103
7.3. Pontos de decisão no PDP - <i>gates</i> .....	110
7.4. Desenvolvimento de produtos no DEP.....	114
8. GESTÃO DA INOVAÇÃO.....	117
8.1. Contexto.....	117
8.2. Gestão do processo de inovação.....	119
8.3. Inovação e desenvolvimento econômico.....	125
8.4. Gestão da Inovação no DEP.....	130
9. ENGENHARIA ECONÔMICA.....	133
9.1. Aplicação no contexto de projetos industriais.....	133
9.2. O estudo de viabilidade técnica.....	133

9.3. O estudo de viabilidade econômica .....	135
9.4. Caso: estudo de escala e de operação das unidades de extração de óleos vegetais .....	138
9.5. Considerações finais.....	140
Referências do capítulo .....	140
<b>10. SEGURANÇA DO TRABALHO .....</b>	<b>143</b>
10.1. Introdução .....	143
10.2. Legislação brasileira sobre segurança do trabalho .....	145
10.3. Conceitos importantes em segurança do trabalho.....	146
10.4. Gestão dos riscos.....	148
10.5. Avaliação e gerenciamento de riscos ocupacionais .....	153
10.6. Conclusões .....	158
Referências do capítulo .....	158
<b>11. ERGONOMIA .....</b>	<b>161</b>
11.1. Contexto .....	161
11.2. Sistema ser humano máquina .....	163
11.3. Antropometria.....	164
11.4. Biomecânica ocupacional.....	166
11.5. Carga de trabalho físico.....	168
Referências do capítulo .....	170
<b>12. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE .....</b>	<b>173</b>
12.1. Desenvolvimento sustentável .....	173
12.2. Sustentabilidade nas organizações.....	175
12.3. Engenharia da sustentabilidade na engenharia de produção .....	176
12.4. Gestão ambiental.....	177
12.5. Sistemas de gestão ambiental e certificação .....	179
12.6. Gestão de recursos naturais e energéticos .....	182
12.7. Gestão de efluentes e resíduos industriais .....	184
12.8. Produção mais limpa e ecoeficiência .....	187
12.9. Responsabilidade social.....	188
12.10. Conclusões.....	189
12.11. Atividades sugeridas .....	190
Referências do capítulo .....	191

13. O CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UFV .....	193
14. PROGRAMAS DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (DEP) ..	199
14.1. Programa de Educação Tutorial (PET) .....	199
14.2. Diretório Acadêmico de Engenharia de Produção (DAEP) .....	204
14.3. Empresa Júnior - Soluções Consultoria .....	208
14.4. Aerodesign - Equipe Skywards.....	211
14.5. UFVbaja .....	215
14.6. NEMOS .....	220
14.7. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - Júnior (CREA-JR).....	224
14.8. Engenheiros Sem Froteiras .....	228

# Introdução

---

Adriana Ferreira de Faria  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)  
Milton Vieira Junior  
Universidade Nove de Julho (UNINOVE)

## CONTEXTO - A ENGENHARIA NO BRASIL

A evolução da engenharia está atrelada à própria história da humanidade. A engenharia nasce quando o homem aprende, ainda que de forma primitiva, a utilizar a energia para transformar a matéria. Num primeiro momento, a engenharia se confunde com a invenção de engenhos que permitem ou facilitam a sobrevivência do homem. Em um segundo momento, a engenharia está relacionada com o desenvolvimento de bens e serviços que melhoram a qualidade de vida das pessoas. Por fim, a engenharia faz com que o homem desafie os supostos limites e possa explorar toda a sua capacidade criativa e intelectual, transpondo do campo das ideias para a realidade os seus desejos e aspirações, por meio de inovações tecnológicas que possam contribuir cada vez mais com o desenvolvimento da humanidade, em harmonia com as forças da natureza.

De uma forma geral, espera-se que, por meio de modelagem, simulação e projeto, à luz do método científico, um engenheiro seja capaz de oferecer soluções. É comum afirmar que engenheiros criam o que não existe, enquanto cientistas buscam explorar, entender e explicar o que existe. Assim, a engenharia esteve presente em cada fase do desenvolvimento da raça humana: desde a fabricação rudimentar de ferramentas e utensílios para caça, agricultura e guerra, à Sociedade Coletora; passando pelas construções e edificações, bem como pela manufatura de produtos de forma artesanal, também na Sociedade Agrícola; posteriormente pela produção industrial de bens,

promovendo a Revolução Industrial; chegando ao desenvolvimento de produtos, serviços e processos de alta complexidade tecnológica, já na Era do Conhecimento.

Acompanhando a expansão do conhecimento científico e dos saberes veio a necessidade de repassá-los de forma sistematizada às próximas gerações, garantindo assim a construção e o desenvolvimento contínuo da capacidade intelectual da humanidade. Nessa perspectiva surgem as escolas, as universidades e os campos e as áreas de conhecimento. Com a engenharia não foi diferente. Sabe-se que a primeira escola de engenharia foi a famosa *École Nationale de Ponts et Chaussées*, criada em Paris, em 1747, formando os profissionais precursores da atual engenharia civil (não militar). A primeira escola de engenharia do Brasil e das Américas foi a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, criada em 1792 no Rio de Janeiro. Merece destaque a criação da Escola de Minas em Ouro Preto, em 1874.

A profissão de engenheiro no Brasil foi regulamentada em nível nacional, em 1933, pelo Decreto Federal nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933, assinado pelo “Chefe do Governo Provisório da República dos Estados Unidos do Brasil”, Getúlio Vargas. Atualmente, a profissão é regulamentada pela Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966, que regula o exercício das profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro agrônomo, e dá outras providências. É importante salientar que as condições para início de exercício profissional não residem no diploma, mas no atendimento aos parâmetros do controle de exercício profissional a cargo dos respectivos conselhos profissionais. A aplicação do que dispõe esta Lei, a verificação e a fiscalização do exercício e atividades da profissão de engenheiro são realizadas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea) e pelos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA).

O sistema educacional para os cursos de engenharia é basicamente regulamentado pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB - Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996), pelas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Engenharia (DCN - Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, CNE/CES de 11 de março de 2002) e pelo Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior

(SINAES - Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004, que institui a avaliação das instituições de educação superior, de cursos e do desempenho dos estudantes).

Após a promulgação da LDB e a extinção dos currículos mínimos e o lançamento das novas DCN, o Confea publicou nova resolução substituindo a Resolução 218/1975, que discriminava as atividades das diferentes modalidades profissionais de engenharia. A nova resolução veio no sentido de não apenas regulamentar a nova legislação educacional, mas também para atualizar as novas e diferentes áreas de atuação e modalidades de engenharia. Neste sentido, foi publicada a Resolução do Confea 1010/2005, que dispunha sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, inclusive a engenharia de produção.

Posteriormente, em 19 abril de 2016, o Confea publicou a Resolução 1.073, que regulamenta a atribuição de títulos, atividades, competências e campos de atuação profissionais dos profissionais registrados no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional no âmbito da Engenharia e da Agronomia.

São adotadas pela Resolução 1073/2016, em seu Art. 2º, para efeito da fiscalização do exercício das profissões, as seguintes definições:

- Atribuição profissional: “Ato específico de consignar direitos e responsabilidades, na defesa da sociedade, para o exercício da profissão de acordo com a formação profissional obtida em cursos regulares, junto ao sistema oficial de ensino brasileiro”.
- Competência profissional: “Capacidade de utilização de conhecimentos, habilidades e atitudes necessários ao desempenho de atividades em campos profissionais específicos, obedecendo a padrões de qualidade e produtividade”.
- Campo de atuação profissional: “Conjunto de habilidades e conhecimentos adquiridos pelo profissional no decorrer de sua vida laboral em consequência da sua formação profissional obtida em cursos regulares, junto ao sistema oficial de ensino brasileiro”.
- Título profissional: “Título constante da Tabela de Títulos do Confea, atribuído pelo Crea ao portador de diploma de conclusão de cursos re-

gulares, expedido por instituições de ensino credenciadas, em conformidade com as diretrizes curriculares, o projeto pedagógico do curso e o perfil de formação profissional, correspondente a um campo de atuação profissional sob a fiscalização do Sistema Confea/Crea”.

- Modalidade profissional: “Conjunto de campos de atuação profissional da Engenharia correspondentes a formações básicas afins, estabelecido em termos genéricos pelo Confea”.
- Curso regular: “Curso técnico ou de graduação ou de bacharelado reconhecido pelo sistema oficial de ensino brasileiro, curso de especialização oficialmente autorizado e credenciado pelo sistema oficial de ensino brasileiro e curso de pós-graduação lato sensu e stricto sensu considerado válido, em consonância com as disposições legais que disciplinam o sistema oficial de ensino brasileiro”.

## A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A prática da Engenharia de Produção (EP) surge como uma resposta natural à Revolução Industrial em função da necessidade de integrar homens e máquinas-ferramenta para os sistemas de produção. Contudo, o surgimento da EP, enquanto grande área do conhecimento está relacionado com o desenvolvimento do denominado *Scientific Management*, desenvolvido nos Estados Unidos (EUA), entre 1882 e 1912, em função dos trabalhos de Frederick Winslow Taylor, F. L. Gilbreth, H. L. Gantt e outros. O método mais tarde ficou conhecido como *Industrial Engineering* e Taylor é considerado o “pai” da Engenharia de Produção<sup>1</sup>. A EP nos EUA é conhecida como *Industrial Engineering*, mas no Brasil a Engenharia Industrial tem outro campo de atuação.

O curso de graduação em EP é relativamente novo no Brasil. A formação na área teve início em 1955, com a criação de disciplinas no âmbito da pós-graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP) pelo Professor Ruy Aguiar da Silva Leme. Em 1958, foi criada a opção Produção dentro do curso de graduação em Engenharia Mecânica da Poli/USP. Assim, formava em 1960 a primeira turma de

---

<sup>1</sup> LEME, R. A. S. *História da engenharia de produção*. São Paulo: Mimeo, 1983.

Engenheiros de Produção do país. Em 1970, a USP criaria o primeiro curso de EP, na chamada modalidade “plena”. Já o primeiro curso de pós-graduação em EP foi criado na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), em 1967<sup>2</sup>. Enquanto, em 1990 existiam 19 cursos de graduação em EP, no país, em 2013 já eram mais 530 cursos de um total de 3.050 cursos de Engenharia<sup>3</sup>. A EP é a modalidade de engenharia com o maior número de cursos no Brasil.

Apesar do crescimento exponencial do número de cursos, a modalidade de Engenharia de Produção, especialmente a considerada “plena” ou “pura” sempre provocou controvérsias e questionamentos. Muitos chegavam a questionar se a EP era de fato engenharia, o que obviamente não faz sentido. A questão que não queria calar, de uma forma geral, era “qual a base tecnológica da Engenharia de Produção plena?”. Assim, os críticos, em seus argumentos, defendiam que a EP deveria estar atrelada a uma base tecnológica tradicional como a mecânica, civil ou elétrica, por exemplo. Daí os chamados cursos com ênfase ou modalidades, muito comuns até meados da década de 90, como: Engenharia de Produção Mecânica, Engenharia de Produção Química, Engenharia de Produção Civil etc.

Esses questionamentos levaram, no final da década de 90, a uma grande mobilização da comunidade acadêmica, liderada pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro). Por meio de seus grupos de trabalho (GT), organizados durante o Encontro Nacional de Coordenadores de Cursos de Engenharia de Produção (Encep), a Abepro formulou um conjunto de diretrizes para os cursos de Engenharia de Produção no Brasil, que são amplamente aceitas.

Assim, conforme as diretrizes curriculares da Abepro, propostas no documento Engenharia de Produção Grande Área e Diretrizes Curriculares, elaborado nas reuniões do grupo de trabalho de graduação, rea-

---

<sup>2</sup> INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ANÍSIO TEIXEIRA & CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA. *Trajetória e Estado da Arte da Formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia*. V. 8. Engenharia de Produção Brasília: INEP, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/observatorioengenharia/files/2012/01/vol07.pdf>>. Acessado em: 08 de fev. 2016.

<sup>3</sup> OLIVEIRA, V. F.; COSTA, M. V. O. *A evolução do desempenho da engenharia de produção no Enade*. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 2013.

lizadas durante o Enegep de 1997 e III Encontro de Coordenadores de Cursos de Engenharia de Produção (Encep) de 1998, modificado na sessão plenária final do IX Encep, em 2003<sup>4</sup>:

Compete à Engenharia de Produção o projeto, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, juntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia.

Produzir é mais que simplesmente utilizar conhecimento científico e tecnológico. É necessário integrar questões de naturezas diversas, atentando para critérios de qualidade, eficiência, custos, fatores humanos, fatores ambientais etc. A Engenharia de Produção, ao voltar a sua ênfase para as dimensões do produto e do sistema produtivo, veicula-se fortemente com as ideias de projetar produtos, viabilizar produtos, projetar sistemas produtivos, viabilizar sistemas produtivos, planejar a produção, produzir e distribuir produtos que a sociedade valoriza. Essas atividades, tratadas em profundidade e de forma integrada pela Engenharia de Produção, são fundamentais para a elevação da competitividade do país.

De acordo com esse documento, o Quadro 0.1 apresenta as competências e habilidades que um engenheiro de produção deve possuir. A descrição das subáreas de conhecimento tipicamente afetas à EP, de acordo com a Abepro<sup>5</sup> estão disponíveis no Anexo I, ao final desse capítulo.

Por fim, os questionamentos sobre a EP foram finalmente liquidados com o advento, em 2005, da Resolução 1010 do Confea, que reconheceu a

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/DiretrCurr2001.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/%C3%81reas%20da%20Engenharia%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em 08 fev. 2016.

Quadro 0.1. Competências e habilidades do engenheiro de produção

<b>Competências</b>	<b>Habilidades</b>
Dimensionar e integrar recursos físicos, humanos e financeiros a fim de produzir, com eficiência e ao menor custo, considerando a possibilidade de melhorias contínuas.	Iniciativa empreendedora.
Utilizar ferramental matemático e estatístico para modelar sistemas de produção e auxiliar na tomada de decisões.	Iniciativa para autoaprendizado e educação continuada.
Projetar, implementar e aperfeiçoar sistemas, produtos e processos, levando em consideração os limites e as características das comunidades envolvidas.	Comunicação oral e escrita.
Prever e analisar demandas, selecionar conhecimento científico e tecnológico, projetando produtos ou melhorando suas características e funcionalidade.	Leitura, interpretação e expressão por meios gráficos.
Incorporar conceitos e técnicas da qualidade em todo o sistema produtivo, tanto nos seus aspectos tecnológicos quanto organizacionais, aprimorando produtos e processos, e produzindo normas e procedimentos de controle e auditoria.	Visão crítica de ordens de grandeza.
Prever a evolução dos cenários produtivos, percebendo a interação entre as organizações e os seus impactos sobre a competitividade.	Domínio de técnicas computacionais.
Acompanhar os avanços tecnológicos, organizando-os e colocando-os a serviço da demanda das empresas e da sociedade.	Conhecimento, em nível técnico, de língua estrangeira.
Compreender a inter-relação dos sistemas de produção com o meio ambiente, tanto no que se refere a utilização de recursos escassos quanto à disposição final de resíduos e rejeitos, atentando para a exigência de sustentabilidade.	Conhecimento da legislação pertinente.
Utilizar indicadores de desempenho, sistemas de custeio, bem como avaliar a viabilidade econômica e financeira de projetos.	Capacidade de trabalhar em equipes multidisciplinares.
Gerenciar e otimizar o fluxo de informação nas empresas utilizando tecnologias adequadas.	Capacidade de identificar, modelar e resolver problemas.
	Compreensão dos problemas administrativos, socioeconômicos e do meio ambiente.
	“Pensar globalmente, agir localmente”.

EP como uma grande área da engenharia, inserida na modalidade industrial, e definiu o seu campo de atuação profissional. Todo o trabalho de inclusão da EP como campo de atuação profissional no Anexo II da Resolução 1010 foi liderado e coordenado pela Abepro junto ao sistema profissional.

## A ATUAÇÃO PROFISSIONAL

Graças à sua formação científica com enfoque e visão sistêmicos, o engenheiro de produção tem competência para integrar os métodos de organização da produção com as técnicas de utilização e otimização dos recursos produtivos. Dessa forma, o engenheiro de produção é capaz de desenvolver sistemas produtivos eficientes que levam as organizações a um maior nível de competitividade, que pode contribuir para o desenvolvimento sustentável do país, um dos mais importantes desafios que a engenharia enfrenta.

O engenheiro de produção tem o foco no sistema de produção e nas suas relações de causa e efeito com os sistemas técnicos (afetos às outras áreas de engenharia) e com o empreendimento (afeto à administração). Dessa forma, ele tem o capital intelectual necessário para desenvolver e executar estratégias competitivas que passam necessariamente pelo desenvolvimento de produtos inovadores e processos produtivos mais eficientes, sempre com maior conteúdo tecnológico e qualidade e menores custos.

O fato é que a EP auxilia na construção de uma visão sistêmica da organização, de forma que os problemas possam ser tratados através de um processo de melhoria contínua, gerando sempre diversas alternativas para a tomada de decisão, que consideram aspectos humanos, tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais. Dessa forma, o profissional de EP deve ser capaz de integralizar os conhecimentos e habilidades adquiridos ao longo de sua formação com os valores éticos e humanísticos, por meio de atitudes comportamentais maduras.

Dessa forma, parece natural afirmar que a base tecnológica própria da engenharia de produção é a “gestão” aplicada aos sistemas de produção, de bens ou serviços, levando à “inovação organizacional”.

Assim, o engenheiro de produção inova quando desenvolve novas tecnologias de gestão que fazem com que as organizações se tornem mais produtivas e competitivas, num cenário de clientes mais exigentes e sociedade cada vez mais consciente. São diversos os exemplos de tecnologias de gestão afetos à Engenharia de Produção e reconhecidos no mundo acadêmico e empresarial, como por exemplo: *seis sigma*, *just in time*, *kaizen*, produção enxuta, Sistema Toyota de Produção, *Business ProcessModel* e tantos outros.

Em parte, essas considerações justificam a demanda crescente pelos cursos de Engenharia de Produção no Brasil. O mercado é sempre promissor para o engenheiro de produção, que em função da sua formação sistêmica sobre a gestão dos sistemas de produção pode trabalhar nos setores industrial, de serviço, comercial e financeiro. As áreas de conhecimento da EP, assim como os seus métodos e ferramentas, aplicados ao exercício profissional são justamente o objeto desse livro.

Anexo I. Subáreas de conhecimento da Engenharia de Produção (Abepro, 2008)

1. Engenharia de Operações e Processos da Produção	Refere-se aos projetos, operação e melhorias dos sistemas que criam e entregam os produtos e serviços primários da empresa.	1.1. Gestão de Sistemas de Produção e Operações 1.2. Planejamento, Programação e Controle da Produção 1.3. Gestão da Manutenção 1.4. Projeto de Fábrica e de Instalações Industriais: organização industrial, layout/arranjo físico 1.5. Processos Produtivos Discretos e Contínuos: procedimentos, métodos e sequências 1.6. Engenharia de Métodos
2. Logística	Refere-se às técnicas apropriadas para o tratamento das principais questões envolvendo o transporte, a movimentação, o estoque e o armazenamento de insumos e produtos, visando a redução de custos, a garantia da disponibilidade do produto, bem como o atendimento dos níveis de exigências dos clientes.	2.1. Gestão da Cadeia de Suprimentos 2.2. Gestão de Estoques 2.3. Projeto e Análise de Sistemas Logísticos 2.4. Logística Empresarial 2.5. Transporte e Distribuição Física 2.6. Logística Reversa
3. Pesquisa Operacional	Refere-se à resolução de problemas reais envolvendo situações de tomada de decisão, através de modelos matemáticos habitualmente processados computacionalmente.	3.1. Modelagem, Simulação e Otimização 3.2. Programação Matemática 3.3. Processos Decisórios 3.4. Processos Estocásticos 3.5. Teoria dos Jogos 3.6. Análise de Demanda 3.7. Inteligência Computacional
4. Engenharia da Qualidade	Área da engenharia de produção responsável pelo planejamento, projeto e controle de sistemas de gestão da qualidade que considere o gerenciamento por processos, a abordagem factual para a tomada de decisão e a utilização de ferramentas da qualidade.	4.1. Gestão de Sistemas da Qualidade 4.2. Planejamento e Controle da Qualidade 4.3. Normalização, Auditoria e Certificação para a Qualidade 4.4. Organização Metrológica da Qualidade 4.5. Confiabilidade de Processos e Produtos
5. Engenharia do Produto	Esta área refere-se ao conjunto de ferramentas e processos de projeto, planejamento, organização, decisão e execução envolvidos nas atividades estratégicas e operacionais de desenvolvimento de novos produtos.	5.1. Gestão do Desenvolvimento de Produto 5.2. Processo de Desenvolvimento do Produto 5.3. Planejamento e Projeto do Produto

## Anexo I. Subáreas de conhecimento da Engenharia de Produção (Abepro, 2008)

6. Engenharia Organizacional	Refere-se ao conjunto de conhecimentos relacionados com a gestão das organizações, englobando em seus tópicos o planejamento estratégico e operacional, as estratégias de produção, a gestão empreendedora, a propriedade intelectual, a avaliação de desempenho organizacional, os sistemas de informação e sua gestão, e os arranjos produtivos.	6.1. Gestão Estratégica e Organizacional
		6.2. Gestão de Projetos
		6.3. Gestão do Desempenho Organizacional
		6.4. Gestão da Informação
		6.5. Redes de Empresas
		6.6. Gestão da Inovação
		6.7. Gestão da Tecnologia
		6.8. Gestão do Conhecimento
7. Engenharia Econômica	Esta área envolve a formulação, estimação e avaliação de resultados econômicos para avaliar alternativas para a tomada de decisão, consistindo em um conjunto de técnicas matemáticas que simplificam a comparação econômica.	7.1. Gestão Econômica
		7.2. Gestão de Custos
		7.3. Gestão de Investimentos
		7.4. Gestão de Riscos
8. Engenharia do Trabalho	É a área que se ocupa com o projeto, aperfeiçoamento, implantação e avaliação de tarefas, sistemas de trabalho, produtos, ambientes e sistemas para fazê-los compatíveis com as necessidades, habilidades e capacidades das pessoas visando a melhor qualidade e produtividade, preservando a saúde e integridade física.	8.1. Projeto e Organização do Trabalho
		8.2. Ergonomia
		8.3. Sistemas de Gestão de Higiene e Segurança do Trabalho
		8.4. Gestão de Riscos de Acidentes do Trabalho
9. Engenharia da Sustentabilidade	Refere-se ao planejamento da utilização eficiente dos recursos naturais nos sistemas produtivos diversos, da destinação e tratamento dos resíduos e efluentes destes sistemas, bem como da implantação de sistema de gestão ambiental e responsabilidade social.	9.1. Gestão Ambiental
		9.2. Sistemas de Gestão Ambiental e Certificação
		9.3. Gestão de Recursos Naturais e Energéticos
		9.4. Gestão de Efluentes e Resíduos Industriais
		9.5. Produção mais Limpa e Ecoeficiência
		9.6. Responsabilidade Social
		9.8. Desenvolvimento Sustentável

Anexo I. Subáreas de conhecimento da Engenharia de Produção (Abepro, 2008)

10. Educação em Engenharia de Produção	Refere-se ao universo de inserção da educação superior em engenharia (graduação, pós-graduação, pesquisa e extensão) e suas áreas afins, a partir de uma abordagem sistêmica englobando a gestão dos sistemas educacionais em todos os seus aspectos	10.1. Estudo da Formação do Engenheiro de Produção
		10.2. Estudo do Desenvolvimento e Aplicação da Pesquisa e da Extensão em Engenharia de Produção
		10.3. Estudo da Ética e da Prática Profissional em Engenharia de Produção
		10.4. Práticas Pedagógicas e Avaliação do Processo de Ensino-Aprendizagem em Engenharia de Produção
		10.5. Gestão e Avaliação de Sistemas Educacionais de Cursos de Engenharia de Produção

# 1. Planejamento e controle da produção (PCP)

---

Marcos Fernandes de Castro Rodrigues  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 1.1. VISÃO GERAL DO PCP

As atividades de produção de uma empresa devem ser planejadas e controladas de forma adequada, visando obter os melhores resultados de sua operação. O Planejamento e Controle da Produção (PCP) atua nesse ponto, visando elevar a eficiência e a eficácia da organização através da administração da produção. Planejamento, Programação e Controle da Produção é uma subárea de conhecimentos relacionada à Engenharia de Operações e Processos da Produção (ABEPRO, 2015)<sup>1</sup>. Envolve conhecimentos sobre práticas, métodos e ferramentas capazes de auxiliar o gestor de operações e planejador mestre nas decisões estratégicas, táticas e operacionais relacionadas à produção e às demais funções de apoio.

Planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro. Planejar é projetar o futuro por meio de causas sob o nosso controle (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2001). Já o controle é a medição e a correção do desempenho da produção, com o intuito de garantir que os objetivos da produção sejam plenamente alcançados.

O PCP informa aos departamentos produtivos quais operações devem ser executadas em cada dia para gerar os produtos e serviços finais

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>>. Acesso em: dez de 2015.

desejados. Trata-se de um centro de transformação de informações: vendas previstas, estoque disponível, estrutura do produto, processo produtivo de cada componente, capacidade produtiva disponível, tempos de fabricação etc. Sua função é transformar estas informações em ordens de produção, montagem ou compra.

Vejam os gráficos apresentados na Figura 1.1. Nele são apresentadas as quantidades produzidas, vendidas e em estoque, de determinado produto de uma empresa, durante o período de doze meses. A quantidade produzida é determinada por meio de um plano de produção, determinado pelos diretores e gerentes da empresa, baseado em previsões de venda para o período em análise. Essa quantidade está limitada e condicionada à capacidade de produção da empresa. No caso do exemplo da Figura 1.1, a quantidade produzida é de 400 unidades mensais, durante os cinco primeiros meses do ano. A partir daí ela passa a ser de 600 unidades por mês, até o final do ano. Ou seja, em determinado momento, a empresa elevou a quantidade produzida, alterando, dentro dos limites de capacidade de produção, visando atender a uma demanda crescente de mercado.

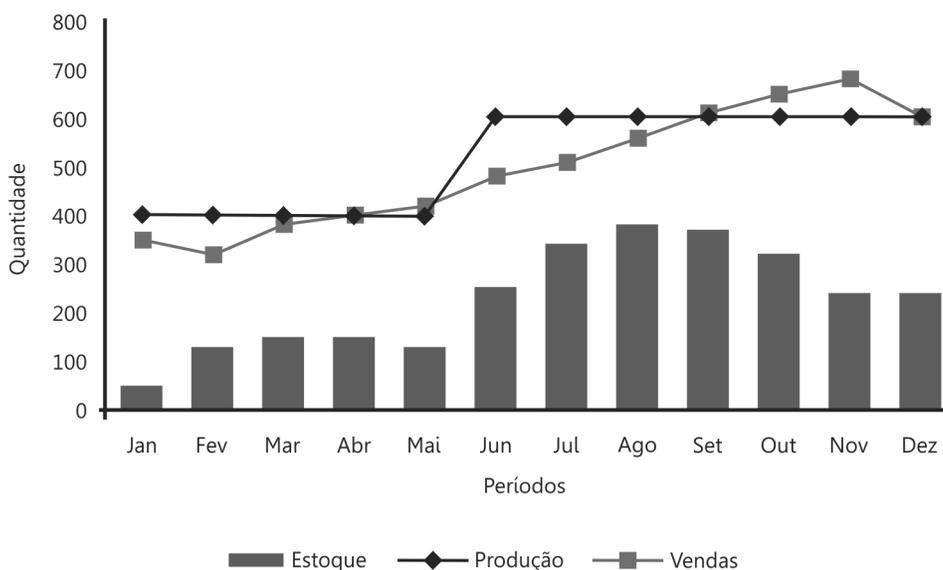


Figura 1.1. Volumes de produção, de vendas e de estoques

A demanda crescente foi verificada através da análise das quantidades vendidas, que estavam se elevando, mês a mês, obrigando a empresa a rever o seu plano de produção sob pena de não conseguir atender aos pedidos dos clientes. Percebe-se que a quantidade vendida cresce durante todo o ano. O outro elemento apresentado no gráfico é a quantidade de produtos acabados em estoque. Esse estoque decorre do fato de que em alguns períodos a empresa não vendeu todos os produtos que foram produzidos. No entanto, o estoque tem um papel muito importante no PCP, pois ele atua aliviando ou amortecendo as variações e oscilações da demanda de mercado. Por outro lado, ele representa custos, sejam de manutenção do estoque ou pelo fato de se ter capital empatado (estoque e dinheiro estocado).

São atividades do PCP gerenciar a capacidade de produção, dimensionar e realizar previsões de demanda, monitorar e gerenciar os níveis de estoque, detalhar os planos de produção, realizar pedidos de compra de materiais, gerar ordens de produção e montagem, dentre outras. As principais atividades realizadas pelo PCP são as seguintes, segundo Turbino (2009):

- *Planejamento Estratégico da Produção*: envolve a definição de um plano de produção agregado de médio e longo prazo, baseado em previsões de demanda, disponibilidade de recursos financeiros e produtivos da empresa e metas estratégicas;
- *Planejamento Mestre da Produção*: consiste no plano de produção de médio prazo, desdobrado a partir do plano estratégico de produção para os produtos finais, segundo as previsões de vendas de médio prazo;
- *Programação da Produção*: estabelece a quantidade e o momento de fabricar, comprar ou montar cada subitem necessário para montar os produtos finais. É desdobrado do plano mestre de produção e dos registros de estoque.
- *Acompanhamento e Controle da Produção*: consiste na rotina de coletar e analisar dados com o intuito de garantir que o programa de produção esteja sendo executado de forma adequada.

O processo de programação da produção se inicia com as previsões de vendas realizadas para um prazo longo. A previsão de vendas, ou

previsão de demanda, fornece as estimativas de produção para um período que pode variar de alguns trimestres até vários anos. A previsão de demanda será tratada em um tópico à parte, dada a sua importância para o PCP.

A partir da previsão de vendas é possível definir um plano de produção para longo prazo, que será, em seguida, desdobrado em um Plano-mestre da Produção (PMP), mais detalhado em um horizonte de tempo de médio prazo, geralmente de alguns meses. A partir do PMP obtém-se a programação da produção, que consiste nos pedidos de fabricação, compra ou armazenamento de peças, insumos e componentes. Trata-se da produção propriamente dita.

O PCP funciona como um elo integrando os planos de produção, de longo prazo, à programação rotineira da produção. Essa relação pode ser observada na Figura 1.2.

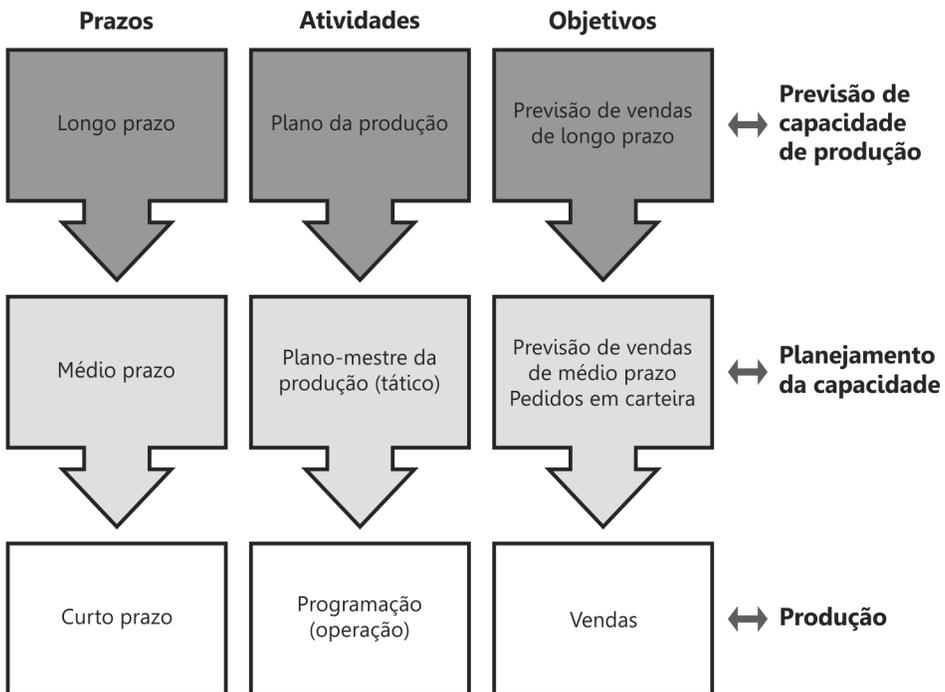


Figura 1.2. Relação entre as atividades do PCP e os horizontes de tempo de planejamento. Adaptado de Tubino (2009).

A Figura 1.3 apresenta a dinâmica de funcionamento do processo de programação da produção. Primeiramente, realiza-se uma previsão de longo prazo para as vendas agregadas de linhas ou famílias de produtos. Esta previsão se converte em um plano de produção, no qual são estabelecidas as quantidades de produtos que serão produzidas, também de forma agrupada em famílias e linhas. As previsões de longo prazo são refinadas e combinadas com outras informações, como pedidos em carteira, volumes no estoque, dentre outras, dando origem ao PMP (plano mestre de produção). A partir do PMP e com mais alguns ajustes, são emitidas as ordens ou pedidos de produção, compra e montagem.

É importante compreender que o PCP é um processo de integrar o planejamento de longo prazo à execução rotineira da produção, levando sempre em consideração as variações e incertezas presentes em cada momento. A Figura 1.4 apresenta a relação de dependência entre o planejamento estratégico, o planejamento-mestre e a programação da produção.

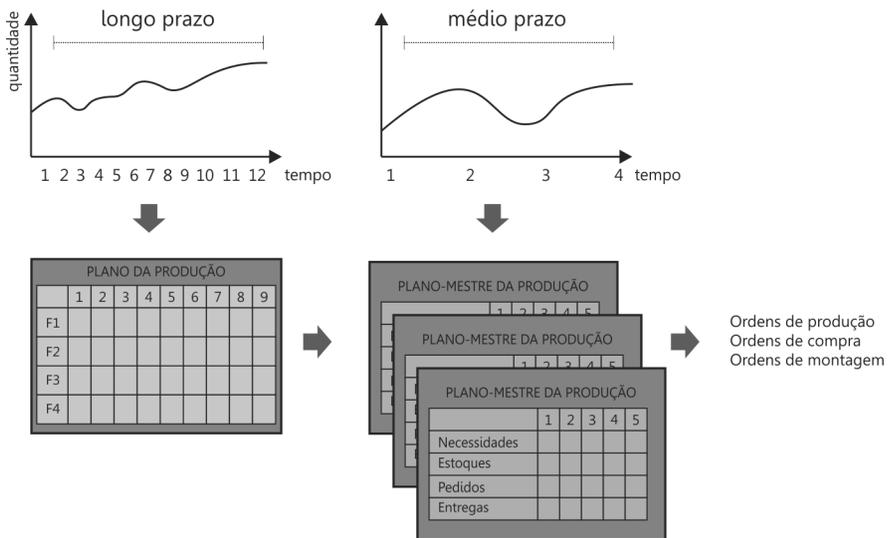


Figura 1.3. Dinâmica de planejamento e programação da produção.

Atualmente existem diversos métodos e técnicas que auxiliam no PCP nas suas diversas finalidades. Recursos computacionais envolvendo softwares e os modernos sistemas de manufatura avançada são amplamente utilizados pelas grandes e médias empresas. Fazem parte do escopo de técnicas auxiliares ao PCP, que utilizam recursos computacionais, o Planejamento das Necessidades Materiais (MRP), Tecnologia de Produção Otimizada (OPT), Projeto Auxiliado por Computador (CAD), Manufatura Integrada por Computador (CIM), entre outros. Além disso, algumas técnicas de organização e gestão do sistema produtivo influenciam de forma significativa no desempenho do PCP, tais como a filosofia *Just-in-Time* (JIT), a utilização de *Kanban*, a utilização de técnicas de Controle da Qualidade Total (TQC) e Gestão da Qualidade Total (TQM), dentre outras.

Os tópicos a seguir tratarão de alguns elementos importantes para a execução do PCP: previsão de demanda, planejamento-mestre, gestão de estoques e cálculo das necessidades de matérias.

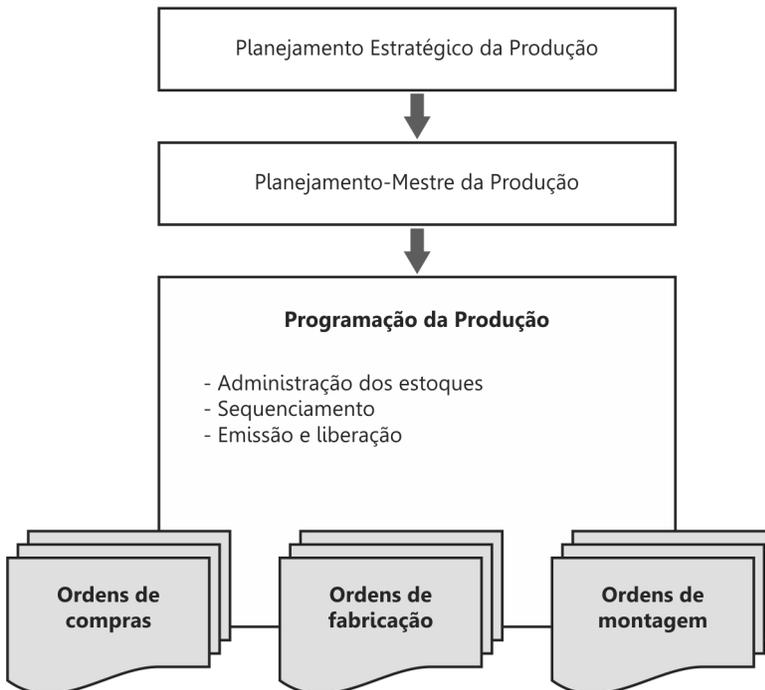


Figura 1.4. Elementos do PCP.

## 1.2. PREVISÃO DE DEMANDA

A maioria das decisões relacionadas à gestão da produção e operações demandam um tempo entre a tomada de decisão e o momento em que a decisão toma efeito. Corrêa & Corrêa (2007) denomina esse fator de inércia decisória, que corresponde ao tempo decorrido entre a tomada de decisão e os seus efeitos. Essa inércia exige que as organizações empresariais utilizem técnicas de planejamento para a tomada de decisão.

Algumas decisões possuem inércia decisória de poucas horas, como a manutenção de algum equipamento ou o deslocamento de um funcionário para outro setor. Outras decisões, como compra de insumos e materiais para produção, podem demandar dias ou semanas para se concretizarem. Já as decisões estratégicas, como ampliação de capacidade da fábrica, podem demandar até anos para serem levadas a efeito. Para se tomar as decisões de forma correta e eficiente, é necessário que se tenha uma visão clara de futuro.

Imaginemos uma situação na qual uma fábrica de sucos deseje aumentar a sua capacidade produtiva, para atender a uma demanda de mercado crescente, com perspectivas de elevação para os próximos anos. Vários meses decorrem entre o momento da tomada de decisão e o aumento efetivo da capacidade, que envolve o projeto de novas instalações, a compra e instalação de maquinários, a contratação e treinamento de novos funcionários, dentre outras ações que demandarão, cada uma, um tempo para surtir efeitos.

Se esta decisão não for tomada no momento correto, a fábrica pode operar, durante um tempo significativo, sem condições de atender a demanda crescente de mercado, perdendo, desta forma, uma oportunidade de elevar suas vendas. Do contrário, caso a demanda esperada de mercado não se concretize, a empresa irá operar com capacidade acima da demanda, incorrendo em custos de manutenção e baixo retorno sobre o investimento. Em ambas as situações, uma previsão segura da demanda futura do mercado é essencial para a correta tomada de decisões.

O gestor de operações deve possuir uma visão clara do futuro, de forma que as decisões tomadas no presente possam surtir os efeitos desejados no momento futuro, de acordo com o planejado. Esta visão de

futuro vem das previsões que, conforme mencionado, devem levar em consideração diferentes horizontes temporais:

- Decisões de curto prazo (horas e dias): compras de materiais e programação da produção;
- Decisões de médio prazo (semanas e meses): planejamento orçamentário e plano operacionais;
- Decisões de longo prazo (meses e anos): planos de expansão, investimentos e diversificação da produção.

As previsões de longo prazo trabalham com dados agregados e são utilizadas estrategicamente para elaborar o plano de produção, definindo que famílias de produtos e serviços serão oferecidas, quais instalações e equipamentos serão necessários, quais os níveis de atividade serão adotados, que nível de qualificação dos colaboradores será necessário etc. Já as previsões de médio e curto prazo são empregadas para o planejamento-mestre e programação da produção, visando a otimização e eficiência no uso dos recursos disponíveis, definição dos planos de produção, rotinas de compras e reposição de estoques, sequenciamento da produção etc. (TUBINO, 2009).

É importante destacar que previsões são estimativas de como irá se comportar o mercado futuro, envolvendo muitas vezes especulações do potencial futuro de compra desse mercado. Por se tratar de uma estimativa, é muito provável que ocorram erros nas previsões, que são as diferenças entre os valores previstos e os valores reais observados. Um processo de previsão adequado não deve se preocupar em eliminar o erro das previsões, e sim em reduzir esse erro e mantê-lo “sob controle”.

Previsões são compostas por dois números: a estimativa da demanda ou da venda e a estimativa do erro de previsão esperado (CORRÊA et al., 2007).

$$\text{Demanda prevista} = \text{Estimativa da previsão} + \text{Estimativa do erro}$$

A estimativa do erro é fundamental para a correta tomada de decisão, pois ela permite ao gestor de operações antecipar a realização de ações de segurança. Por exemplo, um restaurante espera receber em média 250 clientes por dia durante um feriado prolongado, com base

nos dados históricos dos últimos anos. No entanto, o método de previsão utilizado indicou um erro médio de 50, o que significa que o restaurante pode receber 200 ou 300 clientes, em média. Por se tratar de um erro médio, ainda existe a possibilidade de o restaurante receber mais de 300 clientes em um dia. Dessa forma, o gerente do restaurante deve planejar a produção para atender a uma demanda superior a 300 clientes, uma vez que ele não deseja que nenhum cliente fique sem refeição. Ainda que a demanda seja inferior a 200 clientes, o gerente prefere assumir o risco de produzir a mais, para não perder a clientela. Percebe-se, portanto, que a estimativa do erro é fundamental em previsões.

A probabilidade de erro nas previsões, e a amplitude desses erros, geralmente crescem com o horizonte de tempo. Previsões de longo prazo são realizadas em condições de maior incerteza, relacionadas ao cenário macroeconômico e a fatores sobre os quais a organização possui pouca ou nenhuma capacidade de controle. A Figura 1.5 apresenta esse raciocínio.

No entanto, existem algumas estratégias para lidar com cenários de incerteza, que permitem reduzir de forma significativa os erros nas previsões. Uma delas é a agregação de dados, que será melhor estudada durante a realização do curso.

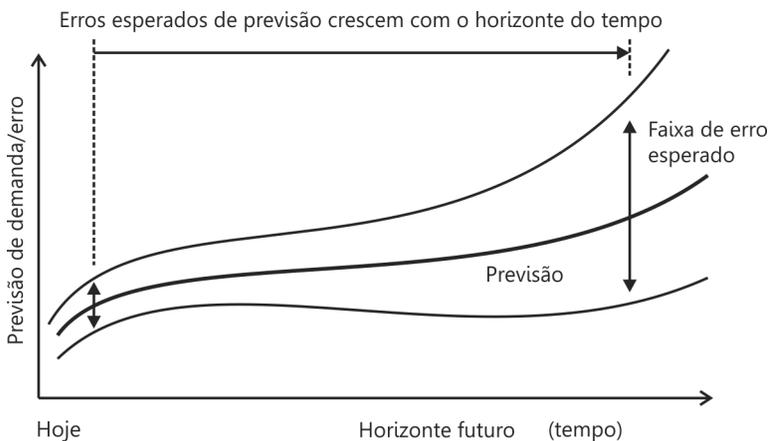


Figura 1.5. Os erros de previsão crescem como aumento do horizonte de tempo. Adaptado de Corrêa et al., 2007.

Destacamos aqui a importância de o gestor de operações conhecer claramente quais as decisões que necessitam do apoio de previsões. Ou seja, antes de se dedicar a estruturação de um processo de previsões adequado, o gestor de operações deve definir quais as decisões devem ser tomadas, qual o horizonte de tempo e como essas decisões se relacionam entre si. A partir daí ele poderá definir o processo de previsão e as estratégias e métodos que serão utilizados.

É importante que o leitor perceba que o sucesso de todo processo de Planejamento e Controle da Produção depende de decisões corretas, que por sua vez estão relacionadas à utilização de métodos adequados de previsão, que levem em consideração o controle e a redução dos erros das estimativas. A previsão de demanda é a base para o planejamento estratégico da produção, vendas e finanças de qualquer empresa. Trataremos a seguir de alguns métodos de previsão, de forma superficial, para que o leitor tenha conhecimento dos mecanismos de funcionamento dos processos de previsão.

### 1.3. MÉTODOS DE PREVISÃO

Para a obtenção das previsões, a partir das informações disponíveis, podem ser utilizadas duas abordagens complementares: a abordagem qualitativa e a abordagem quantitativa. Cada abordagem permite a utilização de diversos métodos de previsão, que devem ser utilizados em conjunto para que as decisões da organização sejam tomadas de forma segura. Portanto, o processo de tomada de decisão é mais importante do que o método de previsão a ser adotado.

Os métodos qualitativos utilizam entradas de informações subjetivas, baseadas em julgamentos qualitativos, opinativos, estimativas baseadas em intuição e em opiniões de especialistas e profissionais experientes da área. Tais métodos são particularmente mais úteis em situações de incerteza nas quais escasseiam-se dados e informações precisas, especialmente quando se trata da formulação de tendências futuras e de longo prazo.

Incluem-se nos métodos qualitativos a avaliação subjetiva realizada por executivos, equipe de vendas, pesquisas de opinião dos consumidores e pareceres de gerentes e funcionários. Alguns métodos explora-

tórios, como o Método Delphi<sup>2</sup>, também oferecem boas contribuições neste tipo de avaliação.

As abordagens quantitativas envolvem métodos que utilizam dados históricos, referentes a diversas variáveis, e visam identificar padrões de comportamento e correlações entre elas. A partir dessa análise, busca-se criar cenários futuros de projeções. Tratam-se, portanto, de métodos de decomposição de séries temporais, que utilizam dados históricos supondo que o futuro será igual ao passado. O Quadro 1.1 apresenta um resumo dos principais métodos utilizados no tratamento de séries temporais.

A Figura 1.6 apresenta um exemplo da aplicação da técnica da média móvel considerando períodos de 3, 6 e 12 meses. Observa-se que, quanto maior o período utilizado, mais suave se torna a curva projetada. Já a Figura 1.7 apresenta os erros decorrentes de cada uma das variações. É possível perceber que, apesar de gerarem previsões diferentes, a média dos erros observados é similar entre as variações. Portanto, cabe ao gestor de operações considerar a margem de erro observada nas previsões, antes de tomar qualquer decisão.

A utilização de qualquer método deve levar em consideração fatores com tendência (movimento dos dados de longo prazo), sazonalidade (variações regulares de curto prazo nos dados), variações irregulares (devidas a circunstâncias não usuais) e variações aleatórias (devidas ao acaso).

Quadro 1.1. Métodos quantitativos para previsão baseada em séries temporais

Método	Descrição
Média Móvel Simples	Um período de tempo, contendo uma quantidade de dados pontuais, tem sua média calculada dividindo-se a soma dos valores pontuais pelo número total de pontos
Média Ponderada Exponencial	Dados pontuais mais recentes têm maior peso, com o peso declinando exponencialmente à medida que esses dados se tornam ultrapassados.
Análise de Regressão	Ajusta uma linha sequencial de dados do passado, geralmente relacionando o valor dos dados com o tempo, mínimos quadrados
Projeção de Tendências	Ajusta a linha de tendência matemática dos dados pontuais e os projeta para o futuro

<sup>2</sup> O Método Delphi é um processo interativo que visa incorporar opiniões subjetivas de especialistas no processo de previsão.

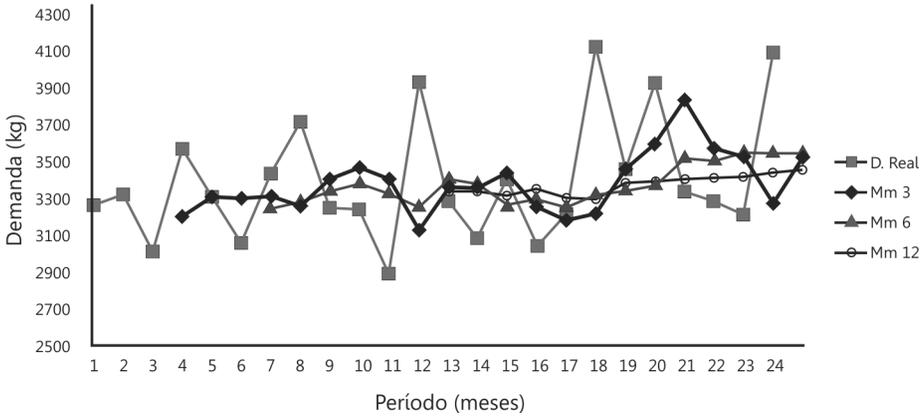


Figura 1.6. Demanda real e prevista pela média móvel de 3, 6 e 12 períodos.

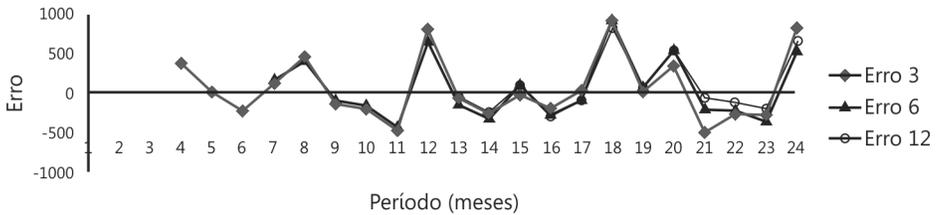


Figura 1.7. Erro observado nas previsões.

Outro método a ser considerado envolve a utilização de Modelos de correlação, que utilizam variáveis explicativas para tentar prever o futuro, e procuram estabelecer uma relação entre a demanda e fatores conjunturais e/ou externos, como a inflação, taxas de juros, temperatura ambiente etc.

A escolha do método deve levar em consideração o horizonte de tempo do processo decisório relacionado, a disponibilidade de dados, informações e os objetivos do modelo de previsão. O Quadro 1.2 apresenta um comparativo entre a utilização de alguns dos métodos de previsão mais comuns. Observa-se que cada método possui uma situação de aplicação mais adequada.

Quadro 1.2. Comparação entre técnicas de previsão de demanda

Técnica	Horizonte de tempo	Complexidade do modelo	Precisão do modelo	Dados necessários
Método Delphi	longo	alta	variável	Muitos
Média Móvel	Curto	Muito baixa	Média	Poucos
Média Ponderada	Curto	Baixa	Adequada	Muito poucos
Regressão Linear	Curto	Média alta	Média alta	Muitos
Análise de Regressão	longo	adequada	alta	Muitos

O detalhamento e aprofundamento no uso dos métodos de previsão será obtido no curso, nas disciplinas relacionadas ao estudo de sistemas de produção e planejamento e controle da produção.

## 1.4. GESTÃO DA PREVISÃO

Um modelo adequado de previsão é aquele no qual os erros observados decorrem apenas de variações aleatórias. Quando outros tipos de erros ocorrem, eles devem ser investigados para se identificar as causas e corrigir os erros. Percebe-se que o processo de previsão deve ser corrigido constantemente, seja por meio da incorporação de novas variáveis nos modelos, da adoção de outras abordagens e métodos etc.

Alguns fatores afetam o desempenho do modelo de previsão adotado:

- Utilização ou interpretação inadequada da técnica de previsão.
- A técnica de previsão deixou de ser válida em virtude do surgimento ou modificação de uma variável do modelo.
- Variações irregulares podem ter ocorrido em função de fatores adversos (greves, catástrofes naturais etc.).
- Movimentações estratégicas da concorrência podem alterar a demanda.
- Variações aleatórias inerentes aos dados da demanda.

A manutenção e monitoração do modelo de previsão tem o propósito de verificar a acurácia dos valores previstos, identificar, isolar e corrigir variações anormais e permitir a escolha de técnicas, ou parâmetros, mais eficientes. Nesse sentido, é fundamental verificar o comportamento do erro acumulado, que deve tender a zero em modelos adequados. Ferramentas de controle estatístico de processos podem ser utilizadas para o monitoramento e controle dos erros observados.

## 1.5. PLANEJAMENTO MESTRE DA PRODUÇÃO

A programação mestre de operações consiste num processo de integrar diferentes níveis de decisão dentro de uma organização, com o intuito de garantir que as decisões estratégicas sejam desdobradas em decisões operacionais e de rotina. Após realizar a previsão de demanda para um determinado horizonte de tempo, a organização deve definir um plano de produção para atingir as suas metas. As decisões de ampliação de instalações, compra de materiais, gestão da capacidade, reposição de estoques etc., dependem deste plano de produção.

Portanto, o planejamento mestre de operações se divide em dois níveis hierárquicos de decisão: planejamento de vendas e a programação mestre da produção. A Figura 1.8 apresenta a forma como os processos de planejamento operacional se relacionam do ponto de vista hierárquico.

O planejamento de vendas e operações, PVO, é realizado pelos dirigentes principais da organização, pelo menos uma vez por mês. Des-

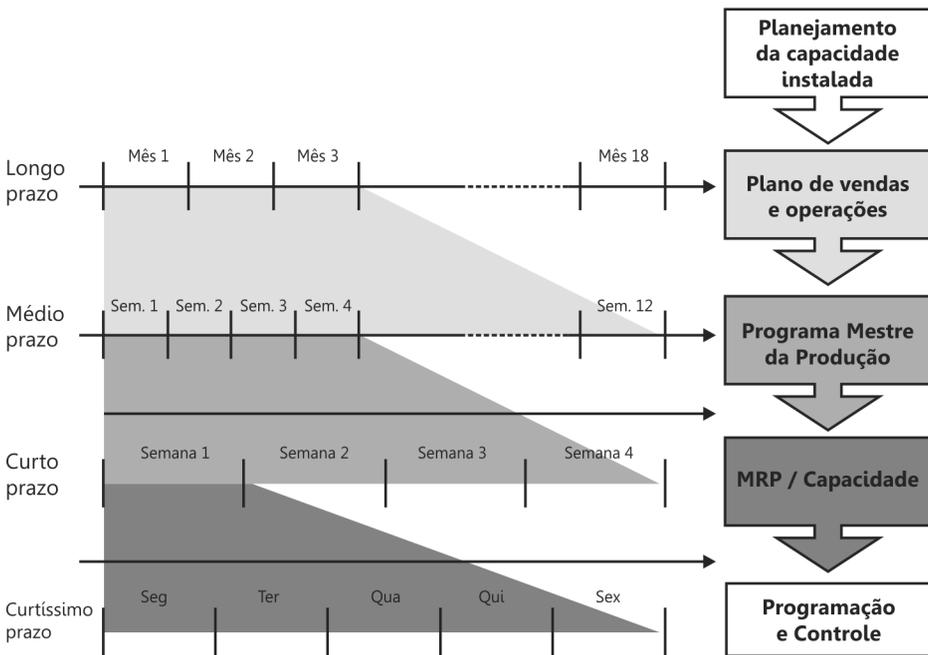


Figura 1.8. Hierarquia de planejamento. Adaptado de Corrêa et al. (2007).

se planejamento surge um plano agregado de produção. Por exemplo, pode-se imaginar uma fábrica de móveis que produza camas, guarda-roupas, cadeiras e mesas, de diversos modelos e cores. Neste caso, o PVO deve apresentar as quantidades agregadas referentes ao plano de produção, que significa a quantidade de camas, guarda-roupas, cadeiras etc., que a fábrica deverá produzir naquele mês. Detalhamentos referentes a quais modelos serão produzidos, quais as cores serão utilizadas, não são considerados neste momento.

O PVO considera os produtos agregados em famílias ou linhas de produtos. É função do planejamento mestre da produção, PMP, desdobrar os níveis agregados em planos de produção detalhados, geralmente semanais, para cada item de produto acabado individual. O PMP funciona como um elo que tem o objetivo de coordenar as demandas de mercado e os recursos internos da empresa.

Retomando o exemplo anterior, pode-se dizer que o PMP deve definir a quantidade de cada modelo de móvel que deverá ser produzida, ou seja, quanto de guarda-roupa 4 portas, guarda roupa 6 portas, guarda roupa modelo luxo, modelo compacto etc. O mesmo vale para as mesas, camas e cadeiras.

O PMP, também conhecido como Master Production Schedule (MPS), é necessário para equacionar e estabelecer os níveis de produção, estoques, recursos humanos, máquinas e instalações, necessários para atender a demanda prevista de bens e serviços.

O PMP deve levar em conta a previsão de demanda, o PVO, e outras considerações, como solicitações pendentes, disponibilidade de material e de capacidade, políticas e metas gerenciais, dentre outras. Ele envolve a combinação de previsões de demanda, pendências, o plano mestre em si e o estoque projetado disponível.

O programador mestre tem a função, portanto, de desagregar o PVO, utilizando todos os recursos e ferramentas de planejamento à sua disposição. Os desafios do gestor de operações nesse nível de decisão envolvem conciliar e reduzir os níveis de estoque, reduzir os custos de produção, estabilizar os níveis de produção e reagir de forma rápida e eficiente às variações e instabilidade da demanda real de mercado.

Diante da instabilidade da demanda, que muitas vezes se comporta de forma diferente do que foi planejado e realizado na produção, o programador mestre pode utilizar uma série de estratégias para evitar que os níveis de serviço sejam abalados, dentre elas:

- Manter estoques de produtos acabados, para aliviar as flutuações e elevações repentinas nas vendas.
- Gerenciar o suprimento de recursos através da utilização de horas extras, subcontratação de funcionários, turnos extras etc., visando alterar a capacidade de produção e se adequar melhor às variações da demanda.
- Utilizar estratégias para influenciar a demanda, seja oferecendo promoções, vantagens para clientes que optarem por receber adiantado, dentre outras ações para gerenciar a demanda e atenuar os picos e vales de flutuação da demanda.

O PMP é apresentado utilizando-se uma tabela de registro básico, que serve de suporte informacional à tomada de decisão. O número de períodos de um registro básico está relacionado ao horizonte de tempo do planejamento. Cada período pode representar um dia, uma semana ou mesmo um mês. Uma vez definido o PMP, segue-se para a etapa seguinte, que envolve o planejamento das necessidades materiais e o gerenciamento da capacidade

## 1.6. GESTÃO DE ESTOQUES

Estoques envolvem todo e qualquer tipo de material, insumos, produtos acabados, peças e componentes que a empresa mantém armazenado, seja em suas instalações, em armazéns ou centros de distribuição. Há estoques de matérias-primas e componentes, que serão transformados durante as operações. Existem estoques de material em processo, que se referem aos itens que estão transitando entre os processos e fases de produção, mas que ainda não estão finalizados ou prontos para comercialização. Uma vez prontos para a venda, os itens vão para o estoque de produtos acabados. Há ainda o estoque de produtos para manutenção, material de limpeza, insumos energéticos, dentre outros

materiais necessários para que o processo produtivo possa funcionar adequadamente.

Por exemplo, uma padaria mantém estoque de farinha, sal, açúcar, óleo e outros insumos para fabricação de pães, bolos e biscoitos. Mantém também estoque de bebidas, doces, queijos e outros produtos alimentícios, para abastecer as prateleiras e atender aos clientes. Algumas possuem ainda estoques de sacolas plásticas, material de limpeza e higienização, dentre outros elementos, necessários ao funcionamento e manutenção de diversas atividades rotineiras.

A manutenção de estoques é uma forma encontrada pelas empresas para garantirem um nível de serviço adequado para os seus clientes. Imaginem uma padaria cujo o estoque de sal não foi suficiente para produzir toda a quantidade de pães que havia sido planejada para um determinado dia. Nesse caso, é bem provável que falte pães para alguns clientes, de forma que a receita da padaria será menor e diversos clientes ficarão insatisfeitos com o nível de serviço. Ainda que a quantidade em estoque dos demais itens seja suficiente, a falta de um item apenas prejudicou toda a produção e, conseqüentemente, o nível de serviço oferecido pela padaria.

No entanto, manter níveis elevados de estoque aumentam os custos de forma geral. No caso da padaria, é necessário um espaço adequado para armazenar os insumos, geralmente refrigerado, implicando em custos de aluguel, limpeza, manutenção, energia elétrica etc. Existem ainda custos de perdas relacionadas a insumos que passam da validade e se deterioram com o passar do tempo. Deve-se considerar também o custo de oportunidade, que se refere ao capital empatado na forma de estoque.

Os estoques surgem por diversas razões, mas as principais dizem respeito à necessidade de se regular as diferentes taxas de suprimento e demanda, em decorrência das incertezas de previsões futuras. Também existem as dificuldades relacionadas ao nivelamento das ofertas e demandas das fases de um processo produtivo. Outro fator é a necessidade de se manter centros de distribuição próximos aos mercados consumidores, nos quais os produtos são armazenados antes de serem comercializados. Um último elemento diz respeito à aquisição de de-

terminados produtos em quantidades maiores que as necessárias, formando estoques com o intuito de aproveitar descontos, antecipar uma eventual escassez.

Gerenciar os estoques envolve, em linhas gerais, garantir que os insumos e materiais estejam disponíveis no momento em que forem necessários. Os estoques podem ser encontrados entre as fases específicas de um processo de transformação. Portanto, existem estoques internos entre um processo e outro, que significam materiais aguardando para serem processados. Esses estoques permitem que as fases de um determinado processo se tornem relativamente independentes. Por exemplo, em uma fábrica de calçados, um funcionário que esteja trabalhando no setor que faz a colagem e costura do solado no restante do calçado não precisa aguardar que os solados fiquem prontos, pois ele possui um estoque que é capaz de atendê-lo por dois dias de produção. Caso ocorra algum problema no setor que fabrica os solados, isso não irá paralisar a produção, graças aos estoques. No entanto, o problema deve ser solucionado rapidamente pois os estoques serão consumidos e se esgotarão em determinado momento. Quanto menor for o estoque disponível, menor é a independência do processo, e vice-versa.

Uma das principais atribuições da gestão de estoques é determinar o momento de ressuprimento e a quantidade a ser adquirida para determinado item de demanda dependente. Para isso existem diversos sistemas de gestão de estoque disponíveis. Tais sistemas buscam manter a quantidade mínima necessária para garantir a segurança do sistema de produção, incorrendo no menor custo possível. A Figura 1.9 mostra a relação entre o nível de estoque, o tempo e a quantidade de ressuprimento.

Os modelos de gestão de estoques geralmente se baseiam numa série de pressupostos, com o intuito de simplificar a análise. Desta forma, devido à simplicidade dos modelos, deve-se assumir que seus resultados são aproximações. Os modelos tradicionalmente usados são o de ponto de reposição e o de revisão periódica.

Modelo de ponto de reposição: este modelo se baseia na definição de um “ponto de ressuprimento” para cada item do estoque. Todas as ve-

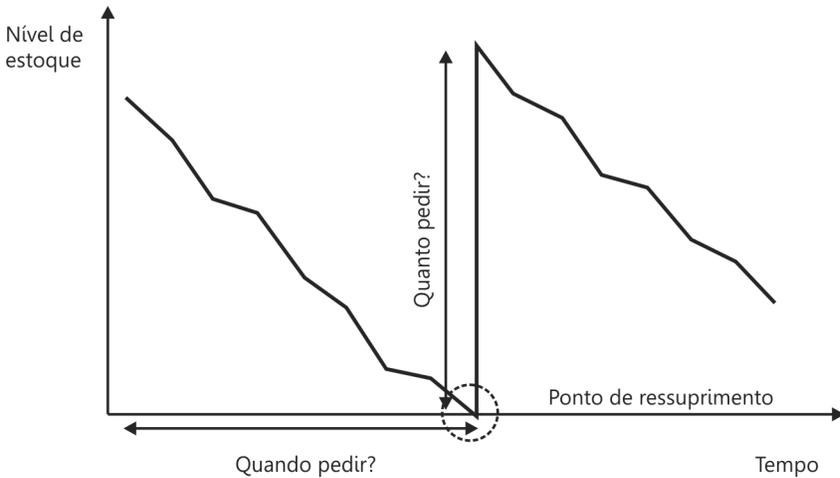


Figura 1.9. Modelo genérico de curva de nível de estoque. Adaptado de Corrêa & Corrêa (2007).

zes que determinada quantidade do item é retirada do estoque, deve-se verificar a quantidade restante. Caso essa quantidade seja menor que o “ponto de ressuprimento”, deve-se comprar determinada quantidade do item, chamada de “lote de ressuprimento”. Esse modelo apresenta algumas limitações, como todo o modelo. Uma delas é o fato de pressupor demanda constante, além de levar em consideração os custos unitários de armazenamento e de pedido, que geralmente são difíceis de serem obtidos com precisão.

Modelo de revisão periódica: consiste na verificação periódica do nível de estoque de determinado item e, com base no nível encontrado, calcula-se a quantidade a ser ressuprida visando atingir um nível de estoque predeterminado. Os períodos de revisão são fixos e esse modelo é mais simples e barato de se operar, mas geralmente trabalha com estoques de segurança maiores. É importante frisar que o gestor de estoques deve lidar com cenários de demanda variável e flutuações não previsíveis, que os modelos de gestão de estoques não levam em consideração. Desta forma, o gestor de estoques deve definir níveis de estoques de segurança, principalmente para os itens estratégicos.

## 1.7. MRP - PLANEJAMENTO DE NECESSIDADES DE MATERIAIS

O MRP é uma técnica ou método utilizado para converter a previsão de demanda de um item de demanda independente em uma programação das necessidades das partes componentes do item (Moreira, 2008). Um item de demanda independente é aquele cuja demanda futura pode ser prevista, mas não determinada, como é o caso de automóveis, televisores, número de passageiros etc. Uma vez determinada a quantidade de automóveis que será produzida pela fábrica, é possível determinar a quantidade necessária de pneus, chassis, motores, rolamentos, fuselagem etc. Estes são itens de demanda dependente, ou itens “filhos”, que podem ser determinados a partir do programa mestre da produção.

Através do MRP, a organização pode emitir os pedidos de compra e montagem de componentes, garantindo o atendimento da programação da produção pré-definida. Além disso, o MRP auxilia no controle de estoques e no planejamento das necessidades de capacidade. As entradas para o MRP são o PMP, a lista de materiais e os relatórios atualizados de controle de estoques. A Figura 1.10 apresenta uma visão geral do MRP.

Para se operar o MRP, é necessário ter em mãos a estrutura do produto, indicando seus componentes e as quantidades necessárias. A Figura 1.11 apresenta um exemplo de estrutura de produto de uma caneta. Cada item

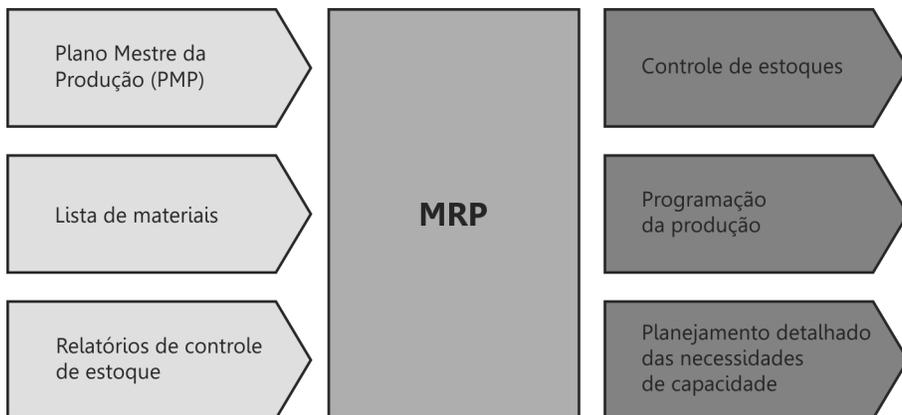


Figura 1.10. Visão geral do MRP.

que compõe a caneta deverá ser adquirido nas quantidades necessárias e no prazo adequado ao atendimento do programa-mestre de produção.

Para operar o MRP, utiliza-se uma matriz denominada registro básico. A Figura 1.12 apresenta um exemplo de registro básico do MRP para o item denominado Molduras, para um período de oito meses. As colunas representam períodos do planejamento da produção. Cada linha da matriz possui um propósito. *Necessidades brutas* indica a quantidade do item que deverá estar disponível para uso no período indicado. *Recebimentos programados* representam chegadas do item, geralmente originadas do estoque. Já o *estoque disponível* indica a quantidade de itens disponível no estoque. As *necessidades líquidas* (ou recebimento de ordens planejadas) indicam a quantidade de itens que deve estar disponível no período para atender às necessidades que não foram aten-

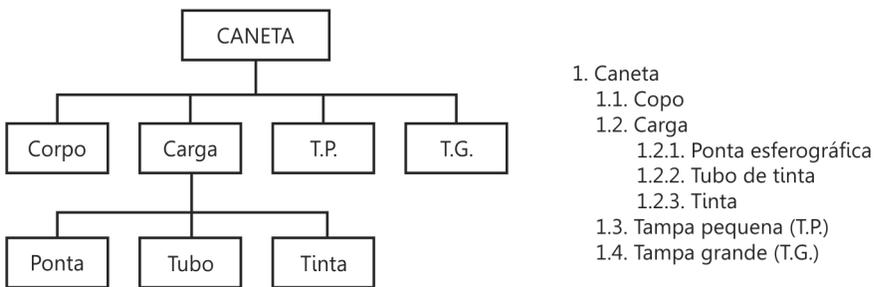


Figura 1.11. Árvore de estrutura de produto e lista de componentes de uma caneta.

Molduras	Períodos		1	2	3	4	5	6	7	8
	Necessidades brutas		100			230	400		380	600
Recebimentos programados			100							
Lote 1 (mínimo)	Estoque disponível	380	280	380	380	200	200	200	200	200
LT 3	Necessidades líquidas					50	400		380	600
ES 200	Liberação de ordens planejadas		50	400		380	600			

Figura 1.12. Registro básico do MRP.

didadas pelo estoque e pelos recebimentos programados. Já a *liberação* de ordens planejadas indica o momento em que a ordem de produção deve ser emitida, para atender às necessidades líquidas.

A implantação e utilização do MRP exige comprometimento da alta direção e treinamento intensivo e continuado em todos os níveis. A competência insuficiente dos usuários, a qualidade insuficiente da informação e a qualidade insuficiente no processo de definição dos parâmetros podem prejudicar o MRP.

O MRP visa responder **quando** e **quanto** comprar e produzir de cada produto e componentes. Outras questões importantes, como **quem** irá produzir, **onde** será produzido e qual será o **custo**, são analisadas através de técnicas mais avançadas de planejamento, conhecidas como MRP II. Trata-se de um plano global para o planejamento e monitoramento de todos os recursos de uma empresa de manufatura: manufatura, marketing, finanças e engenharia.

Atualmente são utilizados softwares e sistemas que possibilitam a gestão integrada de toda a empresa, conhecidos como Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning). Tais sistemas são oferecidos por empresas terceirizadas, com capacidade de customização para cada realidade empresarial. Geralmente utilizam banco de dados corporativo e integrado de dados. O principal benefício dos sistemas ERP se refere à visibilidade total do que está ocorrendo em todos os setores da empresa devido à comunicação integrada, possibilitando maior nível de controle das operações e uma comunicação eficiente com consumidores, fornecedores e outros stakeholders que necessitam de informações precisas. A Figura 1.13 apresenta uma síntese da evolução e integração dos sistemas MRP, MRP II e ERP.

## 1.8. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Dois modelos distintos caracterizam os sistemas de produção modernos: sistema de produção empurrada e sistema de produção enxuta. Estudar e compreender suas aplicações e interações nos processos de planejamento, programação e controle da produção, é fundamental para o gestor de produção e operações.

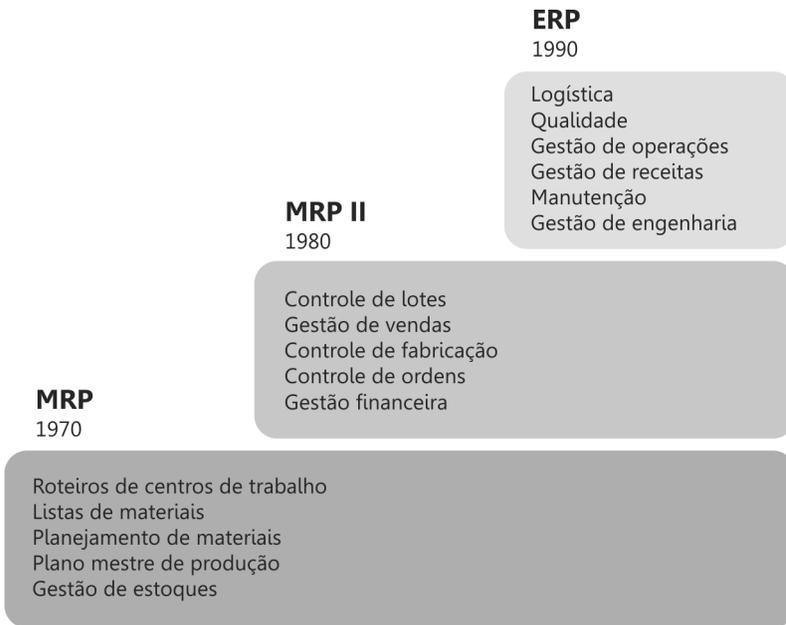


Figura 1.13. Evolução dos sistemas.

O sistema de produção empurrada, também conhecido como just-in-case (JIC), é característico das manufaturas tradicionais e amplamente utilizado em grandes operações e processos contínuos de produção. Possui o objetivo de utilizar e aproveitar a capacidade máxima dos recursos, no intuito de atender a um programa de produção previamente estabelecido com base em previsões de demanda.

Já os sistemas de produção puxada visam a eliminação de desperdícios e o atendimento da demanda no momento em que ela ocorre. Também denominado de *Just-in-time* (JIT) ou sistema enxuto de produção, esse modelo surgiu no Japão e atualmente é amplamente empregado em montadoras, fábricas de equipamentos eletrônicos, indústrias moveleiras e alimentícias, entre outras.

Os sistemas possuem distinções e até mesmo características antagônicas, o que não inviabiliza a utilização conjunta de ambos em uma mesma organização. A Figura 1.14 ilustra as diferenças básicas entre os sistemas empurrados e puxados. Enquanto o primeiro “empurra” a

produção pelos processos, atendendo a um programa previamente definido, o segundo “puxa” a produção de forma encadeada, atendo a um pedido realizado no início do processo.

Na produção empurrada, cada setor produz mediante o atendimento de três condições: disponibilidade de material, disponibilidade de equipamento e presença de uma ordem de produção definida a partir de previsões. Independente das necessidades do próximo setor, a produção é realizada visando o máximo de eficiência local. Dessa forma, em sistemas empurrados, existe uma tendência de formação de estoques entre os processos. A Figura 1.15 ilustra um processo de produção empurrada. Percebe-se que os pedidos de produção, oriundos do programa-mestre de produção, chegam diretamente para cada setor de produção, independentemente da situação dos demais setores. Isso provoca, geralmente, um desbalanceamento da produção.

Já no sistema puxado, além da disponibilidade de material e equipamento, é necessário um pedido de demanda vindo do setor seguinte, e

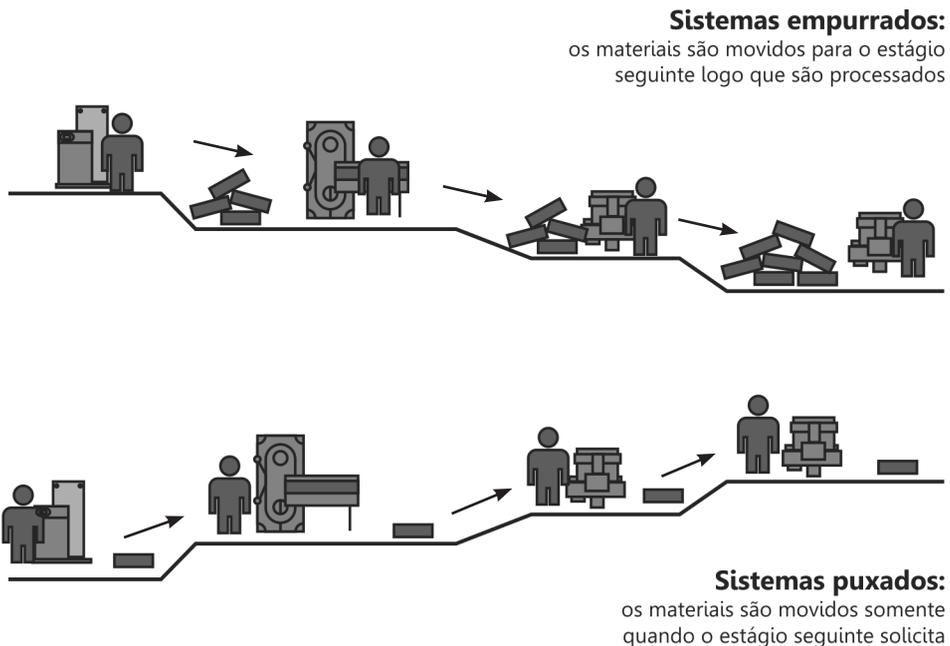


Figura 1.14. Diferenças entre sistemas empurrados e puxados.

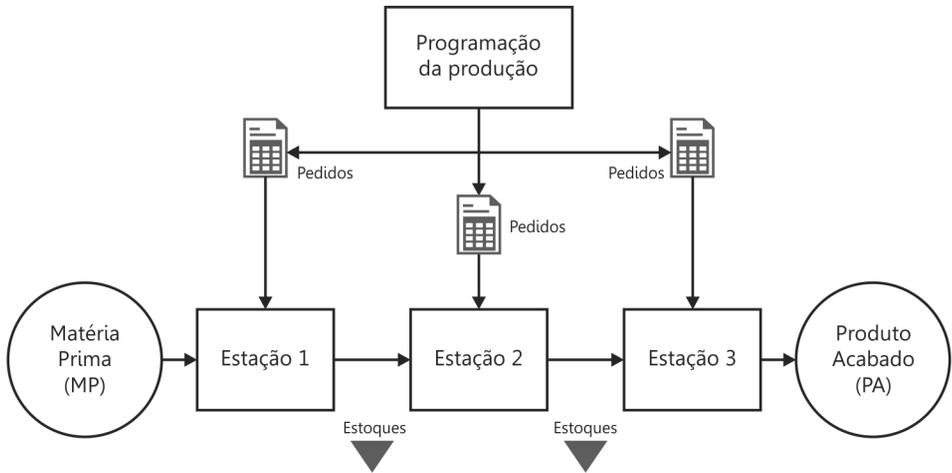


Figura 1.15. Sistema empurrado.

não de um programa de produção, conforme ocorre no modelo empurrado. Dessa forma, quando um setor precisa de materiais, o sistema indica isso para o setor anterior, daí o nome “produção puxada”. A Figura 1.16 ilustra o esquema de funcionamento do sistema puxado de produção. Percebe-se o efeito em cadeia gerado pelos pedidos realizados

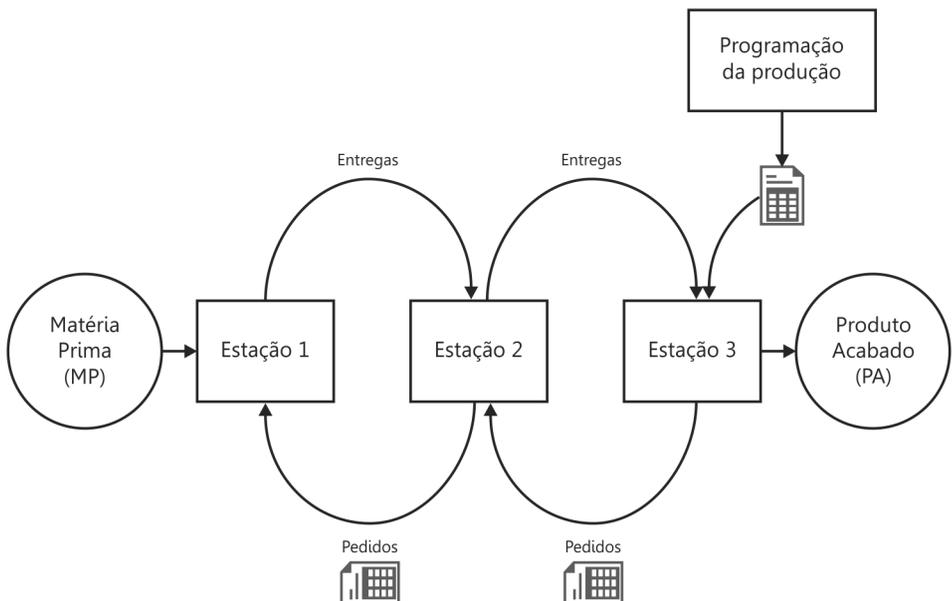


Figura 1.16. Sistema puxado.

de uma estação de trabalho para a outra. Diferentemente dos sistemas empurrados, no modelo puxado uma estação produzirá apenas o que for necessário, e não a quantidade máxima da sua capacidade.

O Quadro 1.3 apresenta as principais características e diferenças de ambos os sistemas.

Como mencionado, enquanto a manufatura empurrada visa o aproveitamento da capacidade máxima dos recursos, antecipando a demanda com base em previsões, os sistemas puxados atendem à demanda apenas quando ela surge, buscando sempre a eliminação de atividades que não agregam valor.

### 1.9. *JUST-IN-TIME* (JIT)

O conceito de *just-in-time*, ou filosofia enxuta de produção, vai mais além dos mecanismos de operação do sistema de produção puxada. A filosofia enxuta envolve uma abordagem disciplinada que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios de uma organização, não apenas da produção. Segundo SLACK et al. (2007), o JIT possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos.

Com relação à administração de operações, a filosofia enxuta preza pela utilização de práticas de trabalho básicas, máquinas pequenas e simples e arranjo físico por fluxo, visando o envolvimento total das pessoas, a redução do tempo de preparação de máquinas e o aumento da visibilidade e transparência dos processos. Como relação ao PCP, a programação ocorre de forma puxada e o controle é exercido por meio de cartões kanban, buscando o nivelamento e a sincronização por meio de produção intercalada. A Figura 1.17 apresenta exemplos de cartões kanban.

Na filosofia enxuta, desperdício é “qualquer coisa, à exceção da quantidade mínima de equipamento, materiais, peças, espaço e o tempo do trabalhador, que seja absolutamente essencial, para adicionar valor ao produto” Shoichiro Toyoda – Toyota Motors.

A seguir são listadas as principais características da manufatura enxuta:

Quadro 1.3. Características dos sistemas de produção empurrada e puxada

Nomenclaturas utilizadas	Características principais e problemas encontrados
<p>Sistemas Empurrar</p> <p>Manufatura Tradicional</p> <p>Just-in-case (JIC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aproveitamento da capacidade máxima dos recursos;</li> <li>• Antecipação da demanda, com base em previsões;</li> <li>• Proteção das vendas utilizando-se inventários (estoques) elevados, além de estoques amortecedores entre os processos, para aliviar as flutuações e o desbalanceamento de produção;</li> <li>• Produção desbalanceada (cada setor produz em uma capacidade e ritmos próprios, visando o aproveitamento máximo do setor, e não de todo o sistema);</li> <li>• A mão de obra é especializada nas atividades do seu setor e são pouco flexíveis para atuarem em outros processos;</li> <li>• Problema: caso a demanda não se concretize conforme o previsto (por exemplo, seja mais elevada do que o planejado), o sistema possui dificuldade de se adaptar para atender a nova realidade;</li> <li>• O PCP é centralizado e externo à linha de produção. O programa-mestre da produção emite ordens de montagem e produção para os setores do chão de fábrica. O sistema de PCP é complexo e deve ter agilidade fornecer as informações para todos os setores da fábrica;</li> <li>• Geralmente utilizam sistemas MRP, MRP II, ERP e técnicas de otimização de gargalos;</li> <li>• O controle da qualidade e a manutenção de equipamentos são realizados por órgãos específicos dentro da empresa;</li> <li>• A frase “Caso for necessário, estará pronto” descreve o sistema de produção empurrado. Significa que o sistema produz e mantém estoque aguardando a demanda surgir para entregar os produtos.</li> </ul>
<p>Sistemas Puxar</p> <p>Just-in-time (JIT)</p> <p>Sistema Toyota de Produção</p> <p>Produção enxuta</p> <p>Manufatura enxuta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscam a eliminação do desperdício, que significa qualquer atividade ou esforço que não acrescente valor no produto que está sendo fabricado;</li> <li>• Busca o atendimento da demanda quando ela surge, o que significa que um produto só será produzido quando o cliente realizar o pedido;</li> <li>• Trabalha visando estoques mínimos e respostas rápidas ao mercado, por meio de diversas técnicas que envolvem a redução dos tempos e dos lotes de produção;</li> <li>• A mão de obra é flexível e possui “multicompetências”, capaz de ser utilizada em diversos setores de atividade, de acordo com a demanda;</li> <li>• Utilizam sistemas de Controle da Qualidade Total (TQC) e os funcionários realizam o controle de qualidade e a manutenção preventiva;</li> <li>• Busca a produção balanceada, que visa o ótimo do sistema, e não o ótimo das partes que compõem o sistema. Desta forma, alguns setores poderão ficar mais ociosos que outros;</li> <li>• Os sistemas de informações devem ser simples, rápidos e descentralizados, sendo geralmente compostos por quadros visuais, quadros e cartões kan-ban e outros meios visuais dispostos no próprio ambiente de fabricação e controlados pelos próprios funcionários;</li> <li>• A frase “Quando necessário, estará pronto” descreve o sistema puxado. Significa que o sistema está preparado para fabricar e entregar um pedido quando este for realizado.</li> </ul>



Processo		Centro de trabalho	
No. de item		No. prateleira estocagem	
Nome do item			
Materiais necessários codigo    localização		capacidade do contenedor	No. de emissão
			Tipo de contenedor
			



Figura 1.17. Exemplos de cartões kanban.

- *Lotes pequenos de produção*: visa a redução de estoques e facilita que os problemas na produção sejam revelados, induzindo à ação contínua para melhoria da eficiência. Auxilia no balanceamento da produção e na identificação rápida de problemas de qualidade. Requer o desenvolvimento de setups de máquina rápidos.
- *Setups rápidos*: possibilita a fabricação de lotes menores, que permite o nivelamento da produção, além de reduzir os custos de setup, aumentar a taxa de giro de capital e melhorar a manutenção.
- *Produção nivelada*: o nivelamento da produção consiste em manter a mesma composição de produtos por períodos longos ou todos os dias, buscando produzir pequenas quantidades de todos os produtos, em valores constantes, rotineiramente.
- *Novo papel do trabalhador*: busca uma combinação entre habilidades de planejamento e execução, delegando poder de decisão para os funcionários. A equipe deve ser flexível e multifuncional, apta e estimulada para solucionar diversos problemas.
- *Qualidade na fonte*: busca estimular a descoberta e a solução da causa fundamental de um problema de qualidade, sustentada no conceito de clientes internos da organização. Envolve projeto do produto, do processo, seleção de fornecedores, treinamento de pessoal, manutenção e calibração de equipamentos etc.
- *Tecnologia de grupo*: os arranjos físicos reúnem todos equipamentos necessários para produzir uma determinada família de peças similares, empregando geralmente o layout na forma de U, que encurta distâncias, suaviza o fluxo de materiais, facilita e torna o trabalho mais rápido, reduz defeitos etc.

- *Manutenção preventiva*: são realizadas inspeções regulares e frequentes, realizadas pelos próprios operadores.
- *Parcerias com fornecedores*: os fornecedores são vistos e tratados como uma extensão externa da fábrica e as relações são estabelecidas visando o longo prazo. Fornecedores auxiliam na solução de problemas, praticam a qualidade na fonte, repassam informações oportunas e participam de programas de redução de custos.
- *Melhoria contínua (Kaizen)*: a filosofia Kaizen se aplica a todos os aspectos característicos dos JIT e envolve um processo contínuo, gradual e concreto de obtenção de melhorias e solução de problemas.
- *Paradas de produção*: são empregados sistemas de parada de linha mediante surgimento de problemas significativos.
- *Padronização e simplificação*: existe uma busca constante pela melhoria, visando a eliminação de etapas desnecessárias de processos e estabelecimento de rotinas padrão, de fácil aprendizado e à prova de erros.

É comum a realização de comparações entre o JIT e o MRP, no intuito de verificar qual modelo é mais adequado para esta ou aquela situação. Tratam-se de modelos distintos, o primeiro associado à produção puxada e o segundo, à produção empurrada, cujas peculiaridades tornam suas aplicações limitadas a determinados contextos. O Quadro 1.4 apresenta as principais diferenças entre o JIT e MRP.

Apesar de serem modelos distintos, a combinação e associação dos modelos pode ser realizada com muito sucesso, fortalecendo o PCP. No caso de itens repetitivos e de alto fluxo, que demandam baixa customização, pode-se utilizar a programação puxada.

Quadro 1.4. Diferenças entre o JIT e o MRP

Just-in-Time	MRP
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de planejamento e controle puxado;</li> <li>• Sistema de controle simples, visual e transparente e decisões descentralizadas;</li> <li>• Presume recursos flexíveis e lead times reduzidos;</li> <li>• O PCP no JIT é apenas uma parte da filosofia JIT, cujos objetivos vão além do PCP apenas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de planejamento e controle empurrado;</li> <li>• Sistema complexo, computadorizado e centralizado;</li> <li>• Depende da precisão e acurácia dos dados para operar adequadamente;</li> <li>• Presume ambiente de produção fixo (lead time e capacidades).</li> </ul>

Para itens eventuais, a lógica do MRP se adequa melhor. Outro mecanismo de associação envolve utilizar o MRP para planejamento e controle global e o JIT para controlar toda a movimentação interna de materiais (SLACK et al., 2009).

## 1.10. CONCLUSÕES

O PCP é responsável pela materialização dos planos estratégicos de produção de uma organização, sendo o elo entre o planejamento de longo prazo e a rotina diária de produção. Está diretamente envolvido com as áreas de vendas, estoques, compras, manutenção, gestão de pessoas, engenharia de produto e serviços, dentre outras, sendo fundamental para o melhor desempenho das funções produtivas.

A eficiência do PCP depende da qualidade, precisão e acurácia de diversas informações e dados oriundos de todas as partes da organização. Sujeita às diversas flutuações e instabilidades do mercado, a organização necessita do PCP para absorver tais variações e transformá-las em decisões corretas para a produção.

Atualmente os sistemas computacionais oferecem ampla diversidade de ferramentas de auxílio aos processos de planejamento e controle, no entanto, os principais desafios para implantação e execução do PCP passam pela quebra de paradigmas e mudanças organizacionais. Nesse sentido, a filosofia enxuta de produção traz diversas contribuições capazes de auxiliar a organização na busca constante pela melhoria contínua dos seus processos.

As organizações devem oferecer produtos de qualidade, com confiabilidade e no tempo esperado pelos clientes. Além disso, buscam a redução de custos como parte das estratégias de expansão dos seus resultados. O bom desempenho do PCP é fundamental para todos esses elementos, uma vez que o tempo de entrega, a qualidade dos produtos e os custos dos processos estão diretamente relacionados com o controle e programação da produção.

## 1.11. ATIVIDADES SUGERIDAS

Procure saber como é realizada a compra de insumos e materiais para o DEP. Converse com os responsáveis e descubra como é feita a

previsão de demanda? De que forma os estoques de matérias são controlados e gerenciados? Quais os produtos são mais demandados? Quais os problemas e dificuldades são mais recorrentes? Monte uma apresentação e discuta com seus colegas.

Procure uma empresa e converse com os gestores sobre as dificuldades e problemas enfrentados na compra de insumos, controle de estoque, previsão de vendas e outros elementos estudados neste capítulo.

Converse com algum profissional do mercado que trabalhe diretamente com PCP e procure saber da rotina diária de trabalho dele. Monte uma apresentação descrevendo as principais atividades que ele desempenha, quais as dificuldades encontradas e quais as perspectivas futuras ele vislumbra para as atividades de PCP.

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- CORRÊA, H. L., CORRÊA, C. A. *Administração de Produção e Operações*. São Paulo: Atlas, 2007.
- MOREIRA, D. A. *Administração da produção e operações*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHHSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 2009.
- TUBINO, D.F. *Planejamento e controle da produção – Teoria e Prática*. São Paulo: 2. ed. Atlas, 2009.



## 2. Projeto de fábrica

**Marco Antônio Sartori**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)  
**Jaqueline Akemi Suzuki Sedyama**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Colaboração:  
**Cássia de Freitas e Silva**  
**João Henrique Gomes Trancoso**

### 2.1. VISÃO GERAL

O Projeto de Fábrica e Layout consiste em uma série de atividades focadas em um conjunto de decisões que apoiam a competitividade das empresas. Segundo Neumann e Scalice (2015) os temas relacionados ao Projeto de Fábrica e Layout integram um amplo conjunto de conhecimento de diversas áreas envolvidas no planejamento racional das atividades de produção com efeitos que se farão presentes no longo prazo. Os níveis de decisão relacionados ao Projeto de Fábrica e Layout encontram-se na Figura 2.1.

A fase de Estruturação está relacionada às decisões estratégicas da empresa, em que são definidos o contexto no qual a empresa estará inserida. Além de uma análise do mercado, concorrentes e influenciadores do setor. Para esta etapa, recomenda-se que sejam elaborados os Estudos de Viabilidade Técnico, Econômico e Comercial, Planejamentos Estratégicos e Planos de Negócios.

A segunda fase, de Projeto de Fábrica, consiste em um conjunto de decisões que buscam

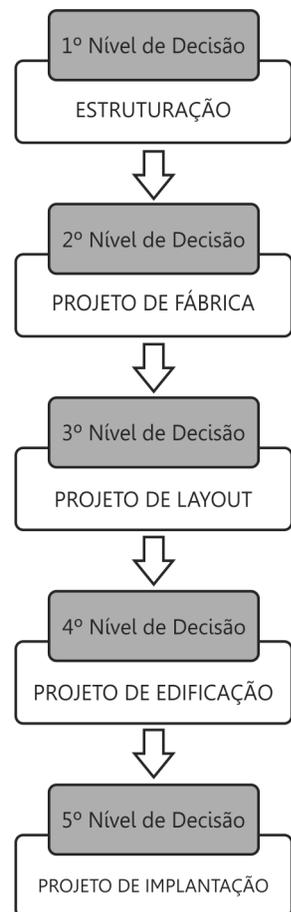


Figura 2.1. Níveis de decisão para o Projeto de Fábrica e Layout. Adaptado de Neumann e Scalice (2015).

delimitar a vantagem competitiva, mas envolvem um grande risco financeiro, pois irão influenciar a empresa por um prazo relativamente longo. As decisões relacionadas a esta etapa são Projeto do Produto e do Processo Produtivo, Definição da Capacidade Instalada e Localização das Instalações.

O Projeto de Layout envolve a tomada de decisão sobre a disposição de centros de trabalho e as implicações diretas no sentido de facilitar os movimentos de trabalho por meio do sistema, tanto no contexto do fluxo de pessoas, quanto de materiais. Nesta etapa, são realizados estudos do fluxo dos processos de fabricação, elaboração do projeto detalhado da empresa e avaliação e otimização do layout.

O Projeto de Edificação, envolve o projeto das construções e das suas respectivas instalações de apoio, incluindo a etapa de construção da planta que abrigará as atividades relacionadas à produção. Nesta etapa são elaborados o Projeto Arquitetônico, o Projeto Estrutural, o Projeto das Instalações de Apoio e a Construção da Edificação.

A última etapa, o Projeto de Implantação, consiste em efetuar as compras de máquinas e equipamentos, bem como realizar os primeiros testes de iniciação e funcionamento da empresa.

Por fim, observa-se que o Projeto de Fábrica, encontra-se inserido em um contexto complexo, em que as decisões relacionadas ao seu contexto estão em nível estratégico, já que influenciam a empresa em um longo período de tempo, envolvem alto risco e são delimitadas pela alta direção da empresa.

## 2.2. ARRANJO FÍSICO

O arranjo físico possui várias definições sendo elas análogas e complementares. Segundo Menipaz (1984), um arranjo físico pode ser definido como “o conjunto de atividades envolvidas na localização de departamentos de fabricação, linhas de produção, centros de trabalho, máquinas e funções auxiliares (ferramentaria, manutenção etc.) e na definição de rotas e meios de movimentação apropriados”.

Gaither e Frazier (2006) descrevem que o planejamento envolve: “a localização de todas as máquinas, utilidades, estações de trabalho, áreas de atendimento ao cliente, áreas de armazenamento de materiais,

corredores, banheiros, refeitórios, bebedouros, divisórias internas, escritórios e salas de computador e, ainda, a definição dos padrões de fluxo de materiais e de pessoas que circulam no prédio”.

Conforme Stevenson (2001), o arranjo físico “é a configuração de departamentos, de centros de trabalho e de instalações e equipamentos, com ênfase especial na movimentação otimizada, através do sistema, dos elementos aos quais se aplica o trabalho”.

Já segundo Slack et al. (2009), o arranjo físico envolve “a preocupação com a localização física dos recursos de transformação, ou seja, a decisão de onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção.”

As técnicas de análise e melhoria de arranjos físicos estão sendo cada vez mais empregadas nas empresas com intuito de ajustar os processos produtivos, de forma mais eficiente e otimizada, visando minimizar os investimentos e custos de produção. Com uma análise e dimensionamento correto do espaço, pode-se aumentar a flexibilidade da produção e a produtividade além de diminuir os custos. Por outro lado, o arranjo físico inadequado pode gerar perda por excesso de operações, deslocamentos desnecessários, além de ineficiência produtiva.

Dessa forma, as decisões sobre o arranjo físico são fatores importantes para o direcionamento dos fluxos dos processos ou produtos, tornando-se fundamental compreender e planejar a necessidade e utilização adequada do espaço físico disponível. Heizere Render (2001) destaca ainda que o planejamento do layout das instalações precisa ser encarado como uma parte integrante do planejamento dos processos “onde escolhemos ou projetamos a maquinaria de processamento; em conjunto com o projeto do produto definimos a composição da liga a ser entregue ao cliente e introduzimos tecnologia nas operações”.

A reorganização do espaço físico pode ser tratada pela organização com uma forma estratégica, com intuito de atingir um diferencial competitivo de mercado. Por isso, as tomadas de decisões para o arranjo físico são importantes. De acordo com Stevenson (2001) os motivos mais comuns para que a reestruturação do arranjo físico aconteça são as seguintes:

- A ineficiência das operações.
- Acidente, ou riscos à integridade física e à segurança.

- Mudança no projeto de produto e serviços.
- Introdução a novos produtos e serviços.
- Mudança no volume de produção, ou no mix.
- Mudança nos métodos ou no equipamento.
- Mudança em requisitos ambientais ou outros, de ordem legal.
- Problemas relacionados com a moral do pessoal.

Assim, conhecer e estudar os processos que a organização realiza é importante no momento da definição da melhor solução para o arranjo físico, uma vez que uma falha no mesmo pode levar a fluxos muito longos ou confusos, filas de clientes, longos tempos de processamento, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos. Gaitheire Frazier (2006) pontua que “entre os muitos objetivos dos layouts de instalações, o foco central da maioria dos layouts de manufatura é minimizar o custo de processamento, transporte e armazenamento de materiais ao longo do sistema de produção”.

As literaturas da área definem quatro tipos de arranjos físicos que podem ser adotados para cada processo, variando normalmente em função da relação entre volume e variedade inerente à operação (Slack et al., 2009):

- *Layout por Produto ou Linear*: Este tipo de arranjo físico é organizado de forma a favorecer a movimentação dos recursos transformados. Costuma-se vincular o layout por produto a instalações que produzem um pequeno número de itens, mas em grande quantidade. E, normalmente, o layout por produto é o aplicado em fábricas de montagem. Nesse caso, as máquinas são arranjadas de acordo com a sequência de operações a se realizarem. O material move-se, enquanto as máquinas permanecem fixas. Todo produto deve seguir uma linha linear, ou seja, ser produzido em linha reta, como adicionado por Slack et al. (2009) que traz o conceito que “Cada produto, elemento de informação ou cliente segue um roteiro predefinido no qual a sequência de atividades requerida coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente”.
- *Layout Celular ou Misto*: Neste tipo de arranjo físico, se misturam as qualidades dos layouts por produto (variedade de produtos), por processo (quantidade de produtos), e fixo. Dito de forma simples, o

processo celular divide o fluxo em células, aonde cada uma desenvolve uma parte do produto. Há uma sequência lógica de atividades que determinam a célula em que o produto deve seguir até a finalização do mesmo. Slack et al. (2009) define este tipo de layout como “aquele em que os recursos transformados, entrando na operação são pré-selecionados (ou pré-selecionam-se a si próprios) para movimentar-se para uma parte específica da operação (ou célula) na qual todos os recursos transformadores necessários a atender às necessidades imediatas de processamento se encontram”.

- *Layout por Processo ou Funcional:* Este arranjo está associado à necessidade do serviço ou produto. Desta maneira, um supermercado expõe seus produtos seguindo uma linha ou especificação e um hospital localiza suas salas para realização de exames próximas umas das outras. Este tipo de arranjo facilita a fluidez da operação e facilita a gestão quando esta é realizada por tipo de processo. Assim, no layout por processo, aquelas máquinas semelhantes são agrupadas em centros de produção e o produto a ser fabricado percorre os diversos centros, onde é modificado em função das operações necessárias. Slack et al. (2009) acrescenta que processos similares (ou processos com necessidades similares) são localizados juntos uns dos outros. A razão pode ser que seja conveniente para a operação mantê-los juntos, ou que desta forma a utilização dos recursos transformadores seja beneficiada.
- *Layout Fixo ou Posicional:* Neste tipo de arranjo físico o recurso transformado não se movimenta, mas os insumos e equipamentos da operação são levados até o produto, que permanece fixo até estar finalizado ou próximo a ela. Slack et al. (2009) descreve este arranjo como “em vez de materiais, informações ou clientes fluírem por uma operação, quem sofre o processamento fica estacionário, enquanto, maquinário, instalações e pessoas movem-se na medida do necessário”. Nesse caso, na maioria das vezes, os produtos são relativamente grandes e em números pequenos.

O fluxo das informações no processo produtivo definirá a melhor sequência lógica das operações, definindo assim, o novo layout. A decisão

do arranjo físico é uma parte importante da estratégia da operação. Um projeto bem elaborado de arranjo físico será capaz de refletir e alavancar desempenhos competitivos desejáveis pela organização. Projetar um arranjo físico é importante para que exista uma melhor utilização do espaço disponível através da definição da localização dos postos de trabalho a fim de aumentar o desempenho dos processos da organização.

## 2.3. ESTUDOS DE CASOS RELACIONADOS AO TEMA

### Layout por Produto ou Linear

Santoro e Moraes (2001) desenvolveram um planejamento e projeto de arranjo físico para uma fábrica de motores. O projeto de cada linha de fabricação iniciou-se com a definição, pelos especialistas em processos de fabricação, dos recursos físicos (máquinas e equipamentos) a serem utilizados se com a delimitação de área definida no planejamento da fábrica. Os autores destacam a utilização de desenhos simplificados e padronizados das máquinas, sendo que o projeto limitou-se à inclusão de diversos equipamentos, a exemplo das linhas do bloco e do cabeçote.

Os autores destacaram a importância do posicionamento preciso das máquinas e do dimensionamento de transportadores. Assim, na linha do bloco, as máquinas foram localizadas de acordo com duas linhas de referência traçadas no sentido longitudinal à área disponível, formando um “U” e percorrendo os “corredores” delimitados pelas fileiras de colunas. Já nas linhas do cabeçote e do virabrequim um procedimento semelhante foi utilizado, entretanto havia um menor grau de complexidade envolvido, pois os transportadores da linha do virabrequim foram reutilizados e todas as operações de usinagem do cabeçote seriam realizadas em duas grandes células flexíveis.

### Layout Celular ou Misto

Barroso e Tubino (2004), desenvolveram um estudo do uso de conceitos JIT para otimização do layout na indústria moveleira de esto-

fados, seus problemas e resultados. Os aspectos tratados no trabalho deparam com a produção clássica que utiliza o layout funcional, em comparação com os parâmetros modernos da produção focalizada, baseada no layout com células de manufatura, validada em uma fábrica de estofados.

O estudo se baseia na ideia de que a implantação do layout celular é uma alternativa viável para a conquista de reduções de custos na indústria moveleira. Em função dos resultados alcançados os autores verificaram ser possível prever uma sensível melhoria de performance no sistema de produção da empresa causado pela implementação do modelo de layout celular. Os principais aspectos foram:

- Simplificação do processo produtivo: quando comparados os fluxos de processo naquele momento e o proposto, pode-se constatar a sensível redução esperada em termos da complexidade dos mesmos. Verificou-se que com a utilização do layout celular calcula-se uma redução de 70% nas paradas de estoque intermediários nos processos de fabricação de peças.
- Redução do espaço físico: verificou-se um ganho de aproximadamente 25% em redução de espaço físico com a utilização do layout celular, principalmente com o projeto de uma linha contínua unindo os setores de montagem das estruturas, colagem, estofaria, montagem e embalagem.
- Redução nos tempos de fabricação: considerando-se o estofado de três lugares, utilizado como referência, constatou-se uma redução potencial de 24% no tempo de fabricação. O que promove o atendimento mais rápido ao cliente e aumenta a competitividade da empresa na briga pelo mercado consumidor.
- Redução nos estoques em processo: a partir da implantação do layout celular, a elaboração dos produtos acontecerá de forma mais rápida e eficaz. Assim, naturalmente acontecerá uma redução de estoques em função do aumento de giro dos mesmos. Com isso as perdas por esperas e transporte ficariam diminuídas em função de tamanhos de lotes menores e, conseqüentemente, o tempo de passagem sofreria uma redução.

## 2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se a importância do Projeto de Fábrica para a vantagem competitiva de uma organização, já que ela está relacionada com a otimização de uma sequência de decisões essenciais para a obtenção do máximo desempenho de uma organização. As decisões do Projeto de Fábrica influenciam diretamente o sucesso da organização, já que relacionam a estratégia de negócios da empresa, com os princípios de operação dos produtos fabricados pela empresa.

O planejamento do layout tem sido cada vez mais destacado como forma de alcançar os objetivos da empresa com maior eficiência. Destacando ainda, que as micro empresas podem utilizar do mesmo a baixo custo de aplicação com resultados praticáveis dentro de sua realidade. A metodologia utilizada para a definição do arranjo físico adequado para cada tipo de instalação deve considerar todos os fatores envolvidos na instalação de forma que todos os centros de produção sejam bem dimensionados e posicionados. Deve-se também atentar para a importância do levantamento de informações sobre o processo, demanda, máquinas e estoques.

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- BALLOU, R. H. *Logística Empresarial*. São Paulo: Atlas, 1995, 388p.
- BARROSO, U. I. B.; TUBINO, D. F. O layout celular na indústria moveleira de estofados. *Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Florianópolis, 2004.
- BERTAGLIA, P. R. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de suprimentos*. São Paulo: Saraiva, 2003, 509p.
- CARVALHO, M. M. Histórico da Gestão da Qualidade In: CARVALHO, M. M. ; PALADINI, E. P. (Coord.) *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012, 256p.
- CORRÊA, H.; CORRÊA, C. *Administração de produção e operações*. São Paulo: Atlas, 2006.
- GAITHER, N; FRAZIER, G. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

- HEIZER, J; RENDER B. *Administração de Operações*. Rio de Janeiro: LTC, 2001, 647p.
- MENIPAZ, E. *Essentials of Production and Operations Management*. Englewood Cliffs: New Jersey, Prentice-Hall, 1984.
- MOREIRA, D. A. *Administração da produção e operações*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MUTHER, RICHARD. *Planejamento do layout: Sistema SLP*. Edgard Blucher LTDA., 1978, 224 p.
- NEUMANN, C. SCALICE, R. K. *Projeto de Fábrica e Layout*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- SANTORO, M. C.; MORAES, L. H. Planejamento e projeto de arranjo físico (plant layout) de uma fábrica de motores. *Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador, 2001.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 2009.
- STEVENSON, W. J. *Administração das operações de produção*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001, 701 p.



# 3. Logística

---

**Alexandre Navarro da Silva**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 3.1. VISÃO GERAL

O mundo competitivo desperta nas organizações a necessidade de controle efetivo de seu desempenho e eficiência. Neste ambiente é requerido o uso de técnicas e parâmetros consistentes que consigam direcionar as estratégias de negócios. Os parâmetros devem também direcionar mudanças, mostrar a posição competitiva da empresa e contribuir para o aprimoramento dos processos.

Neste contexto, a logística tem importante papel na estrutura de custos de uma empresa. Dentre as atividades logísticas, o transporte é parte essencial, pois seu custo pode variar entre 33% e 66% dos custos logísticos totais, o que justifica o grande interesse das empresas em reduzir ao máximo os gastos relacionados a essa atividade. O custo de transporte é sempre um componente fundamental dos custos totais para uma empresa, principalmente quando se faz necessário o transporte de matéria-prima ou produtos perecíveis e quando é imprescindível o uso de mão de obra especializada.

Empresas de excelência logística oferecem maior agregação de valor aos seus clientes quando comparadas aos seus competidores, a partir de uma combinação harmônica de práticas logísticas capazes de proporcionar um melhor desempenho no mercado. Conseguindo, com isso, conciliar todas as suas atividades logísticas operacionais e estratégicas que afetam de alguma forma seu desempenho final. Uma empresa considerada líder em logística de um segmento de mercado não significa que possua as melhores práticas, mas sim que consegue gerir melhor

as práticas logísticas disponíveis, quando comparada aos seus concorrentes.

## O que é logística?

O conceito de logística existe há cerca de 70 anos, sendo que este surgiu no ambiente militar durante a Segunda Guerra Mundial e tinha como objetivo principal atender às necessidades das batalhas. Entre estas atividades, podemos citar a produção, aquisição, transporte, distribuição de armamentos, equipamentos militares e alimentação.

No âmbito empresarial, a logística pode ser caracterizada como a área responsável pelo transporte e armazenamento das mercadorias, sendo composta pelo planejamento, operação e controle do fluxo de materiais, serviços e informações. Tem o objetivo de integrar e racionalizar as funções de forma sistêmica, desde a obtenção de matérias-primas, passando pela produção até a entrega, assegurando vantagens competitivas e a satisfação dos clientes.

## 3.2. EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA À GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A logística passou por uma evolução muito grande desde a criação deste conceito. Desta forma, esta evolução pode ser caracterizada em quatro grandes momentos, passando desde a falta de comunicação eficiente entre os departamentos de uma mesma empresa, fazendo com que grandes quantidades de estoques fossem mantidas, até os dias atuais, em que temos o conceito de Gestão da Cadeia de Suprimentos (ou *Supply chain Management*).

Este novo conceito é baseado no planejamento global da cadeia de produção e não apenas nos planejamentos de cada organização separadamente. Assim, o foco de toda a cadeia passou a ser os anseios e necessidades do consumidor. Nos dias atuais os sistemas de comunicação fazem com que as informações ao longo da cadeia possam ser utilizadas em tempo real, possibilitando a elevada capacidade de respostas

a quaisquer mudanças no comportamento deste consumidor, seja por tipos de produtos ou quantidades demandadas destes.

Desta forma, pode-se definir Gestão da Cadeia de Suprimentos como a integração de processos de negócios do consumidor final por meio de fornecedores que suprem a demanda por produtos, serviços e informações que adicionam valor para o consumidor. Ou seja, é uma visão logística de forma integrada entre os membros de uma cadeia produtiva, conforme podemos observar na Figura 3.1.

Neste esquema é possível perceber que a logística normalmente é dividida em três etapas, sendo elas: i) Logística de abastecimento, responsável pelo recebimento de todos os materiais necessários à produção ou transformação realizada dentro da empresa-alvo; ii) Logística Interna, responsável pelo controle e fluxo de materiais dentro da empresa, englobando as áreas de planejamento e controle da produção e também a área de armazenagem e estoque; iii) Logística de Distribuição, responsável pela distribuição dos produtos aos clientes.

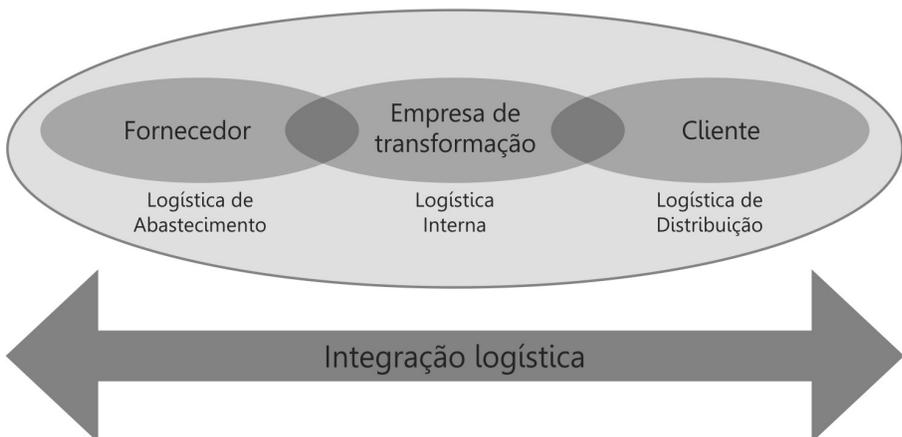


Figura 3.1. Visão da logística integrada para agregação de valor ao consumidor final.

### 3.3. ATIVIDADES DA LOGÍSTICA

Dentro das organizações a logística tem diversas atividades relacionadas à movimentação de materiais e informação, sendo elas classificadas em Atividades Primárias e Atividades de apoio.

As atividades primárias são as atividades-chave, ou seja, as atividades mais importantes da logística e que, além disso, participam maiores parcelas de custo. São elas:

- *Transporte*: é a atividade que permite à empresa a movimentação de suas matérias-primas ou seus produtos de alguma forma. Dentro desta atividade, está a escolha de qual forma os materiais devem ser movimentados, por meio terrestre (rodoviário ou ferroviário), aquático (hidroviário), aéreo (aeroviário) ou por dutos (dutoviário). Assim, esta função agrega valor de lugar ao produto, pois o posicionam adequadamente para atender a demanda.
- *Gestão de Estoques*: é a atividade que permite a disponibilização de produtos aos clientes, de acordo com a demanda, o que só é possível com a manutenção de níveis mínimos de estoques dos produtos. Os estoques funcionam como “amortecedores” entre a oferta e a demanda, pois evitam que pedidos efetuados pelos clientes deixem de ser atendidos. A manutenção de estoques agrega valor de tempo ao produto, permitindo sua disponibilidade na hora que o cliente o deseja.
- *Processamento de Pedidos*: É a atividade que inicia a movimentação de produtos em razão dos pedidos dos clientes. Assim, o processamento adequado dos pedidos evita erros posteriores de documentações e detalhamento.

As atividades de apoio compreendem todas aquelas que dão suporte para que as atividades primárias aconteçam em sua plenitude. Entre elas, podemos destacar as atividades de armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, obtenção, programação do produto e gestão da informação.

### 3.4. LOGÍSTICA COMO VANTAGEM COMPETITIVA

A agregação de valor ao produto, propiciada pela logística, pode ser explicada da seguinte forma: ao sair da fábrica, o produto possui um valor agregado; porém este valor está incompleto para o consumidor, que para se beneficiar do produto, precisa tê-lo colocado no local desejado,

no tempo certo e em condições adequadas. Neste caso, o sistema logístico irá agregar maior valor ao produto no momento em que disponibilizar o produto ao consumidor. Trata-se de valor de lugar, de tempo e de qualidade. Mais recentemente, as empresas estão acrescentando o valor da informação, ou seja, entre outras coisas o cliente pode acompanhar a movimentação de sua encomenda pela internet a qualquer momento.

Um dos aspectos da logística é a minimização do tempo da movimentação de bens ou entrega de serviços de forma eficaz e eficiente, realizando esta tarefa ao menor custo possível. Assim, a gestão logística cuida da movimentação geral dos produtos, que se realiza por meio de três áreas principais: suprimento, apoio à produção e distribuição física. Para vencer a distância que separa os clientes dos fornecedores, a gestão logística deve encarar problemas referentes a tempo, espaço, custo, comunicação, movimentação e transporte de materiais e produtos.

Em função dessas dificuldades, são criadas estratégias logísticas, as quais devem promover a integração das operações existentes dentro e entre as áreas de suprimento, apoio à produção e distribuição física. Esta integração deve se refletir em termos de custos totais e desempenho operacional do sistema logístico.

Os custos de transporte são sempre um custo importante para o custo total de uma empresa, quando é exigido o transporte de matéria-prima e de produto. Dentre os componentes deste custo, os principais se relacionam aos custos de mão de obra dos motoristas (salários, refeições, hospedagens etc.), custos com combustível e custos com veículos. Estes custos se tornam especialmente importantes quando se transportam produtos perecíveis.

As empresas que buscam destaque no mercado competitivo passaram a utilizar os serviços logísticos como ferramenta competitiva, criando barreiras à entrada de novos competidores, buscando organizar o fluxo de produtos a partir de iniciativas de ressurgimento enxuto com seus clientes e fornecedores, através de serviços logísticos específicos que asseguram maior conectividade na troca de informações entre empresas.

A competência logística se refere à avaliação da capacidade da empresa em fornecer competitividade superior para atendimento dos re-

quisitos dos clientes ao menor custo possível. As empresas que utilizam a logística como elemento de diferenciação em sua base de competitividade fornecem um serviço superior ao cliente, a um custo abaixo da média do setor. Essa é sua estratégia, a qual possui uma plataforma de serviço de desempenho logístico superior, caracterizada pela capacidade alternativa das operações logísticas, ampla flexibilidade das operações, tempo baseado em competência e controles operacionais, entre outros parâmetros que garantem um bom desempenho.

A competência logística tem ganhado cada vez mais importância nas organizações, tornando-se um fator crítico na busca por vantagem competitiva e exigindo maior atenção dos gestores com relação ao desempenho de suas operações.

### 3.5. MÉTODOS QUANTITATIVOS EM LOGÍSTICA

Os métodos de avaliação quantitativa em logística, normalmente são divididos em três categorias, sendo elas: i) Localização; ii) Transporte e iii) Roteirização.

#### Localização

Um fator que afeta diretamente o tempo e o custo de transporte é o posicionamento geográfico do insumo em relação ao ponto de beneficiamento, devendo ser levado em consideração a localização dos clientes e fornecedores, o volume transportado e a taxa de transporte, dentre outras variáveis, para a identificação do melhor local de instalação das facilidades.

A importância da análise locacional se deve pelo fato de que várias informações devem ser obtidas a fim de que sejam reduzidos os riscos de implantação de novas facilidades. Estes por sua vez, estão intimamente relacionados a custos, número de instalações, local e proporções das instalações, sendo que estas informações são geradas por tal análise.

Para a realização desta análise, há métodos com abordagem qualitativa ou quantitativa. Os métodos qualitativos são subjetivos, contando

com entrevistas sobre opiniões de especialistas no assunto e, posteriormente, comparações classificatórias entre as possibilidades de localização; já a metodologia quantitativa é baseada em ferramentas matemáticas, sendo menos subjetiva, podendo ser classificada em heurística, de simulação e exata, sendo esta última o foco desta série didática.

Quanto aos métodos quantitativos mais conhecidos, podemos citar:

- *Centro de Gravidade*: envolve a minimização do custo de se transportar o material desde os pontos de origem ao ponto de destino, envolvendo as distâncias entre os pontos, a taxa de custo de transporte e os volumes a serem transportados.
- *P-mediana*: é um método que utiliza programação linear para encontrar um valor mínimo de custo total, que envolve a soma dos custos de transporte ao custo de instalação propriamente dito.

## Transporte

Para a maioria das empresas, esta é a atividade logística mais importante, tendo em vista que representa grande parte dos custos logísticos envolvidos. Além disso, o transporte é essencial, pois nenhuma empresa moderna pode operar sem providenciar a movimentação de suas matérias-primas ou de seus produtos acabados de outra forma.

Os métodos quantitativos normalmente são utilizados para se definir esquemas ótimos de transporte, quando se tem um número de fornecedores, com suas capacidades máximas de atendimento e um número de clientes, com suas demandas de produtos. Assim, os resultados dos modelos de programação linear utilizados resultam em qual número de produtos deverão ser enviados, dos fornecedores para os respectivos clientes, visando minimizar o custo global de transporte.

## Roteirização

O termo roteirização, embora não encontrado nos dicionários de língua portuguesa, é a forma que vem sendo utilizada como equivalente ao inglês “*routing*”. O termo é utilizado para designar o processo de determinação de um ou mais roteiros ou sequências de paradas a serem

cumpridos por veículos de uma frota, objetivando visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, em locais predeterminados, que necessitam de atendimento. Problemas de roteirização ocorrem com bastante frequência na distribuição de produtos e serviços.

Entre os problemas de roteirização, pode-se destacar:

- *Um ponto de origem e um ponto de destino*, conhecido como problema do caminho mais curto.
- *Pontos de origem e destino múltiplos*, devendo-se definir qual ponto de partida (origem) irá atender qual ponto de chegada (destino) em qual proporção, de modo a não exceder a capacidade dos fornecedores nem deixar de atender às demandas dos clientes.
- *Ponto de origem e destino coincidentes*, conhecido como problema do caixeiro viajante, de forma que é necessário sair de um ponto de origem, passar por alguns pontos e voltar ao ponto de origem.
- *Roteirização e programação de veículos*, sendo um problema no qual os veículos, que podem ser de tipos diferentes, com cargas diferentes, devem sair de um depósito, cumprir uma determinada rota e voltar para o mesmo depósito, de modo a otimizar os espaços dos veículos, salários de motoristas, entre outros custos, atendendo à demanda de todos os pontos.

Para estes problemas, em sua grande maioria, são utilizados modelos de programação linear e não linear, unidos a algoritmos que minimizem o tempo computacional exigido. Pois estes constituem problemas de difícil resolução ótima, especialmente aqueles em que há ponto de origem e destino coincidentes.

### 3.6. APLICAÇÕES PRÁTICAS DA LOGÍSTICA

Diversas organizações investiram e estão investindo continuamente em aplicações logísticas dentro de sua cadeia produtiva. Assim, trabalhos foram realizados no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, sendo alguns executados em conjunto com o Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV para melhoria logística de algumas cadeias de suprimento.

Estudos locais foram feitos para diversos setores produtivos, podendo-se citar: instalação de usina beneficiadora de café, indústria de processamento de soro de leite, postos de coleta de soro de leite e usinas produtoras de biodiesel.

Para determinação de rotas e esquemas de transporte ótimo, foram desenvolvidos trabalhos para distribuição de produtos cárneos, coleta de leite de pequenos produtores para usina produtora de laticínios, coleta de oleaginosas para produção de biocombustíveis, coleta de pneus para reformadora e distribuição de pneus reformados.

A aplicação dos conceitos e ferramentas provenientes da logística fazem com que a competitividade das organizações e das cadeias de produção melhorem de forma significativa, pois a redução de custos, a organização e melhoria dos processos e a satisfação dos clientes e consumidores são afetadas de forma positiva e direta.

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. 5. ed. Porto alegre: Bookman, 2006, 616p.
- CHRISTOPHER, M. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos*. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning. 2012, 344 p.
- MARTINS, D. D. S.; SILVA, A. N. *Ferramentas computacionais para auxílio a decisões logísticas*. 1. ed. Viçosa, MG; Editora UFV, 2009, 119 p.
- NOVAES, A. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, 424 p.



# 4. Pesquisa operacional

---

**Danielle Dias Sant'Anna Martins**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 4.1. ORIGEM E CONCEITUAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL

A origem da Pesquisa Operacional se deu na década de 30, quando se iniciou, na Inglaterra, estudos sobre a eficiência de técnicas de operações advindas de experimentos com interceptação de radar. De forma mais conhecida, no entanto, o começo da utilização da pesquisa operacional tem sido geralmente atribuído a algumas iniciativas militares britânicas e americanas na Segunda Guerra Mundial, como manutenção e inspeção de aviões, escolha do tipo de avião para uma missão e dimensionamento de comboios de frota.

Os cientistas da época não fizeram mais do que aplicar o método científico, que já conheciam, aos problemas que lhes foram sendo colocados. Apoiados em dados e fatos, a ideia de criar modelos matemáticos passou a ser desenvolvida, possibilitando identificar os problemas em estudo e a simular e avaliar o resultado hipotético de estratégias ou decisões alternativas (GAVIRA, 2003).

Após o final do conflito, a abordagem de pesquisa operacional se voltou também para aplicação em problemas oriundos dos setores público e privado, em virtude da crescente complexidade das organizações. Os problemas de gerenciamento de atividades produtivas voltadas à programação da produção, controle de estoque, problemas de transporte, investimentos, dentre outras atividades, começaram então a ser estudados pelos mesmos cientistas.

Ao longo dos anos, a teoria e a utilização da pesquisa operacional se diversificaram, contribuindo para a expansão da área de conhecimen-

to, cujas aplicações abrangem indústria, comércio, serviços e setores governamentais. Especificamente, as áreas de expressiva importância estratégica que mais utilizam a pesquisa operacional são aquelas ligadas à energia, gestão industrial, gestão da qualidade, administração de operações, logística, finanças, marketing, planejamento e gestão de serviços, informação, dentre outras.

Apesar dos resultados obtidos pela pesquisa operacional durante a Segunda Guerra Mundial terem sido muito importantes para o sucesso das operações no conflito, eles foram limitados pela complexidade dos cálculos envolvidos. Somente após a disponibilização de métodos computacionais (hardware e software) o potencial desta técnica foi mais bem aproveitado.

Com relação à definição mais apropriada para o termo Pesquisa Operacional, não existe um consenso entre os autores. Apesar disso, quanto à finalidade, os pensamentos convergem para a busca por melhor utilização de recursos e processos através da aplicação de métodos científicos.

Ehrlich (1985) define a pesquisa operacional como um conjunto de técnicas quantitativas para auxiliar no processo de tomada de decisão dentro de uma filosofia de modelagem voltada, principalmente, à otimização de sistemas. Para Arenales et al. (2007), o processo de tomada de decisão estaria relacionado à ação de projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos.

De acordo com Gavira (2003), apesar de diferenças quanto à generalização ou particularização das definições, observam-se as mesmas características em todas elas, as quais seriam: i) abordagem do método científico do ponto de vista organizacional; ii) identificação do melhor curso de ações possível, visando a obtenção da melhor solução ou a solução ótima para o problema; e iii) utilização de equipes formadas por pessoas com diferentes experiências e habilidades.

## 4.2. TÉCNICAS DE PESQUISA OPERACIONAL

Um estudo de pesquisa operacional começa com a construção de um modelo conceitual simplificado do sistema a ser analisado, sendo a par-

tir de então avaliado como se o sistema fosse real. Ressalta-se, no entanto, que além da elaboração de modelos para auxiliar este processo, é primordial que os tomadores de decisão levem em consideração a sua intuição gerencial na seleção das informações relevantes, nos possíveis cenários a serem estudados, na validação do modelo e na análise de seus resultados (LACHTERMACHER, 2009). Tal processo pode ser representado pela Figura 4.1

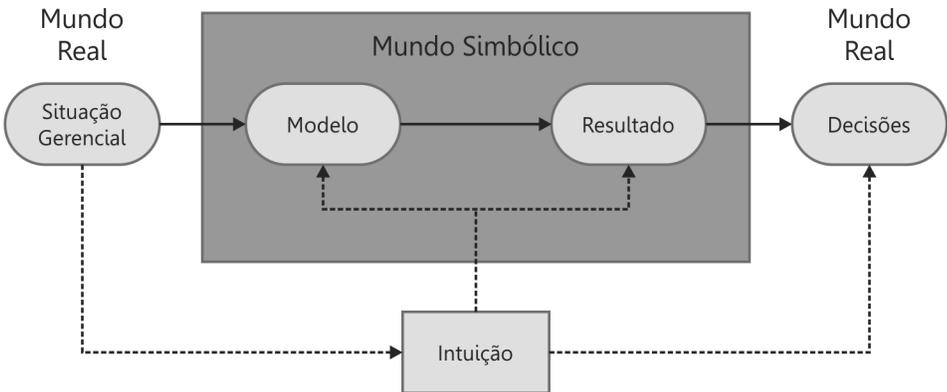


Figura 4.1. Processo de tomada de decisão. Adaptado de Lachtermacher (2009).

Por causa da necessidade de incorporação de dados numéricos e outros eventos objetivos, os modelos de pesquisa operacional são quase sempre matemáticos e, portanto, requerem uma análise que emprega os métodos matemáticos (GAVIRA, 2003).

Para a formulação de um modelo matemático, simplificações razoáveis do sistema ou do problema real precisam ser consideradas. Dessa forma, o modelo deve ser o mais detalhado possível, de modo a captar os elementos essenciais do problema, mas suficientemente tratável por métodos de resolução. Ressalta-se ainda que a validação do modelo, etapa fundamental para as experimentações<sup>1</sup>, depende da solução do modelo matemático apresentar coerência com o contexto original.

Segundo Arenales et al. (2007), a formulação (modelagem) define as variáveis e as relações matemáticas que descrevem o comportamento

<sup>1</sup> Desenvolvimento de procedimentos e testes para analisar e comparar alternativas.

relevante do sistema ou do problema real; a dedução (análise) aplica técnicas e tecnologia para resolver o modelo matemático e visualizar quais conclusões são sugeridas. Quando à interpretação (inferência) argumenta que as conclusões retiradas do modelo têm significado suficiente para que sejam tomadas decisões para o problema real. Frequentemente, no entanto, uma avaliação (julgamento) dessas conclusões ou decisões inferidas mostra que as mesmas não são adequadas, sendo imprescindível a revisão da definição do problema e/ou da sua modelagem matemática, repetindo-se o ciclo.

O passo a passo para a resolução de um problema de pesquisa está esquematizado na Figura 4.2.

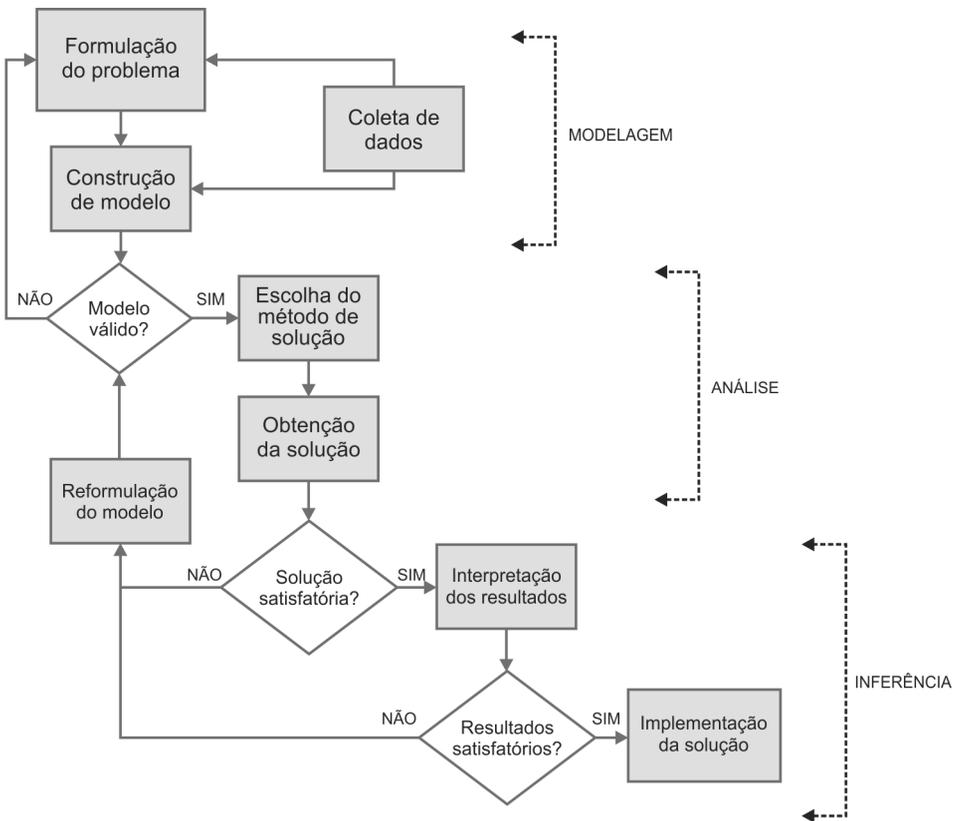


Figura 4.2. Um modelo do processo de resolução do problema.  
Adaptado de RAGSDALE (2009)

Ecker & Kupferschmid (1988) afirmam que a necessidade de se fazer escolhas ótimas em situações de incerteza determina duas categorias principais de modelos matemáticos usados na pesquisa operacional:

- Otimização (programação linear, programação inteira, programação não-linear, teoria dos grafos, entre outros); e
- Probabilidade aplicada (teoria das filas, modelos de estoques, simulação de eventos discretos, teoria dos jogos, entre outros).

Os métodos de otimização, também conhecidos como métodos de programação matemática, buscam pela melhor solução de um problema que possua várias (ou infinitas) soluções possíveis. Nos casos em que se pretende capturar a natureza aleatória e dinâmica de algumas classes de problemas reais, o recomendado é a abordagem dos tópicos de probabilidade aplicada, que são usados na predição de resultados de uma sequência de eventos incertos.

Já os métodos heurísticos são citados nos trabalhos de Taha (2008) e Ballou (2006) como uma terceira categoria de modelagem matemática. Estes métodos são uma consequência de avaliação sobre o processo de solução, permitindo que boas soluções sejam obtidas rapidamente a partir de numerosas alternativas. Embora os métodos heurísticos não garantam que uma solução ótima seja encontrada, os benefícios de tempos de processamento de computador e necessidades de memória razoável são muitas vezes apontados como razões para o uso de tal abordagem.

### 4.3. CONTEXTUALIZAÇÃO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2014), o Engenheiro de Produção deve ter uma sólida formação científica e profissional geral. De modo que este profissional possa identificar, formular e solucionar problemas ligados às atividades de projeto, operação e gerenciamento do trabalho e sistemas de produção de bens e/ou serviços, considerando seus aspectos humanos, econômicos, sociais e ambientais. Tendo ainda visão ética e humana, em atendimento às demandas da sociedade.

A Pesquisa Operacional é, portanto, uma das áreas de conhecimento da Engenharia de Produção, visto que proporciona aos profissionais que têm acesso ao seu escopo um procedimento organizado e consistente, auxiliando na difícil tarefa de gestão de recursos humanos, materiais e financeiros de uma organização (MARTINS, 2011).

De fato, gerenciar significa basicamente tomar decisões nos níveis estratégico (longo prazo), tático (médio prazo) e operacional (decisões rotineiras). Devendo ser entendido como o ato de fazer uma opção entre alternativas de solução que sejam viáveis de serem aplicadas a uma determinada situação-problema.

Em 1957, a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) criou o primeiro curso de Engenharia de Produção no Brasil, em nível de graduação, sendo o segundo curso criado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em 1958, nos moldes dos cursos de Engenharia Industrial dos Estados Unidos. Em ambas as Instituições de Ensino, foram oferecidas aos alunos disciplinas de Programação Linear, Teoria dos Jogos, Simulação, Teoria das Filas e Estatística.

Nas universidades, apesar das áreas de aplicação serem bastante diversificadas, pode-se afirmar que a maior parte dos pesquisadores trabalham com problemas determinísticos (inexistência de variáveis aleatórias) e/ou estocásticos (consideração de variáveis aleatórias). Além disso, existem desenvolvimentos importantes relacionados à teoria da decisão, a métodos computacionais aplicados à programação matemática e a outras áreas mais contemporâneas, como a Logística e o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management*). Alguns exemplos de problemas típicos estão relacionados a seguir:

- *Programação Linear*: mix de produção, mistura de matérias-primas, modelos de equilíbrio econômico, carteiras de investimentos, roteamento de veículos, jogos entre empresas, e outros, visando fundamentalmente encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Consiste na maximização (lucro) ou minimização (custos) de uma função linear, denominada Função Objetivo, respeitando-se um sistema também linear de igualdades ou desigualdades, chamado de Restrições do Modelo.

- *Modelos em Rede*: rotas econômicas de transporte, distribuição e transporte de bens, alocação de pessoal, monitoramento de projetos, e outros, sendo utilizados em casos especiais de problemas de programação linear que são mais bem analisados através de uma representação gráfica (fluxos em uma rede<sup>3</sup> ou grafos).
- *Teoria das Filas*: dimensionamento de postos de pedágio, guichês num banco, número de berços de atracação em portos, equipes de manutenção, e outros, onde o objetivo principal é o desenvolvimento de modelos matemáticos que permitam prever o comportamento de sistemas de prestação de serviços.

Neste contexto é que a Pesquisa Operacional se insere, colaborando para que o profissional de engenharia de produção, a partir da utilização das técnicas existentes, contribua para a implementação de melhorias nas organizações, mesmo em casos de sistemas ou situações altamente complexas.

#### 4.4. ABORDAGEM PRÁTICA DESENVOLVIDA NO DEP/UFV

No Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da Universidade Federal de Viçosa, uma das técnicas de pesquisa operacional bastante adotada em projetos de pesquisa e de ensino é a aplicação da otimização. Especificamente da programação matemática (linear e inteira), na resolução de problemas pertinentes à Engenharia de Produção.

No ensino, um livro na área de Logística foi publicado pela Editora UFRV – *Ferramentas Computacionais para Auxílio a Decisões Logísticas*, cuja abordagem envolveu o estudo de localização de facilidades (instalações) e o estudo do transporte de materiais (problemas capacitados, não capacitados, problemas do caixeiro-viajante e roteirização de veículos).

Com relação à pesquisa, alguns trabalhos voltados ao estudo locacional de unidades foram desenvolvidos em parceria com o Departa-

---

<sup>3</sup> São diagramas compostos por uma coleção de vértices ou nós ligados entre si por um conjunto de arcos.

mento de Tecnologia de Alimentos e Departamento de Informática, sendo eles:

- Desenvolvimento de software para a definição de locais ótimos na implementação da coleta seletiva no município de Viçosa-MG.
- Análise locacional de usina beneficiadora de café como problema da P-mediana.
- Proposta locacional para unidades de processamento de mamona pela agricultura familiar, no centro norte do estado da Bahia.
- Estudo locacional para unidades produtoras de biodiesel no Estado de Minas Gerais.
- Localização de unidades processadoras de soro de queijo no Estado de Minas Gerais.

O estudo mais recente nessa área foi a conclusão de uma Tese – *Proposta de Modelo para Análise do Modal Rodo-Ferroviário no Transporte da Cana-de-Açúcar no Triângulo Mineiro* (MARTINS, 2014). Neste trabalho formulou-se um modelo de programação linear inteira mista para avaliar a utilização do modal ferroviário, em complementação ao sistema rodoviário existente, no deslocamento da cana das propriedades rurais às respectivas usinas processadoras na região do Triângulo Mineiro.

Além da programação do veículo de transporte, propôs-se a programação do grupo de corte a ser usado na colheita, de modo que os custos de transporte fossem minimizados e a qualidade da matéria-prima maximizada. Os resultados mostraram a alocação de cada grupo de colheita por turno de trabalho, indicando a utilização do modal rodoviário no escoamento da cana-de-açúcar para quase todos os dias analisados nos cenários em estudo.

Quanto ao planejamento da colheita, o modelo não apresentou diferenças significativas para análises no início, no meio e no final da safra. Concluiu-se que os resultados não foram suficientes para justificar investimentos no sistema ferroviário para a movimentação da cana-de-açúcar na região do Triângulo Mineiro, o que pode ser explicado pelos baixos valores do frete rodoviário adotados no país, quando comparados à média do frete ferroviário, uma inversão do que se é observado em países com melhores práticas em logística.

---

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. *Um panorama da engenharia de produção*. 2014. Disponível em <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?ss=1&c=924>>. Acesso em: 04 ago. 2015.
- ARENALES, M; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, M. *Pesquisa operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, 523 p.
- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006, 616 p.
- ECKER, J. G.; KUPFERSCHMID, M. *Introduction to operations research*. Krieger Publishing Company, 1988.
- EHRLICH, P. J. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1985, 303 p.
- GAVIRA, M. de O. *Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento*. 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.
- LACHTERMACHER, G. *Pesquisa operacional na tomada de decisões*. 4. ed. São Paulo: Pearson Brasil, 2009, 224 p.
- MARTINS, D. D. S. *Proposta de modelo para análise do modal rodo-ferroviário no transporte da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro*. 2014. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.
- MARTINS, F. A. S. *Introdução à pesquisa operacional*. São Paulo: Cultura Acadêmica, Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.
- RAGSDALE, C. T. *Modelagem e análise de decisão*. São Paulo: Cengage Learning, 2009, 589 p.
- TAHA, H. A. *Pesquisa operacional: uma visão geral*. 8.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008, 384 p.



# 5. Engenharia da qualidade

---

**Adriana Ferreira de Faria**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 5.1. ENTENDENDO A QUALIDADE E AS TECNOLOGIAS DE GESTÃO

Engenharia da qualidade, de acordo com a **Abepro**<sup>1</sup>, refere-se ao “Planejamento, projeto e controle de sistemas de gestão da qualidade que considerem o gerenciamento por processos, a abordagem factual para a tomada de decisão e a utilização de ferramentas da qualidade”, contemplando as seguintes áreas: Gestão de Sistemas da Qualidade, Planejamento e Controle da Qualidade, Normalização, Auditoria e Certificação para a Qualidade, Organização Metrológica da Qualidade e Confiabilidade de Processos e Produtos. Mas, antes de abordarmos conceitualmente o tema, de acordo com a literatura, é importante entender o que é qualidade.

**O que é qualidade?** Essa pergunta nem sempre é fácil de responder, porque qualidade tem várias dimensões. Ela pode ser aplicada à empresa, ao produto, às situações ou até mesmo às pessoas. Se perguntarmos a um grupo de pessoas de diferentes setores de uma empresa, ouviremos diferentes respostas. Provavelmente, o pessoal da área de desenvolvimento de produto dirá que qualidade é projetar um produto sem defeito; o pessoal da produção dirá que qualidade é produzir produtos sem defeito, é não ter retrabalhos ou realizar horas extras; o pessoal da área de compras dirá que qualidade é a aquisição da melhor matéria

---

<sup>1</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Engenharia da Qualidade. 2014. <<http://abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>>. Acesso em: 01 de jul. 2015.

-prima; o pessoal de marketing dirá que qualidade é aquilo que deixa o cliente satisfeito.

Se perguntarmos aos clientes o que é qualidade, eles dirão que qualidade é o produto que não apresenta defeito, o produto com alto conteúdo tecnológico, o produto com o melhor preço, o melhor atendimento empresarial, a marca, a entrega no prazo, ou até que qualidade é tudo isso. O problema em relação à opinião dos clientes é que na maioria das vezes eles querem comprar uma Ferrari pelo preço de Fusca. Portanto, isso nos leva a uma conclusão importante, qualidade não deve ser vista de forma absoluta, deverá sempre ser um conceito aplicado de forma relativa no mundo empresarial.

O que nem todo mundo sabe, ou associa, é que qualidade está intimamente relacionada com a melhoria da produtividade. Esse deve ser um dos principais focos para o bom engenheiro de produção, haja vista que um dos elementos vitais para a competitividade das empresas é a produtividade. Normalmente, quanto mais produtivo, mais competitivo. Outro elemento vital para as empresas é a inovação e o conteúdo tecnológico, que devem ser analisados oportunamente. Assim, vamos entender melhor a qualidade sob essa ótica. Por hora, produtividade significa produzir cada vez mais e/ou melhor com cada vez menos. Esse conceito simples pode ser melhor compreendido quando analisamos, simbolicamente, a Figura 5.1, concebida conceitualmente pelo Prof. Vicente Falconi Campos, com certeza um "Guru da Qualidade" no Brasil.

As empresas existem para oferecer produtos aos seus clientes de forma lucrativa. Lembre-se que aí estão incluídos os serviços, que são pro-

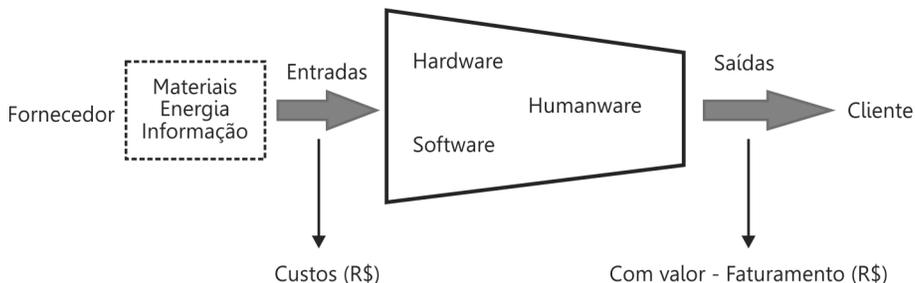


Figura 5.1. Representação esquemática simples de uma empresa. Adaptado de CAMPOS, Vicente Falconi, TQC - Controle da Qualidade Total (No Estilo Japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

dutos não tangíveis. Produtos representam as entregas desejáveis - **as saídas** - que geram faturamento, não necessariamente lucro. Obviamente, quanto mais clientes e maior o volume de vendas, melhor, isso não significa, ainda, que o lucro seja satisfatório! Por outro lado, para que os produtos possam ser entregues são necessários recursos diversos - **as entradas** - como matéria-prima, energia, informação e dinheiro. A relação entre as saídas e as entradas é que definem a produtividade de uma empresa e, portanto, o seu resultado, ou ainda a sua lucratividade.

Sabe-se que podemos ter saídas indesejáveis, por exemplo: produtos com defeitos, que levem a retrabalhos, geração de sucata ou vendas com concessões, o que significa desperdício de matéria-prima e tempo, portanto de dinheiro; produtos que causem danos ao consumidor ou ao meio ambiente, por apresentar desempenho insatisfatório ou falhas, o que pode implicar em ações judiciais; produtos que retornam devido a falhas durante o período de garantia, o que leva a gastos com assistência técnica e substituições; perda de contratos por não cumprimento dos requisitos, como prazo de entrega, o que significa perder clientes. Esses exemplos ilustram aquilo que chamamos de **custos da qualidade**, ou **custos da falta de controle**, ou em bom português, custos da falta de qualidade, ocasionados pelas falhas internas (ainda na empresa) ou externas (na mão do cliente).

Além de clientes insatisfeitos, as saídas indesejáveis muitas vezes estão relacionadas com funcionários e colaboradores insatisfeitos, o que é o pior dos mundos para uma empresa. Obviamente, que tudo isso, isoladamente ou em conjunto, reduz a lucratividade de uma empresa e, portanto, pode afetar sobremaneira a sua existência.

Dessa forma, mantida as entradas, o esforço da empresa deve ser transformá-las, da forma mais eficiente e eficaz possível, em saídas desejáveis. Aí está a base da produtividade e, portanto, da competitividade. Os recursos são processados por meio de três elementos: *humanware*, *hardware* e *software*. O fator **humanware** significa pessoas. Pessoas qualificadas e motivadas são o maior diferencial que uma empresa pode ter. Sem dúvida alguma, na era do conhecimento são as pessoas que fazem as coisas acontecerem da melhor forma possível. O elemento **hardware** representa as máquinas, os equipamentos e as

tecnologias. É óbvio que quanto mais modernos e eficientes forem os hardwares tanto melhor para uma organização. Mas, por incrível que pareça, bons hardwares não são suficientes. Na matemática chamamos isso de condição necessária, mas não suficiente. O fator **software** significa “como eu faço”, ou ainda, como uma empresa organiza, desdobra e executa o trabalho. Vamos entender isso melhor!

Em qualquer processo produtivo, empresarial ou não, a forma como organizamos o trabalho envolvido determina o sucesso ou o fracasso, de acordo com o planejado. **Organizar o trabalho** de um processo significa estabelecer, pelo menos: a sequência de como cada atividade necessária ao processo deve acontecer; a maneira especificada de como cada atividade deve ser realizada; quando cada atividade deve ser executada; quem deve realizar cada atividade; os recursos, as ferramentas, as máquinas e os equipamentos necessários para a realização das atividades; as informações necessárias, que permitam planejar e executar as atividades, conforme o estabelecido.

Aqui cabe um conceito importante para a engenharia de produção – o conceito de processo. **Processo** é um conjunto de atividades, que transformam entradas em saídas, que acontece de forma rotineira e contínua. Portanto, para cada processo, devemos organizar o trabalho necessário para a sua realização. Uma organização, ou empresa, na verdade, é um conjunto de processos: de negócio, produtivos, administrativos, financeiros e de desenvolvimento, por exemplo. Portanto, o fator software significa a **gestão dos processos** ou ainda as **tecnologias de gestão** utilizadas. **As tecnologias de gestão representam a base tecnológica da Engenharia de Produção.**

A introdução de novas tecnologias no mercado, através do lançamento de produtos e serviços, mesmo àqueles com alto conteúdo tecnológico, não é suficiente para garantir a competitividade e lucratividade da empresa. Os casos de sucesso de muitas empresas revelam que a organização da produção de bens e serviços é uma das ferramentas mais importantes de produtividade. A história atribui o sucesso das empresas japonesas e suas vantagens competitivas, em especial nos anos 70 e 80, principalmente, às inovações organizacionais, por exemplo, o Sistema Toyota de Produção.

De acordo com o Manual de Oslo<sup>2</sup>, “as **inovações organizacionais** referem-se à implementação de novos métodos organizacionais, tais como mudanças em práticas de negócios, na organização do local de trabalho, ou nas relações externas da empresa”. A inovação organizacional pode acontecer por meio da adoção, concepção e desenvolvimento, pela empresa, das chamadas tecnologias de gestão, que se tornaram num dos principais ativos intangíveis de uma organização.

As tecnologias de gestão permitem que a organização reformule os seus processos de negócios e produtivos, desta forma, constitui-se em infraestrutura necessária para aumentar a produtividade e lucratividade, bem como apoiar os processos de inovação tecnológica. É consenso no mundo acadêmico e empresarial que novas tecnologias de produto ou processo, quando dissociadas de tecnologia de gestão adequadas, não são suficientes para o aumento da competitividade das empresas. As tecnologias de gestão são tão importantes e necessárias quanto aquelas que levam ao desenvolvimento de novos produtos e serviços. Dentre as principais tecnologias de gestão, destacam-se: Gestão da Qualidade, Planejamento e Controle da Produção (PCP), Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain*), *just in time* (JIT), Produção enxuta, *kaizen*, Gestão de Projetos, Gestão do Desenvolvimento de Produtos (GDP), Gestão da inovação e outras.

Assim, voltando à Figura 5.1, conseguimos entender que para transformar as entradas em saídas, de forma satisfatória, aumentando a produtividade, a empresa deve investir e aperfeiçoar os seus fatores de transformação - humanware, hardware e software. Investir em hardware pode trazer resultados satisfatórios, de forma até imediata. Por exemplo, se a empresa substitui um equipamento antigo por um mais moderno, com maior capacidade de produção e com maior precisão, é obvio que a produtividade daquela atividade associada ao equipamento aumenta, instantaneamente - é só ligar na tomada. Mas, veja bem, aumentar a produtividade de uma atividade não significa aumentar necessariamente a produtividade de todo o processo ou da empresa. Além

---

<sup>2</sup> OCDE - Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento. Manual de Oslo. Rio de Janeiro: Finep, 2005.

disso, investir em hardware normalmente envolve investimentos financeiros elevados.

Por outro lado, investir em humanware significa investir na capacidade de transformar, inovar, fazer o melhor sempre, pois significa investir em talento, criatividade e conhecimento – que são os fatores que movem o mundo para o melhor. Há de se ter paciência, pois não é simplesmente “ligar na tomada”. As pessoas precisam de tempo para aprender, amadurecer e colocar em prática. Isso envolve a realização de um ciclo, extremamente virtuoso. Por sua vez e ao seu turno, investir em humanware significa investir em software, e vice-versa. São dois fatores interdependentes. As tecnologias de gestão são desenvolvidas e implantadas pelas pessoas. Normalmente, investir em pessoas e tecnologias de gestão envolve recursos financeiros bem menores se quando comparados com os investimentos necessários em hardware, bem como significa resultados contínuos ao longo do tempo. Obviamente, que uma coisa não elimina a outra!

Você pode estar se perguntando – ok, entendi, mas e a qualidade? Qual o contexto disso tudo? – Por isso já vamos concluir!

A qualidade pode ser de difícil definição, haja vista que tem várias dimensões, conforme esclarecido no início. Por isso, vamos a partir de agora falar de **Gestão da Qualidade (GQ)**. A Gestão da Qualidade é uma das principais tecnologias de gestão, a partir da qual quase todas as outras, no campo da engenharia de produção, se desdobraram. Com a Gestão da Qualidade a empresa, pela melhoria da qualidade de seus processos e produtos, pode então aumentar a sua produtividade e competitividade.

A Gestão da Qualidade, por meio da organização eficiente do trabalho e dos processos empresariais, vai melhorar o desempenho dos processos e reduzir a sua **variabilidade estatística**. Isso na prática significa produtos projetados, produzidos e comercializados conforme o especificado e contratado; diminuição das falhas e dos erros nos processos e produtos, portanto redução dos custos com retrabalho, sucata, horas extras e desperdícios; produto com melhor desempenho que leva a clientes mais satisfeitos e, portanto, aumento de vendas e receitas e a conquista de novos mercados; diminuição do nível de estresse na rotina

do trabalho e valorização e reconhecimento das pessoas o que implica em aumento da satisfação, do envolvimento e do comprometimento da equipe.

Implantar um sistema de Gestão da Qualidade envolve investimentos, bem como **custos de controle**, relacionados com a prevenção e avaliação, por exemplo, planejamento, inspeção, manutenção, treinamento e capacitação, auditoria e outros. Esses custos também são chamados de **custos da qualidade**. O que muitas empresas, e infelizmente muitos profissionais, ainda não se deram conta é que o custo da falta de controle é muito superior ao custo do controle. Bingo!! Portanto, pela Gestão da Qualidade a empresa poderá reduzir seus custos e aumentar o seu faturamento, por conseguinte a sua produtividade e competitividade. No indicador de produtividade a melhoria da qualidade permite o aumento do numerador (das saídas desejáveis) e a redução do denominador (entradas).

## 5.2. SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

Talvez, considerando os argumentos expostos anteriormente, a empresa não duvide da importância da gestão da qualidade para a melhoria de sua competitividade. A pergunta nesse momento provavelmente é: Como implantar a gestão da qualidade na empresa? Esse é um caminho árduo a ser percorrido, enquanto a empresa existir. Na verdade, em muito, ele irá garantir a sobrevivência da empresa. Apesar dos esforços, é um caminho bastante compensatório para a empresa e as pessoas.

Quando falamos hoje de Gestão da Qualidade, ou melhor ainda, de um **Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)**, estamos falando de uma história de mais 100 anos, conhecida na literatura como Eras da Qualidade, que contempla 4 fases: inspeção, controle da qualidade, garantia da qualidade e gestão da qualidade. Recomenda-se a leitura desse assunto, bem como sobre o trabalho realizado pelos chamados “gurus da qualidade”<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P (Org.). *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2012.

A implantação do SGQ pode ser orientada pela norma de gestão ISO 9001:2015<sup>4</sup>, que constitui em um conjunto de normas de gestão elaboradas pela *International Organization for Standardization (ISO)*<sup>5</sup>. Segundo o conjunto de normas ISO 9000, a gestão de uma organização inclui, entre outras disciplinas de gestão, a gestão da qualidade, que está apoiada em oito princípios a serem usados para conduzir a organização à melhoria do seu desempenho<sup>6</sup>: Foco no cliente; Liderança; Envolvimento de pessoas; **Abordagem de processo**; Abordagem sistêmica para a gestão; Melhoria contínua; Abordagem factual para tomada de decisão; Benefícios mútuos nas relações com os parceiros. Para a implantação e manutenção de um SGQ, de acordo com a ISO, a organização deve considerar as normas de gestão apresentadas no Quadro 5.1.

As normas ISO são constantemente revisadas para continuarem atualizadas. A primeira versão da ISO 9001 foi lançada em 1987. Revisões da ISO 9001 aconteceram em 1994, 2000 e 2008. Recentemente, a norma ficou em processo internacional de revisão por quase 3 anos, que foi concluído em 2015, quando foi lançada a última versão da norma a ISO 9001:2015, em vigor. O SGQ de acordo com a ISO é, portanto, um sistema comprovado por décadas, por mais de 180 países e com mais de 1 milhão de empresas certificadas em todo o mundo.

A versão 2015 da norma apresenta novos fatores, em relação à versão 2008, que fortalecerão as empresas, em especial a necessidade de considerar o ambiente externo à organização e o seu direcionamento estratégico, bem como de conectar o SGQ da organização com o mundo tecnológico, social, cultural e legal em constantes transformações. Nessa nova versão, a alta direção da empresa deverá promover além da abordagem de processos o uso do pensamento baseado em risco. O SGQ ainda deve ter uma cultura preventiva e desenvolver métricas para monitorar o desempenho, abordar riscos e oportunidades e incentivar uma cultura de liderança participativa.

---

<sup>4</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9001:2015: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos, 2015.

<sup>5</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. <<http://www.iso.org/iso/home.html>>. Acesso em: 01 jul. 2015.

<sup>6</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9000:2015: Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário, 2015.

Quadro 5.1. Normas ISO para a gestão da qualidade

<p>ABNT NBR ISO 9000:2015 Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário</p>	<p>Descreve os conceitos fundamentais e princípios de gestão da qualidade que são universalmente aplicáveis a: organizações que buscam sucesso sustentado pela implementação de um sistema de gestão da qualidade; clientes que buscam confiança na capacidade de uma organização prover consistentemente produtos e serviços em conformidade com seus requisitos; organizações que buscam confiança de que, em sua cadeia de fornecedores, requisitos de produto e serviço serão atendidos; organizações e partes interessadas que buscam melhorar a comunicação por meio da compreensão comum do vocabulário utilizado na gestão da qualidade; organizações que fazem avaliação da conformidade com base nos requisitos da ABNT NBR ISO 9001; provedores de treinamento, avaliação ou consultoria em gestão da qualidade; desenvolvedores de normas relacionadas.</p>
<p>ABNT NBR ISO 9001:2015 Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos</p>	<p>Especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade quando uma organização: a) necessita demonstrar sua capacidade para prover consistentemente produtos e serviços que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos estatutários e regulamentares aplicáveis, e b) visa aumentar a satisfação do cliente por meio da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos para melhoria do sistema e para a garantia da conformidade com os requisitos do cliente e com os requisitos estatutários e regulamentares aplicáveis.</p>
<p>ABNT NBR ISO 9004:2010 Uma abordagem da gestão da qualidade para o sucesso sustentado de uma organização</p>	<p>Esta Norma fornece orientação às organizações para o alcance do sucesso sustentado através de uma abordagem da gestão da qualidade. É aplicável a qualquer organização, independentemente do tamanho, tipo e atividade.</p>
<p>ABNT NBR ISO 19011:2012 Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão</p>	<p>Esta Norma fornece orientação sobre auditoria de sistemas de gestão, incluindo os princípios de auditoria, a gestão de um programa de auditoria e a realização de auditorias de sistema de gestão, como também orientação sobre a avaliação da competência de pessoas envolvidas no processo de auditoria, incluindo a pessoa que gerencia o programa de auditoria, os auditores e a equipe</p>

A certificação do SGQ não é compulsória. A certificação consiste na demonstração de que o SGQ se encontra conforme determinado pelo referencial normativo, ISO 9001:2015, por exemplo. A certificação de um SGQ é atribuída aos Organismos de Certificação Acreditados (OCA). No Brasil, os OCA são creditados pelo Inmetro<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 01 jul. 2015.

A implantação de um SGQ, de acordo com a ISO 9001:2015, implica necessariamente em organizar as atividades em processos e estabelecer as interações entre estes, de forma a construir um sistema de qualidade, com o objetivo de satisfazer as necessidades e expectativas das partes interessadas, em especial do cliente. A gestão por processos é uma metodologia para avaliação contínua, análise e melhoria do desempenho dos processos de uma organização.

### 5.3. A GESTÃO DA QUALIDADE E A ABORDAGEM POR PROCESSOS

Processo é um vocabulário amplamente usado no mundo dos negócios, mas quase sempre de forma incorreta. Da maneira mais simples possível, processo é aquilo que gera os resultados que a empresa fornece às partes interessadas (*stakeholders*), ou de forma técnica, processo é um grupo organizado de atividades correlatas que, em conjunto, cria um resultado de valor percebido pelas partes interessadas. Trabalho em processos é aquele que se concentra nas partes interessadas, leva em conta o contexto mais amplo da organização (enfoque sistêmico), se orienta para obtenção de resultados em vez de ser um fim em si mesmo, segue um caminho disciplinado e repetitivo e fornece os altos níveis de desempenho.

A compreensão correta do conceito de processo e da abordagem por processos é fundamental para o exercício da Engenharia de Produção. Processo é a sequência de atividades (sistema de transformação) que transforma insumos (entradas) em produtos finais (saída) de muito maior valor para o cliente final ou as partes interessadas. Processo também pode ser definido como um conjunto de causas (entradas e o sistema de transformação) que geram um ou mais efeitos (saídas), conforme representado na Figura 5.2. Se para todo efeito existe uma causa, não existe produto sem processo. Deve-se, também, considerar como efeito, as saídas indesejáveis, como defeitos, falhas, retrabalho, desperdícios etc. A empresa é, portanto, em si um grande processo constituído por outros processos (subprocessos). A melhoria da qualidade só é possível por meio de um profundo entendimento dos processos da organização.

O CONTROLE representado na Figura 5.2 significa que todo processo deve ter: alguém responsável pelo desempenho do processo, chamado de “o dono do processo”; limites bem definidos, interações internas e responsabilidades claramente identificadas; procedimentos, tarefas e especificações definidos; sistemas de controle e feedback próximo ao ponto em que cada atividade é executada; controles e metas orientados às exigências das partes interessadas; e prazos de execução conhecidos.

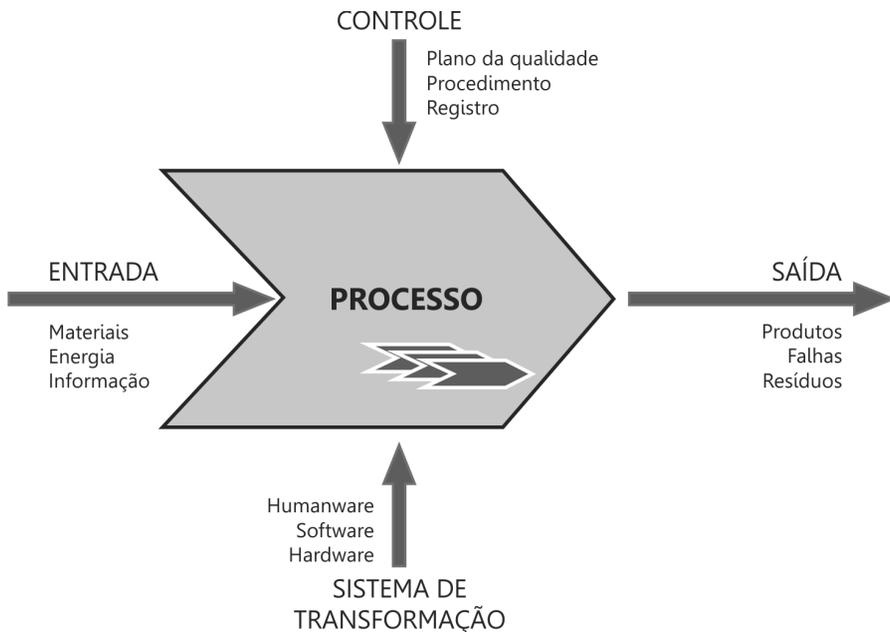


Figura 5.2. Representação esquemática simples de um processo.

Por meio da abordagem por processos é possível enxergar a organização de forma horizontal, ou seja, os processos e suas atividades são analisados e gerenciados de forma linear, do início (entradas) ao fim (saídas), independente das funções organizacionais ou setores funcionais envolvidos em sua realização. Nesse caso, é que se apresenta o enfoque sistêmico, onde se espera o melhor de todos (do time) e não o melhor das partes (individual), ou ainda o mais importante é o resultado do processo, ou seja, a entrega conforme o especificado. Os processos podem ser organizados, de forma hierárquica, conforme apresentado no Quadro 5.2.

Quadro 5.2. Estrutura hierárquica para os processos

Macroprocesso	É aquele que normalmente envolve mais de uma função na organização, possuindo impacto significativo para a organização. Dependendo da complexidade, o macroprocesso pode ser dividido em subprocessos.
Subprocesso	É a divisão do macroprocesso com objetivos específicos, podendo ser organizado seguindo linhas funcionais. O subprocesso recebe entradas e geram saídas, normalmente, em um único departamento/unidade.
Atividades	É a decomposição do trabalho que ocorre no processo (ou subprocesso), desempenhado por uma pessoa ou departamento/unidade, para produzir um resultado particular. Os processos são conjuntos de atividades.
Tarefa	É o menor micro enfoque do processo, podendo ser um único elemento e/ou um subconjunto de uma atividade. Um conjunto de tarefas representam uma atividade.

Na abordagem por processos, as características importantes do produto (saída/efeito) devem ser definidas e mensuradas, posteriormente, especificadas como requisitos a serem atendidos pelo processo, pois a qualidade será assegurada com o atendimento destas características, conhecidas no mundo profissional e acadêmico como **itens de controle**. A variabilidade (variação ou dispersão), está presente em todos os processos de produção de bens e operações para a realização de serviços. A variabilidade representa a causa da realização de produtos com defeitos e das falhas nos processos. Para que a gestão da qualidade seja eficaz, é imprescindível controlar os processos e reduzir sua variabilidade.

Se o produto é o efeito e o processo é a causa, a variabilidade representa variações das condições sob as quais o processo é realizado (**condições do processo**), diferente daquelas especificadas para a obtenção dos requisitos estabelecidos. A variabilidade ocorre devido às **causas comuns ou aleatórias** (variabilidade se mantém em uma faixa característica do processo, que está sob controle estatístico, apresentando um comportamento estável e previsível) e/ou devido às **causas especiais** (surtem devido a uma alteração indesejável e particular das condições do processo, que faz com que o processo se comporte de um modo diferente do usual). A redução da variabilidade de um processo pode obtida reduzindo a variabilidade devido às causas aleatórias e eliminando as causas especiais.

As condições do processo estão relacionadas com as entradas, o sistema de transformação e o controle, conforme esquematizado nas Figuras 5.1 e 5.2. As condições do processo podem ser definidas como os **itens de verificação** (causa) que levam aos itens de controle (efeito) especificados. Portanto, os itens de controle (y) são dependentes dos itens de verificação (x), ou seja  $y=f(x)$ . De uma maneira simplificada, a literatura chama essas condições do processo (itens de verificação) de “6M”: matéria-prima (entradas), máquinas (hardware), mão de obra (humanware), métodos (software), medidas (controle) e meio-ambiente (hardware/ software), conforme esquematizado na Figura 5.3, conhecida como diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa (“guru da qualidade”).

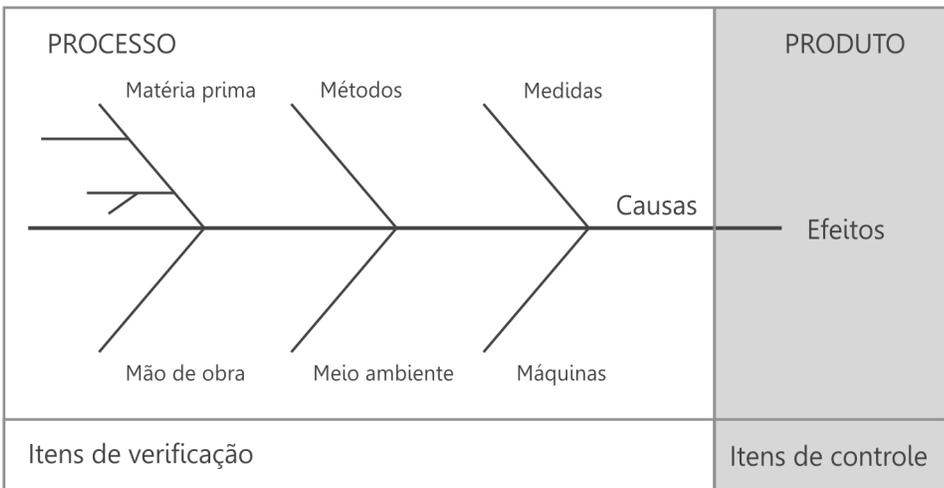


Figura 5.3. Representação esquemática do processo por meio do diagrama de causa e efeito.

O estudo da variabilidade dos processos pode ser conduzido com o uso das chamadas **ferramentas da qualidade**, relacionadas ao uso da estatística, quando será possível distinguir de forma objetiva e econômica, as causas aleatórias das causas especiais de variação. Várias ferramentas estatísticas podem ser utilizadas para o conhecimento e a análise da variabilidade presente nos processos produtivos. Além dos elementos básicos de um SGQ, existe um conjunto de métodos que o

“guru” japonês da qualidade Ishikawa denominou as “Sete Ferramentas da Qualidade”: estratificação, folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, histograma, diagrama de dispersão e gráfico de controle<sup>8</sup>.

**É fundamental a compreensão do conceito de processo e jamais confundir processos com projetos.** Projetos também representam um meio de organizar atividades que levam a um esforço temporário para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Os principais conceitos relacionados a projeto são temporalidade (começo e fim bem definidos) e exclusividade (ainda não foi realizado). Já os processos representam um esforço contínuo, repetitivo e rotineiro – estamos falando de repetição, daí o conceito de variabilidade estatística. A forma como os projetos são gerenciados representa um processo, por isso podemos definir, por exemplo, o processo de desenvolvimento de produto; isto é: cada projeto de cada produto é único, exclusivo e temporário, mas todos os projetos de produto são gerenciados da mesma forma, segundo um conjunto de atividades preestabelecidas (processo).

O controle dos processos pode ser realizado utilizando o método amplamente conhecido no mundo acadêmico e empresarial como **Ciclo PDCA**, desenvolvido por Walter A. Shewhart (“guru da qualidade”), no início do século XX. O Ciclo, esquematizado na Figura 5.4, é composto de quatro fases principais, que representam as iniciais de seu nome em inglês:

- Planejamento (*Plan*), que consiste em estabelecer metas para os processos, bem como procedimentos e planos para que as metas possam ser obtidas e mantidas;
- Execução (*Do*), que consiste em executar as tarefas, as atividades e os processos, conforme estabelecido na etapa anterior. Nessa etapa também deverão ser coletados os dados que serão utilizados na próxima fase do ciclo;
- Verificação (*Check*), que consiste em analisar os dados coletados e avaliar o resultado alcançado em relação ao planejamento estabelecido;

---

<sup>8</sup> WERKEMA, M.C.C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Editora Werkema, 2006.

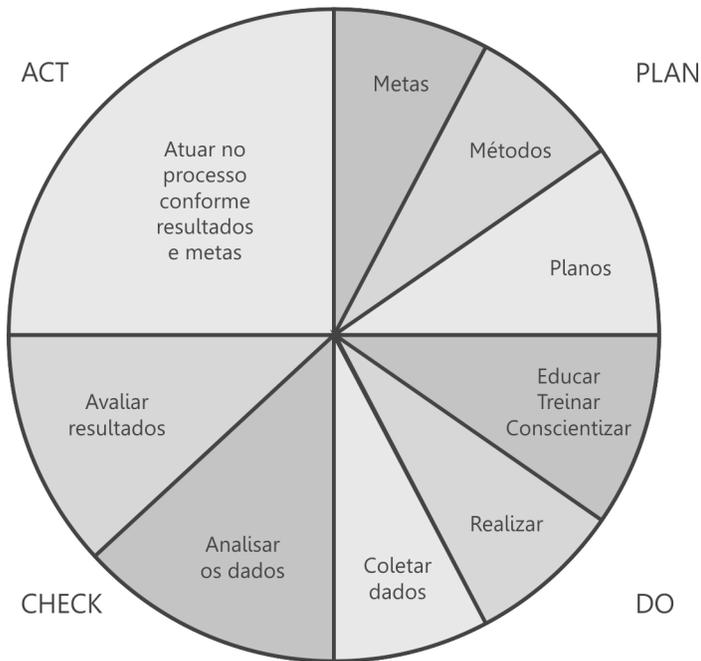


Figura 5.4. Representação do Ciclo PDCA de controle de processos.

- Atuação Corretiva (*Act*), que consiste em adotar as ações necessárias para manter o planejado ou agir sobre as causas de não conformidade com o planejado.

A organização deve conhecer todos os seus processos, mas deve concentrar os seus esforços naqueles que exercem impacto sobre a satisfação do cliente e das partes interessadas. Esses processos são chamados de **processos chaves**. A identificação e o mapeamento dos processos permitem o descobrimento da “empresa oculta”, sendo esse o cerne da abordagem por processos. Com o **mapeamento dos processos** é possível identificar os processos e encontrar seu “ótimo” de execução, reduzir a variabilidade e garantir o cumprimento adequado de metas e planejamento estabelecidos. O mapeamento dos processos e a padronização dos mesmos representam uma das primeiras etapas para as organizações que desejam implantar a abordagem por processos e um SGQ.

Uma vez identificados os processos e as atividades que agregam valor, de acordo com os requisitos das partes interessadas, devem ser estabelecidos procedimentos, a fim de reduzir ou eliminar a variabilidade. **Procedimento** nada mais é que a forma especificada de como uma tarefa, uma atividade ou um processo devem ser executados. Um procedimento estabelece, portanto, as condições do processo. O estabelecimento de um procedimento para um processo significa a padronização do processo, normalmente conhecido no mundo empresarial como Procedimento Operacionais Padrão (POP). O objetivo primário do procedimento é fazer que as atividades sejam sempre realizadas da mesma forma.

O mapeamento dos processos pode ser realizado, em grande medida, seguindo as seguintes etapas, de forma inter-relacionadas:

- Compreender a empresa e o seu contexto, analisando: estratégias, objetivos estratégicos, estrutura organizacional e funcional, portfólio de produtos e projetos, clientes, fornecedores e outras partes interessadas.
- Identificar os processos chaves, a partir da estratégia da empresa. Para os processos chaves, estabelecer: objetivos, métricas e indicadores de desempenho. Os objetivos do processo estão fortemente relacionados com as entregas que o processo deve realizar, ou seja, as saídas desejáveis. Portanto, é fundamental conhecer os itens de controle e verificação do processo.
- Para cada processo chave identificado, desenhar o mapa atual do processo, por meio de entrevistas e observação *in loco*. Cuidado nesse momento, porque as pessoas normalmente contam o que deveriam fazer e não normalmente o que fazem! Elaborar os fluxogramas do processo requer tempo e dedicação e envolve alta taxa de retrabalho.
- Validar o atual fluxo do processo juntamente com os responsáveis pela execução das atividades que compõem o processo. Essa etapa pode ser realizada por meio de reuniões com a equipe. É um ótimo momento para a empresa, pois as pessoas interagem e descobrem como afetam e são afetadas pelo trabalho do outro.
- Desenhar e validar o “novo mapa do processo”, levando em consideração a possibilidade de implantação de melhorias no processo, pelo

estabelecimento de novas metas ou pela eliminação de atividades que não agregam valor ao processo de acordo com as partes interessadas.

- Estabelecer os procedimentos para as tarefas, as atividades e o processo, definindo as condições do processo, ou seja, os “6M”.
- Implantar e manter os procedimentos, com foco no treinamento do pessoal e conscientização de todos.

O mapeamento dos processos não deve ser confundido com a abordagem por processos em si. Esse é um erro comum. Ele representa apenas uma das fases do método, que é muito mais abrangente e envolve várias outras ações ao nível estratégico e operacional. Por outro lado, o mapeamento e controle, dos processos representam a condição necessária para a gestão da qualidade.

#### 5.4. A GESTÃO DA QUALIDADE NO DEP

Os trabalhos na área de gestão da qualidade no DEP têm sido realizados por meio de iniciação científica e trabalho de conclusão de curso, orientados pelos professores do curso, e por meio de assessorias e consultorias, realizadas no âmbito do Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG). O NTG<sup>9</sup> é um grupo de pesquisa e extensão tecnológica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que tem por objetivo desenvolver projetos nas áreas relacionadas às tecnologias de gestão e inovações organizacionais, contribuindo para o aumento de competitividade e eficiência nos processos de inovação tecnológica e organizacional das instituições.

Os principais trabalhos desenvolvidos nessa área no DEP estão relacionados com a aplicação nas organizações de gestão por processos, mapeamento de processos, Programa 5S, SGQ de acordo com a ISO 9001. A maioria dos trabalhos está publicada em revistas e anais de congressos e podem ser conhecidos consultando a bibliografia apresentada no currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/2061974461207641>.

---

<sup>9</sup> NÚCLEO DE TECNOLOGIAS DE GESTÃO. <<http://www.ntg.ufv.br>>. Acesso em: 01 jul. 2015.



# 6. Gerenciamento de projeto

---

**Nédson Antônio Campos**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 6.1. O QUE É UM PROJETO?

Projeto<sup>1</sup> é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos do projeto são atingidos ou quando o projeto é encerrado porque os seus objetivos não serão ou não podem ser alcançados, ou quando a necessidade de o projeto deixar de existir.

Um projeto também poderá ser encerrado se o cliente (cliente, patrocinador ou financiador) desejar encerrá-lo. Temporário não significa necessariamente de curta duração. O termo se refere ao engajamento do projeto e à sua longevidade. O termo temporário normalmente não se aplica ao produto, serviço ou resultado criado pelo projeto; a maioria dos projetos é empreendida para criar um resultado duradouro.

Por exemplo, um projeto de construção de um monumento nacional criará um resultado que irá durar séculos. Os projetos também podem ter impactos sociais, econômicos e ambientais que terão duração mais longa que os projetos propriamente ditos. Cada projeto cria um produto, serviço ou resultado único. O resultado do projeto pode ser tangível ou intangível.

Embora elementos repetitivos possam estar presentes em algumas entregas e atividades do projeto, esta repetição não muda as características fundamentais e exclusivas do trabalho do projeto. Por exemplo,

---

<sup>1</sup> Fonte principal: PMBok, 2013.

prédios de escritórios podem ser construídos com materiais idênticos ou similares e pelas mesmas equipes ou equipes diferentes. Entretanto, cada projeto de prédio é único, com uma localização diferente, um design diferente, circunstâncias e situações diferentes, partes interessadas diferentes etc.

Um esforço de trabalho contínuo é geralmente um processo repetitivo que segue os procedimentos existentes de uma organização. Por outro lado, em virtude da natureza exclusiva dos projetos, pode haver incertezas ou diferenças quanto aos produtos, serviços ou resultados criados pelo projeto.

As atividades do projeto podem ser novas para os membros de uma equipe de projeto, o que poderá exigir um planejamento mais dedicado do que outro trabalho de rotina. Além disso, os projetos são empreendidos em todos os níveis organizacionais. Um projeto pode envolver uma única pessoa ou muitas pessoas, uma única organização ou múltiplas unidades organizacionais de múltiplas organizações. Um projeto pode criar:

- Um produto que pode ser um componente de outro item, um aprimoramento de outro item, ou um item final.
- Um serviço ou a capacidade de realizar um serviço (p.ex., uma função de negócios que dá suporte à produção ou distribuição).
- Uma melhoria nas linhas de produtos e serviços (por exemplo, um projeto Seis Sigma executado para reduzir falhas). Ou
- Um resultado, como um produto ou documento (por exemplo, um projeto de pesquisa que desenvolve o conhecimento que pode ser usado para determinar se uma tendência existe ou se um novo processo beneficiará a sociedade).

Alguns exemplos de projetos podem ser:

- Desenvolvimento de um novo produto, serviço ou resultado.
- Efetuar uma mudança na estrutura, processos, pessoal ou estilo de uma organização.
- Desenvolvimento ou aquisição de um sistema de informações novo ou modificado (*hardware* ou *software*).
- Realizar um esforço de pesquisa cujo resultado será apropriadamente registrado.

- Construção de um prédio, planta industrial ou infraestrutura. Ou
- Implementação, melhoria, ou aprimoramento dos processos e procedimentos dos negócios existentes.

## 6.2. O QUE É GERENCIAMENTO DE PROJETOS?

Entende-se por Gerenciamento de projetos a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas de processos logicamente agrupados. O padrão PMBoK, por exemplo, agrupa os processos em cinco grupos de processos descritos na Figura 6.1.

O gerenciamento de um projeto normalmente inclui, mas não se limita a:

- Identificação dos requisitos.
- Abordagem das diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas no planejamento e execução do projeto.
- Estabelecimento, manutenção e execução de comunicações ativas, eficazes e colaborativas entre as partes interessadas.

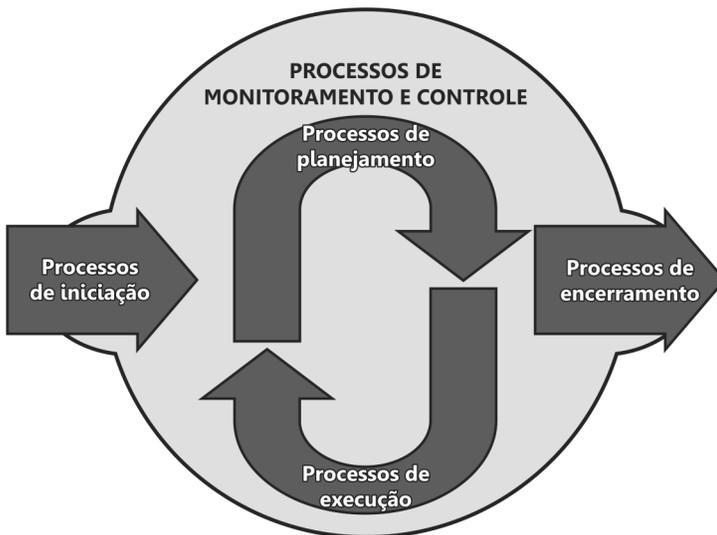


Figura 6.1. Processos do gerenciamento de projeto. Fonte: Adaptado de PMBoK, 2013.

- Gerenciamento das partes interessadas visando o atendimento aos requisitos do projeto e a criação das suas entregas.

O gerenciamento de projeto implica o equilíbrio de variadas restrições, por vezes, conflitantes. A Figura 6.2 representa os principais objetivos e restrições que implicam o gerenciamento do projeto.

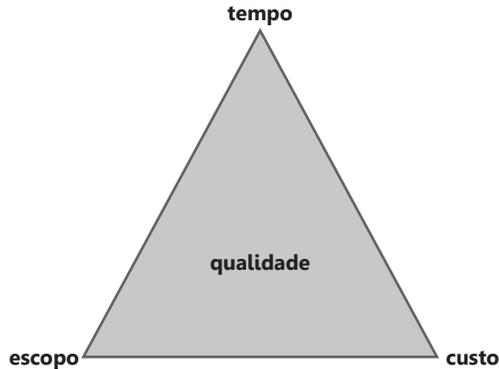


Figura 6.2. Principais objetivos e restrições no gerenciamento de projeto.

As características e circunstâncias específicas do projeto podem influenciar as restrições nas quais a equipe de gerenciamento do projeto precisa se concentrar.

Esses fatores estão relacionados de tal forma que se algum deles mudar, pelo menos um outro fator provavelmente será afetado. Por exemplo, se o cronograma for abreviado, muitas vezes o orçamento precisará ser aumentado para incluir recursos adicionais a fim de concluir a mesma quantidade de trabalho em menos tempo. Se não for possível um aumento no orçamento, o escopo ou a qualidade poderão ser reduzidos para entregar o produto do projeto em menos tempo, com o mesmo orçamento. As partes interessadas no projeto podem ter ideias divergentes sobre quais fatores são os mais importantes, gerando um desafio maior ainda.

A mudança dos requisitos ou objetivos do projeto pode criar riscos adicionais. A equipe do projeto precisa ser capaz de avaliar a situação, equilibrar as demandas e manter uma comunicação proativa com as partes interessadas a fim de entregar um projeto bem sucedido.

Devido ao potencial de mudanças, o desenvolvimento do plano de gerenciamento do projeto é uma atividade iterativa elaborada de forma progressiva ao longo do ciclo de vida do projeto. A elaboração progressiva envolve a melhoria contínua e o detalhamento de um plano conforme informações mais detalhadas e específicas, e estimativas mais exatas tornam-se disponíveis. A elaboração progressiva permite que a equipe de gerenciamento do projeto defina e gerencie o trabalho com um nível maior de detalhes, à medida que o projeto evolui.

### 6.3. GERENCIAMENTO DE PROJETOS E ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL

Embora de natureza temporária, os projetos podem ajudar a alcançar as metas organizacionais quando estão alinhados com a estratégia da organização. Às vezes, as organizações mudam suas operações, produtos ou sistemas através da criação de iniciativas estratégicas de negócios desenvolvidas e implementadas através de projetos.

### 6.4. GERENCIAMENTO DE PROJETOS E GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES

Os projetos exigem atividades de gerenciamento de projetos e conjuntos de habilidades, enquanto que as operações exigem gerenciamento de processos de negócios, atividades de gerenciamento de operações e conjuntos de habilidades. O gerenciamento de operações é uma área de gerenciamento preocupada com a produção contínua de mercadorias e/ou serviços.

O objetivo deste gerenciamento é assegurar que as operações de negócios continuem de forma eficiente, através do uso dos melhores recursos necessários e pelo atendimento às exigências dos clientes. Preocupa-se com o gerenciamento dos processos que transformam entradas (por exemplo, materiais, componentes, energia e mão de obra) em saídas (por exemplo, produtos, mercadorias e/ou serviços).

O gerenciamento de operações é responsável pela supervisão, orientação e controle das operações de negócios. As operações evoluem para

apoiar os negócios do dia a dia, e são necessárias para alcançar os objetivos estratégicos e táticos dos negócios. Os exemplos incluem: operações de produção, operações de fabricação, operações contábeis, suporte de software e manutenção.

As mudanças nas operações de negócios podem ser objeto de um projeto dedicado, especialmente se houver mudanças significativas nas operações de negócio resultantes da entrega de um novo produto ou serviço. As operações contínuas estão fora do escopo de um projeto; entretanto, há pontos de interseção onde as duas áreas se cruzam.

Os projetos podem cruzar com as operações em vários pontos durante o ciclo de vida do produto, como:

- Em cada fase de encerramento.
- No desenvolvimento de um novo produto, na atualização de um produto, ou na expansão das saídas.
- Na melhoria das operações ou no processo de desenvolvimento do produto.
- Até o final do ciclo de vida do produto.

Em cada ponto, as entregas e o conhecimento são transferidos entre o projeto e as operações para implementação do trabalho entregue. Esta implementação ocorre através da transferência dos recursos do projeto, para operações perto do término do projeto, ou através da transferência de recursos operacionais para o projeto no seu início.

As operações são esforços contínuos que geram saídas repetitivas, com recursos designados para realizar basicamente o mesmo conjunto de tarefas, de acordo com os padrões institucionalizados no ciclo de vida do produto. Diferente da natureza contínua das operações, os projetos são esforços temporários.

Embora o gerenciamento de operações seja diferente do gerenciamento de projetos, as necessidades das partes interessadas que executam e conduzem as operações de negócios são considerações importantes nos projetos que afetarão seu trabalho e esforços futuros. Os gerentes de projetos que levam em consideração e incluem de maneira apropriada as partes interessadas operacionais em todas as fases dos projetos adquirem uma visão mais profunda sobre as mesmas e evitam problemas

desnecessários, que frequentemente surgem quando as suas informações são negligenciadas. As partes interessadas operacionais devem ser engajadas e as suas necessidades identificadas como parte do registro das partes interessadas, e a sua influência (positiva ou negativa) deve ser abordada como parte do plano de gerenciamento dos riscos.

## 6.5. PAPEL DO GERENTE DE PROJETOS

O gerente de projetos é a pessoa alocada pela organização executora para liderar a equipe responsável por alcançar os objetivos do projeto. O papel do gerente de projetos é diferente de um gerente funcional ou gerente de operações. Normalmente, o gerente funcional se concentra em proporcionar a supervisão de gerenciamento de uma unidade funcional ou de negócios, e os gerentes de operações são responsáveis pela eficiência das operações de negócios.

Dependendo da estrutura organizacional, um gerente de projetos pode se reportar a um gerente funcional. Em outros casos, um gerente de projetos pode ser um dos vários gerentes de projetos que se reportam a um gerente de programas ou de portfólios que é, em última instância, responsável por projetos de âmbito corporativo.

Neste tipo de estrutura, o gerente de projetos trabalha estreitamente com o gerente de programas ou gerente de portfólios para atingir os objetivos do projeto e garantir que o plano de gerenciamento do mesmo esteja alinhado com o plano do programa central. O gerente de projetos também colabora estreitamente com outras funções, tal como analista de negócios, gerente de garantia da qualidade e especialistas de outras áreas.

## 6.6. SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE PROJETO

O uso de software de gerenciamento de projetos cresceu enormemente com o passar dos anos em virtude de vários fatores como a fácil assimilação pelos usuários; os padrões lançados pela empresa Microsoft e o custo cada vez mais acessível. Os softwares de gerenciamento de projeto eram inicialmente focados na produtividade individual dos

gerentes de projeto, mas com o advento da internet o foco deslocou-se para o conceito de colaboração e coordenação de equipes.

Atualmente há uma diversidade de softwares de gerenciamento de projeto com graus diferenciado de desempenho e preço (vários gratuitos). A especificação de um ou outro depende das necessidades da equipe de projeto. Apesar das diversificações, a maioria adotou um padrão de interface principal como o descrito na Figura 6.3. Em geral ela contém campos com listas de tarefas, Gráfico de Gantt e recursos alocados.

Lista de tarefas

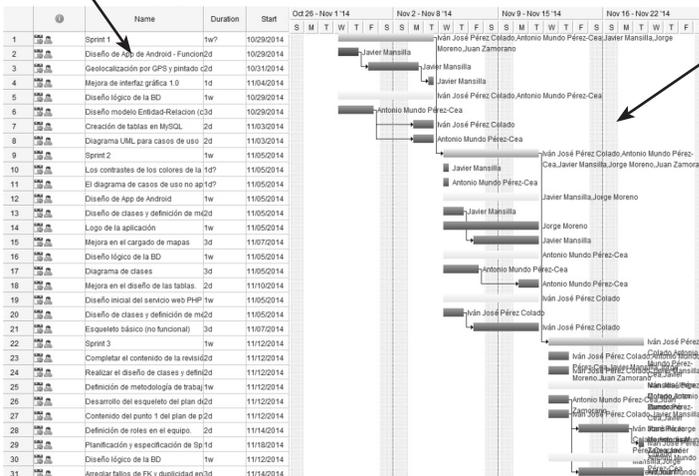


Gráfico de Gantt con recursos alocados

Figura 6.3. Imagem da interface principal de um software típico de gerenciamento de projeto mostrando a lista de tarefas e o gráfico de Gantt.

## 6.7. O GERENCIAMENTO DE PROJETO NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO

O gerenciamento de projeto é uma área de conhecimento importante na formação do engenheiro de produção, pois o torna habilitado a conduzir projetos de forma mais eficiente. Assim, ainda que seu trabalho possa estar centrado em atividades rotineiras da produção, as mudanças no sistema sempre requerem a condução de um projeto.

# 7. Desenvolvimento de produto

---

**Adriana Ferreira de Faria**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 7.1. CONTEXTO

No atual cenário empresarial, altamente competitivo e globalizado – isso não é lenda nem um jargão, é um fato – o sucesso das empresas e organizações depende da evolução contínua do empreendimento, bem como de sua competência em conseguir colocar no mercado produtos e serviços que satisfaçam e mantenham os clientes, respeitando o meio ambiente e os critérios de qualidade. A competitividade alcançada com o desenvolvimento de novos produtos tornou-se um dos processos mais importantes para as empresas inovadoras.

A competitividade da organização pode ser alcançada com a inovação tecnológica e organizacional, a inovação e modernização de processos e produtos e o investimento em conhecimento e capital intelectual. Considerando esse contexto, o desenvolvimento de produtos é um dos processos chave responsáveis pela agregação de valor aos negócios e à marca de uma empresa. A verdade é que a essência de qualquer organização está nos produtos e serviços que ela oferece, assim, o valor de marca é fortemente associado ao desempenho dos produtos.

O desenvolvimento de produtos é influenciado por fatores internos como capacidade tecnológica, organização do trabalho e procedimentos de gestão, bem como por fatores externos, como tendências tecnológicas, mercado, legislação, economia e política. O desenvolvimento de produto, por sua natureza é uma atividade estratégica, que acontece num contexto de dinâmica global, com ciclos de inovação cada vez menores. Dessa forma, é necessário estabelecer o processo de desenvolvi-

mento de produto<sup>1</sup>. A gerência desse processo será crucial no desempenho do produto no mercado.

O **Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)** é um conjunto de atividades realizadas para planejar, conceber, projetar, produzir e comercializar um produto, de acordo com as diretrizes estratégicas da empresa. A gestão desse processo é conhecida na literatura como **Gestão de Desenvolvimento de Produto (GDP)**. A GDP envolve o gerenciamento das atividades do processo de desenvolvimento, a utilização de ferramentas e métodos adicionais, bem como a realização de atividades de planejamento e tomada de decisão, para que o desenvolvimento do projeto do produto atinja os resultados esperados de acordo com o planejamento estratégico. O PDP exige a integração entre a alta administração da empresa, a equipe de desenvolvimento de produto, a equipe de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e de demais setores da organização, de modo a obter o sucesso desejado. O estabelecimento do PDP, da GDP e da organização do trabalho constituem o **Sistema de Desenvolvimento de Produtos** da empresa.

Um das principais características do PDP é a sua elaboração progressiva – realizada em estágios ou **fases** – com pontos para a tomada de decisão, conhecidos como **gates**. O PDP envolve, além das atividades tradicionalmente inerentes ao projeto do produto, um processo de tomada de decisão complexo, com muitos estágios e filtros, que leva a uma alta taxa de revisão das atividades. A estrutura do PDP – organizada em fases e com pontos de decisão – depende das especificidades da empresa e da complexidade envolvida nos projetos de desenvolvimento de novos produtos. Cada fase do PDP deve ser conduzida de forma a reunir as informações necessárias para o ponto de decisão seguinte, a fim de reduzir sistematicamente as incertezas à medida que o projeto avança – **elaboração progressiva**. O estabelecimento de pontos rigorosos de decisão – *gates* – sobre continuar, revisar ou abortar o projeto em desenvolvimento minimizam os riscos associados à inovação de produtos.

---

<sup>1</sup> ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. *Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006, 542 p.

O PDP e a GDP representam umas das grandes áreas de atuação do engenheiro de produção, que graças à sua formação acadêmica, mais generalista e sistêmica, é capaz de integrar as diferentes áreas de conhecimento envolvidas nesse processo. Nesse contexto, é fundamental não confundir o PDP com Projeto de Produto. O PDP envolve a realização de um conjunto de atividades e etapas de natureza multidisciplinar, que envolve planejamento estratégico, marketing, finanças, engenharia, produção, manutenção, P&D e logística. O projeto do produto está relacionado com a determinação das especificações técnicas do produto, que envolvem projetos de engenharia, design e P&D, portanto, o projeto do produto é uma das etapas do PDP.

O desempenho do PDP deve ser analisado considerando as questões estratégicas e mercadológicas. Questões como qualidade do produto, custo do produto e do projeto, tempo de desenvolvimento e retorno financeiro são condições necessárias para a avaliação, porém não são mais suficientes para avaliar o sucesso. Questões como o aprendizado e valor obtidos pela empresa, que podem estar relacionados com uma nova cultura para a empresa, a formação de lideranças ou o desenvolvimento de novas tecnologias e inovações organizacionais devem ser sempre consideradas pois estão associadas ao capital intelectual, fator decisivo na economia do conhecimento.

## 7.2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO (PDP)

O PDP e a GDP são atividades complexas e sistêmicas que devem seguir metodologias e etapas preestabelecidas, adaptadas ou desenvolvidas de acordo com as características da empresa, mas que são essencialmente atividades multi e interdisciplinares. Na literatura são propostas diversas metodologias, conhecidas como **Modelos de Referência** para o processo de desenvolvimento de novos produtos. Cabe às empresas encontrar e adequar aquele que melhor se adere à sua realidade e cultura, bem como que considere a natureza e complexidade dos projetos.

O modelo de referência a ser estabelecido pela empresa deve funcionar como um caminho para conduzir os projetos idealizados de novos produtos e serviços até o lançamento no mercado com sucesso. Cada

projeto de produto será único e exclusivo, porém todos os projetos caminharão pelo processo de desenvolvimento de produto da mesma forma, realizando as mesmas atividades pré-estabelecidas pelo modelo.

De uma forma geral, o PDP deve considerar pelo menos a realização das seguintes fases:

- 1) Definição estratégica do portfólio de produtos a serem desenvolvidos ou melhorados, considerando o plano estratégico da empresa.
- 2) Elaboração do plano do projeto do produto, que considere avaliações iniciais de viabilidade técnica, comercial e financeira.
- 3) Desenvolvimento do projeto do produto, que pode ser decomposto em diferentes fases, a depender da complexidade do projeto, por exemplo: projeto conceitual, projeto básico e projeto detalhado.
- 4) Planejamento e projeto do processo de produção.
- 5) Lançamento e acompanhamento do produto no mercado.

As fases não são independentes, nem estanques, pelo contrário são dinâmicas e precisam ser revisadas durante todo o ciclo do processo de desenvolvimento do produto. Em cada uma dessas fases, um outro conjunto de atividades será desdobrada, de forma a decompor adequadamente o esforço necessário para a realização do trabalho de desenvolvimento do produto. A quantidade de atividades e tarefas, em cada uma das fases desse processo, vai depender da complexidade do projeto e da maturidade da empresa. O processo só avança de uma fase para a outra após a realização do ponto de decisão – *gate*. A integração das atividades, dos requisitos e das competências necessárias é muito importante para o bom desempenho do PDP.

A necessidade do projeto de um novo produto deve ser sempre desdobrada das diretrizes estratégicas da empresa. Aí está uma grande dificuldade para as empresas: compor um **portfólio de produtos e projetos** que seja estratégico. Dizer “o que será feito” é tão ou mais difícil que o próprio PDP. Primeiro, a empresa precisa ter um plano estratégico, segundo o portfólio precisa ser desdobrado desse plano. As decisões estratégicas influenciam fortemente os resultados do PDP. A empresa, de forma estratégica deve integrar as necessidades do mercado e as tendências tecnológicas com as competências e recursos da empresa. Exis-

tem várias ferramentas que auxiliam a empresa no desenvolvimento de seu plano estratégico. No que concerne ao desenvolvimento de produto merece destaque o **processo de roadmapping**<sup>2</sup>.

*Roadmapping* é um método flexível, cujo objetivo principal é auxiliar a empresa, em nível estratégico, a desdobrar e integrar o trinômio (TPM) Mercado/negócio (*know-why*), Produto (*know-what*) e Tecnologia (*know-how*) ao longo do tempo, considerando ou estabelecendo diretrizes estratégicas para a empresa e para o negócio. As principais questões a serem consideradas no processo de *roadmapping* são: Quais são as oportunidades futuras de mercado? Quais são as tendências tecnológicas? Quais são os principais direcionadores externos (regulamentação, economia, política, concorrentes)? Quais produtos precisam estar no mercado? Quais são as metas de mercado que levem ao crescimento da empresa? Que recursos são necessários? Quais competências são necessárias? Qual a cadeia de valor? Quais são as necessidades de desenvolvimento de fornecedores e parcerias?

O processo de *roadmapping* deve conduzir à proposição de diversos caminhos (mapas), que representam um conjunto de estratégias e projetos. Nesse momento, a **gestão de portfólio** é uma atividade determinante para o sucesso do sistema de desenvolvimento de produtos da empresa. A gestão de portfólio consiste de um processo de planejamento que tem por objetivo selecionar os melhores projetos, a serem desenvolvidos ao longo do tempo, considerando o alinhamento dos projetos com as estratégias do negócio, de forma a maximizar o retorno. O foco não é cada projeto em si, mas o balanceamento entre os projetos que leve a um maior valor agregado para a empresa, considerando os recursos disponíveis e os investimentos necessários.

Uma vez estabelecido o portfólio de projeto de produto, o novo produto deve representar uma oportunidade para a empresa, que deseja ser mais competitiva e inovadora, ou que deseje assumir uma posição de liderança no mercado. Os fundamentos e argumentos que justificam o desenvolvimento do projeto devem ser estabelecidos, de tal forma que

---

<sup>2</sup> OLIVEIRA, G.M.; FREITAS, J. S.; FLEURY, A.L.; ROZENFELD, H.; PHAAL, R.; PROBERT, D.; CHENG, L.C. *Roadmapping: uma abordagem estratégica para o gerenciamento da inovação em produtos, serviços e tecnologias*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, 208 p.

o **conceito do produto**, para o mercado inicialmente prospectado, esteja claro para empresa e equipe de desenvolvimento, bem como esteja alinhado com o plano estratégico. Técnicas de prototipagem rápida e *design thinking* podem ser utilizadas para definir o conceito do produto.

A **fase de planejamento do projeto** deve, entre outras coisas, avaliar a viabilidade do projeto, estabelecer a equipe que trabalhará no PDP e definir o escopo do produto e do projeto, buscando uma clara compreensão dos requisitos do produto, das tecnologias necessárias e do mercado pretendido. Nesta fase é preciso adaptar o modelo de referência do PDP para que seja utilizado no projeto específico do produto pretendido, definindo atividades, cronograma e recursos necessários.

Cada projeto de produto deve possuir um plano, que oriente o desenvolvimento e o gerenciamento do projeto, considerando o modelo do PDP definido pela empresa. O **Plano do Projeto** do produto deve, pelo menos, considerar: o potencial mercado e os clientes, os concorrentes, possíveis parceiros e fornecedores, a viabilidade técnica e econômica, o nível de complexidade do projeto, a capacidade e competências da empresa, o perfil da equipe de desenvolvimento, os investimentos e recursos necessários para o desenvolvimento do produto e do seu processo produtivo e as necessidades e expectativas do cliente em relação aos diferenciais de qualidade. Nesse momento, são muitas as incertezas!

O público alvo (localização, características, status social, necessidades etc.) deve ser claramente identificado: quem será o comprador e/ou usuário do produto/serviço? Os clientes e as suas necessidades uma vez reconhecidos, permitem minimizar as incertezas e os aspectos críticos que podem determinar o sucesso ou fracasso do projeto do produto. Os benefícios básicos e secundários para o consumidor com a utilização do produto a ser desenvolvido devem ser sistematizados e analisados em relação aos produtos concorrentes, semelhantes ou substitutivos, justificando a necessidade do projeto.

Deve-se analisar todos os possíveis mercados que o produto proposto poderá atingir além daqueles inicialmente previstos (“abrir o leque”). O produto, à medida do possível, deve ser planejado como uma **plataforma**, com potencial para geração de outros produtos derivativos (família de produtos), a partir de uma mesma base tecnológica. Para tal, pode-se

utilizar pesquisas de dados secundários, entrevistas com fornecedores e potenciais clientes e discussões com a própria equipe de desenvolvimento. É importante buscar diversas fontes de informações que auxiliem na prospecção de diferentes possibilidades de aplicações do produto, como por exemplo, órgãos regulatórios e de fiscalização, associações do setor, sites de concorrentes e sites de players da cadeia de valor dos setores vislumbrados. Essa é uma análise que pode influenciar a capacidade de evolução do projeto. Precisam ser explicitados quais seriam os novos desenvolvimentos necessários ou as alterações do projeto para se explorar outras oportunidades além daquelas inicialmente previstas.

Além de questões mais específicas do processo de desenvolvimento do produto, o plano do projeto também deve considerar questões relativas ao **gerenciamento do projeto**, como:

- Objetivos do projeto e critérios quantificáveis usados para mensurar o êxito do projeto (escopo, cronograma, investimento, custo, qualidade, valor).
- Entregas do projeto, ou seja, os resultados mensuráveis ou itens que devem ser produzidos para que o projeto ou fase do projeto seja considerado finalizado.
- Fronteiras do projeto, especificando o que está ou não incluído no trabalho do projeto
- Critérios de aceitação do projeto, para verificar se são aceitáveis e satisfatórios as entregas e o produto do projeto.
- Restrições do projeto, que limitam ou determinam os atos da equipe do projeto, delimitando seu raio de atuação.
- Stakeholders do projeto, equipe de desenvolvimento e a organização do trabalho para o projeto.
- Riscos inicialmente definidos, que representam ameaças e oportunidades para o projeto.
- Documentos de especificações que o projeto deve obedecer.

Antes de planejar e aprovar o início de um projeto de produto ou de P&D, a **propriedade intelectual** deve ser cuidadosamente analisada. Há diferentes formas de propriedade intelectual, por exemplo: patentes de invenção e de modelo de utilidade, registros de marcas, desenhos industriais,

cultivares e indicações geográficas. É fundamental verificar se o produto/tecnologia em questão já está patenteado ou está em processo de patenteamento. Se sim, a empresa deve avaliar a possibilidade de licenciamento ou transferência de tecnologia, ou ainda, decidir por abortar o projeto. Se não, a empresa deve verificar a existência de patentes de tecnologias e/ou aplicações semelhantes ou substitutas, para que se possa avaliar as possibilidades de proteção. Deve-se sempre avaliar métodos alternativos de proteção intelectual, que considere os potenciais diferenciais do produto/tecnologia em desenvolvimento em relação às tecnologias já protegidas.

De forma semelhante, é necessário investigar a legislação e os órgãos responsáveis que regulamentam o produto e o mercado priorizado. Essa externalidade pode impactar o projeto de forma positiva ou negativa. Tanto quanto a legislação atual, deve-se considerar a tendência do marco regulatório e as necessidades futuras de certificações e registros, que podem levar a restrições tecnológicas. Certificações e registro não compulsórios devem ser considerados, pois podem impactar de forma positiva o lançamento e a comercialização dos produtos, porém também podem levar a aumento de tempo, de recursos e custos no desenvolvimento do projeto.

A fase de **projeto do produto** (design) e do seu processo de produção pode influenciar fortemente o tempo, custo e sucesso do processo de desenvolvimento do projeto, a depender do grau de complexidade tecnológica do produto. O projeto do produto irá definir as especificações técnicas do produto, considerando tecnologias, materiais e componentes, bem como o seu processo de produção. Essa fase pode ser decomposta em projeto conceitual, projeto básico e projeto detalhado, a fim de diminuir os riscos e a complexidade dos projetos de engenharia. Nessa fase, técnicas de prototipagem deverão ser utilizadas, assim como o planejamento e a produção piloto poderão ser necessários.

O custo final de um produto é fortemente determinado na fase de projeto. Portanto, é crucial que essa fase seja analisada criticamente e que soluções tecnológicas e de produção sejam sempre consideradas. Uma vez que o projeto do produto e do seu processo de produção estejam definidos, a gestão da produção e dos negócios terão pequeno impacto na estratégia futura de redução de custos, caso necessária.

Na fase de projeto básico define-se a arquitetura, o layout e o estilo do produto, que é a passagem da função à forma. Deve-se analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) – quando for o caso, aplicar técnicas de prototipagem rápida e obter a concepção do produto, com a descrição aproximada das tecnologias, dos princípios de funcionamento e das formas do produto. Deve-se também definir o plano macro do processo de fabricação (ou operações). O conceito de SSCs normalmente se aplica a produtos do setor metal mecânico, mas é um conceito útil para outros projetos. Se o projeto permanece viável, realiza-se a fase de projeto detalhado do produto e do processo de produção. Nessa Fase, para o monitoramento da viabilidade econômica e financeira utilizam-se as especificações finais do produto e do processo para atualizar as premissas do estudo de viabilidade, quando se avalia se o projeto do produto deve avançar para a produção e comercialização.

Vários são os métodos e as ferramentas que podem auxiliar o projeto do produto, como: *Design for Manufacturing*, *Design for Assembly*, *Computer Aided Design* (CAD), *Computer Aided Engineering* (CAE), *Computer Aided Manufacturing* (CAM), engenharia de valor, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), planejamento e análise de experimentos, *Quality Function Deployment* (QFD), Engenharia Simultânea, Resolução antecipada de problema (*front-loading problem solving*). Cada um desses métodos pode representar uma área de conhecimento e funcional robusta dentro do sistema de desenvolvimento de produto da empresa

É determinante para o sucesso do PDP que as especificações técnicas do produto sejam desdobradas a partir das necessidades e desejos do cliente. Por sua vez as especificações do processo de produção devem ser desdobradas das especificações técnicas do produto, garantindo assim a qualidade. Nesse contexto, o método conhecido como Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment* - QFD)<sup>3</sup> merece destaque. O QFD representa um método capaz de auxiliar no desenvolvimento do produto, identificando as reais necessidades dos clientes e convertendo-as em características da qualidade para o pro-

---

<sup>3</sup> CHENG, L. C. & FILHO, L. D. R. M. *QFD – Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos*. São Paulo: Editora Blucher, 2007, 568 p.

duto e processo, dando suporte ao PDP. O QFD pode ser empregado em paralelo com o processo de desenvolvimento do produto, acompanhando as fases de planejamento do produto, projeto, produção, lançamento e monitoramento do produto no mercado.

No **planejamento e projeto do processo de produção**, que deve acontecer de forma integrada com o projeto do produto, é realizada a definição detalhada dos processos de produção (ou operações), bem como de todas as atividades da cadeia de suprimentos. O objetivo desta fase é garantir que a empresa consiga produzir, conforme a capacidade planejada e a qualidade projetada para o produto.

Questões relativas à **sustentabilidade ambiental** devem ser fortemente consideradas no projeto do produto e do processo de produção. Devido ao agravamento dos problemas ambientais, entre eles a questão climática e a escassez de matérias-primas, o impacto ambiental dos produtos tem ganhado cada vez mais importância no PDP. As exigências governamentais e da sociedade são cada vez mais rígidas. O produto deve ser desenvolvido de acordo com as tendências ambientais futuras, que considere, pelo menos, o consumo de energia, água e outros recursos naturais, a emissão de gases de efeito estufa, o ciclo de vida do produto e o reaproveitamento de matéria-prima.

A fase de **lançamento do produto** no mercado envolve o planejamento dos processos de comercialização, distribuição, atendimento ao cliente e assistência técnica, bem como das campanhas de marketing, ou seja, as atividades relacionadas à colocação do produto no mercado. Uma vez lançado, o desempenho do produto no mercado deve ser acompanhado durante todo o seu ciclo de vida. As informações do desempenho do produto, tanto técnico quanto comercial, devem ser utilizadas para melhorar o desempenho do PDP e aumentar as chances de sucesso de desenvolvimentos futuros.

### 7.3. PONTOS DE DECISÃO NO PDP - GATES

De uma fase para outra devem ser realizados os pontos de decisão – *gates*, ou seja, momentos de avaliação e decisão, nos quais as questões críticas do projeto devem ser respondidas e a viabilidade de continuação

do projeto avaliada. Durante todo o processo de desenvolvimento do produto, o estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial do projeto deve ser atualizado e utilizado, juntamente com outros elementos, para a tomada de decisão da continuidade, da revisão ou do cancelamento do projeto. Outros elementos importantes a serem considerados no gate para a tomada de decisão estão relacionados com a mudança de estratégia pela empresa, o balanceamento do portfólio de projetos, as conjunturas econômicas e políticas, o lançamento de produtos concorrentes, as mudanças nas tendências tecnológicas e a manutenção do valor do projeto para a empresa.

O **estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial (EVTEC)** deve abranger, pelo menos, cinco dimensões principais, imprescindíveis para avaliar o potencial de sucesso do projeto: (i) o produto, a tecnologia e as suas potenciais aplicações; (ii) os recursos humanos envolvidos no desenvolvimento do projeto, (iii) o mercado-alvo e os potenciais clientes; (iv) o modelo de negócio vislumbrado; e (v) os recursos de pessoal, infraestrutura e econômico-financeiros necessários para levar o produto até a etapa de comercialização. Após a análise dessas dimensões, é possível concluir-se sobre a viabilidade de cada aspecto e tomar a melhor decisão, assumindo ou não os riscos. O desenvolvimento do EVTEC constitui-se numa grande dificuldade para o PDP, especialmente para produtos com alto conteúdo tecnológico e inovador.

A **viabilidade técnica** está relacionada com a possibilidade do produto ser desenvolvido e concluído com sucesso pela empresa. É fundamental realizar o estudo da viabilidade técnica, pois com ele se obtém conhecimento sobre os recursos e as competências necessárias para o desenvolvimento do produto, além de evitar gastos desnecessários caso o projeto não possa ser desenvolvido com as atuais restrições tecnológicas ou da equipe de desenvolvimento. A avaliação da viabilidade técnica pode ser realizada considerando o estágio de desenvolvimento da tecnologia e do produto, as competências técnicas da equipe, a possibilidade de desenvolvimento de plataforma tecnológica, o impacto ambiental, a necessidade de scale up para a produção comercial, a maturidade tecnológica, os projetos anteriores desenvolvidos pela empresa e pela equipe e o grau de inovação do produto para a empresa e para o mercado.

A avaliação da **viabilidade comercial** pode considerar os seguintes aspectos: demanda, concorrentes, mercados para o produto e a tecnologia, necessidades dos clientes, características dos clientes, produtos substitutos e complementares, poder de negociação dos clientes, poder de negociação dos fornecedores e principalmente o grau de diferenciação e conteúdo tecnológico em relação aos produtos concorrentes, ou ainda o grau de inovação do produto para o mercado.

A **viabilidade econômica e financeira** deve ser monitorada constantemente, durante todo o ciclo do PDP, para que a empresa possua conhecimento sobre as chances de que o produto em desenvolvimento tenha o retorno financeiro esperado. Essa análise é fundamental para que a organização não invista em um produto que não “possui futuro”. Descobrir que o projeto não possui viabilidade financeira no começo é fundamental, pois quanto mais tarde um projeto sem viabilidade for cancelado, maior será a perda. Os principais fatores que podem mudar ao longo do tempo e comprometer a viabilidade de sucesso do projeto são a quantidade de vendas projetada (plano de vendas), o preço de venda a ser praticado, o aparecimento de novos custos e investimentos expressivos, o lançamento de produtos concorrentes e as circunstâncias econômicas.

Para realizar a análise de viabilidade econômica e financeira é necessário **dimensionar o mercado-alvo** em termos do número potencial de produtos a serem vendidos por ano, a fim de estabelecer o plano de vendas. O dimensionamento do mercado, o *market share* e a taxa de crescimento planejada irão determinar a capacidade a ser instalada para o processo de produção e portanto o tamanho do investimento a ser comprometido. Se dimensionar errado o potencial mercado, as consequências podem ser muito sérias em termos de impacto no negócio. Nas fases iniciais do processo de desenvolvimento, são muitas as incertezas e as **premissas** precisam ser estabelecidas para que o projeto possa avançar, considerando as análises iniciais de viabilidade. À medida que o PDP avança, as premissas vão se ratificando ou não, portanto o EVTEC precisa ser sempre atualizado e utilizado como instrumento para a tomada de decisão em um *gate*.

Os principais indicadores de viabilidade econômica e financeira de um projeto são o *payback*, a taxa interna de retorno e o valor presente

líquido, calculados, usualmente, considerando um horizonte de 5 anos. O horizonte de tempo depende do tipo de produto e de mercado. As principais variáveis utilizadas para a análise econômica e financeira do projeto são: investimentos necessários para a fase de projeto, produção e comercialização; capital de giro; e custos e despesas, fixos e variáveis, de produção, manutenção e comercialização. Nesse contexto, a empresa precisa pensar na estratégia de relacionamento com os fornecedores e parceiros. É necessário definir formas de aproximação, negociação e desenvolvimento de parcerias.

Todas essas variáveis dependem das estimativas de venda e preço do produto, que só podem ser estabelecidas se o tamanho do potencial mercado for adequadamente estimado. As premissas, condicionantes e considerações adotadas irão influenciar fortemente os resultados da viabilidade econômica e financeira. Portanto, é importante desenvolver simulações de viabilidade para diferentes cenários de mercado - base, pessimista e otimista.

Para dimensionar o potencial mercado é preciso identificar e caracterizar, dentro do setor priorizado, o público-alvo - quem será o comprador e usuário do produto. Nesse momento, é importante entender o processo de decisão de compra do cliente, ou seja, em quais critérios ele baseia sua compra: preço, acessibilidade, status, facilidade de uso, confiança na marca, conteúdo tecnológico, grau de inovação; e frequência de compra. É necessário compreender o processo de uso do produto e comparar com o processo de uso dos produtos concorrentes e substitutos. Outro fator que pode influenciar na estimativa do potencial mercado e sua taxa de crescimento é o ciclo de vida do novo produto e dos produtos existentes no mercado, que considere tempo de manutenção, reposição, obsolescência e necessidade de substituição.

Na compreensão do processo de uso e compra do produto, é necessário identificar produtos/empresas **complementadores e/ou influenciadores** do mercado-alvo e seu impacto sobre o projeto e o negócio. Complementadores são aqueles que também prestam um serviço ou fornecem produtos para os mesmos clientes potenciais. Influenciadores são aqueles que têm influência sobre os clientes potenciais, podendo favorecer ou não a utilização do produto que se pretende comercializar.

Em determinados casos, pode ocorrer que um player seja, ao mesmo tempo, complementador e influenciador.

## 7.4. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NO DEP

O desenvolvimento de produtos e a gerência desse processo é função típica e afeta à Engenharia de Produção. A maioria dos cursos de graduação possui a disciplina, ou o conteúdo, em sua estrutura curricular. Esta disciplina deve permitir ao aluno compreender e aplicar todas as etapas necessárias para o processo de desenvolvimento de um novo produto, a gerência deste processo, as ferramentas e os métodos que robustecem o sistema de desenvolvimento de produtos de uma empresa e principalmente o contexto estratégico desse processo.

No curso de Engenharia de Produção da UFV, foi desenvolvido para a disciplina um modelo de referência didático para o desenvolvimento de produto, de baixa complexidade tecnológica, que considerou os vários modelos de referência descritos na literatura, os conhecimentos já adquiridos pelos alunos ao longo do curso, as dificuldades de criação do protótipo e a interdisciplinaridade com outras áreas de conhecimento da engenharia de produção. Com essa experiência didática, os alunos conseguem perceber a importância de cada etapa do PDP, do conceito de elaboração progressiva e das competências e habilidades necessárias de um gerente de produto. As dificuldades e o sucesso/fracasso do projeto fazem parte do processo de aprendizagem.

Os principais trabalhos relacionados com o desenvolvimento de produto realizados no âmbito da disciplina estão publicados em revistas e anais de congressos e podem ser conhecidos consultando a bibliografia apresentada no currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/2061974461207641>.

O Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG)<sup>4</sup>, grupo de pesquisa e extensão tecnológica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), também tem desenvolvido diversos trabalhos relacionados ao desenvolvimento

---

<sup>4</sup> NÚCLEO DE TECNOLOGIAS E DE GESTÃO. < <http://www.ntg.ufv.br/>>. Acesso em: 01 jul. 2015.

de produto, principalmente, estudos de viabilidade e desenvolvimento de modelos de referência para o PDP. Os principais projetos podem ser conhecidos acessando o Portal do NTG.



# 8. Gestão da inovação

---

**Adriana Ferreira de Faria**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 8.1. CONTEXTO

Invenções, descobertas e inovação sempre fizeram parte da história da humanidade. A constante busca pelo melhor, por novos caminhos e pelo progresso fazem parte da natureza humana. Porém, hoje a inovação acontece em uma velocidade muito maior – **dinâmica da inovação**. No século XIX, as primeiras locomotivas a vapor, meio de transporte mais moderno da época, viajavam a 30km/h, em média. Para avançarmos do meio de transporte movido à tração animal, por exemplo as bigas do Império Romano, na Idade Antiga, para chegarmos às locomotivas a vapor levamos mais de 2 mil anos. Em compensação, no século XX, em menos de 100 anos, temos jatos voando a velocidades supersônicas. Outro elemento importante é o alcance da inovação – **difusão da inovação**. Por exemplo, a TV preto e branco levou quase 20 anos para atingir 1 milhão de usuários, o iPad fez a mesma coisa em 28 dias.

No século XX, na chamada Economia Industrial, os fatores de competitividade empresarial estavam mais associados com máquinas, infraestrutura, logística, qualidade e outros. Na atual **Economia do Conhecimento**, os diferenciais competitivos da empresa estão mais fortemente associados com a capacidade de gerar e transformar o conhecimento em valor. A complexidade do comércio internacional, as rápidas mudanças socioeconômicas, as diretrizes de sustentabilidade e a ascensão do conhecimento como inovação têm feito da função empresarial uma constante busca por adaptação, remodelagem e transformação. Somen-

te as organizações com desempenho de classe mundial, com alto nível de competitividade, sobreviverão – esse fato não é lenda ou modismo. É importante ressaltar que competitividade não é sinônimo ou consequência do porte do empreendimento.

Aumentar as receitas e diminuir os custos por meio de produtos de maior valor agregado, processos mais eficientes, estruturas organizacionais flexíveis e mais ágeis ou novos modelos de negócio, representam caminhos perseguidos por organizações em todo o mundo na busca pela competitividade. Neste contexto, a capacidade de inovar se mostra essencial e fundamental, pois é a única capaz de aliar as necessidades e oportunidades, provocadas pelos direcionadores internos e externos, e transformá-las em desdobramentos estratégicos consistentes. Esse é o desafio que os gestores empresariais brasileiros devem enfrentar com mais seriedade, caso desejem um lugar ao sol na nova realidade mundial – gostemos dela ou não.

Ninguém – em sã consciência – questiona a importância da inovação para a competitividade empresarial. Todos reconhecem que inovar é necessário para alcançar sustentabilidade nos negócios. Porém, poucos sabem como gerenciar a inovação ou fazem da inovação um instrumento eficaz para a competitividade. Poucos sabem liderar para inovar e principalmente – infelizmente – poucos de fato inovam! Portanto, a pergunta é: como fazer com que a inovação de fato aconteça? – ou ainda – como ser de fato uma empresa inovadora”.

Para começar, é fundamental **distinguir invenção de inovação**. Boas ideias, invenções e descobertas acontecem a todo o momento e são importantes para o avanço do conhecimento e da ciência. Mas, por definição, **a inovação é quando o novo conhecimento gera valor econômico e financeiro**. Inovação é o novo no mercado – quando são lançados novos produtos e serviços, ou pode ser o novo para a empresa – quando ela utiliza novos processos tecnológicos, novas estruturas organizacionais ou novos modelos de negócio. A terceira edição do Manual de Oslo<sup>1</sup>, publicado pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), classifica a inovação em quatro tipos: produto, proces-

---

<sup>1</sup> ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.

so, marketing e organizacional. A inovação ainda pode ser classificada como incremental ou radical.

Ser uma empresa inovadora significa, entre outras coisas, estabelecer formalmente objetivos e metas inovadores, desdobrados do **Plano Estratégico**, para que a empresa seja competitiva por meio de diretrizes inovadoras, como por exemplo: a empresa cria novos produtos para o mercado e, portanto, estabelece diferencial em relação aos concorrentes; a empresa desenvolve novas tecnologias de processo que geram valor econômico pelo aumento de produtividade; a empresa implementa novos métodos organizacionais que asseguram a melhoria da organização do trabalho e da qualidade; a empresa define novos modelos de negócio, onde simplesmente não tem concorrência – é o chamado “oceano azul”<sup>2</sup>. A reflexão a ser feita é: não é inovar por inovar! Mas é inovar para ter resultados, que levem a empresa a um nível de competitividade satisfatório.

Portanto, o que importa não é necessariamente o novo produto ou processo, mas sim a capacidade da empresa em gerar o novo constantemente. A inovação não surge apenas como um fruto da genialidade das pessoas (visão romântica da inovação), ela é resultado de um ambiente estabelecido para essa finalidade (trabalho e suor). A **capacidade de inovar** significa fazer da inovação uma rotina empresarial, de tal forma que a inovação seja contínua, sistêmica, planejada e gerenciada, de forma a gerar resultados de forte impacto para o contexto estratégico do negócio.

## 8.2. GESTÃO DO PROCESSO DE INOVAÇÃO

Para que a empresa seja inovadora e tenha resultados consistentes é necessário que o **processo de inovação** seja desdobrado do Planejamento Estratégico da empresa. A empresa deve ter clareza de suas necessidades futuras, para isso é preciso conhecer o mercado, os clientes, os concorrentes, as tendências tecnológicas e sociais, os marcos regu-

---

<sup>2</sup> KIM, W. C.; MAUBORGNE, R. *A estratégia do oceano azul: como criar novos mercados e tornar a concorrência irrelevante*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2015, 312 p.

latórios – é preciso “prever” o futuro – **inteligência competitiva**. Só assim, será possível realizar um planejamento estratégico que atenda às expectativas de permanência nos negócios, de conquista de novos mercados e de melhoria da rentabilidade e lucratividade. A inovação deve acontecer como uma das diretrizes para atender ao planejamento almejado. Estratégias empresariais alcançadas por meio de diretrizes inovadoras podem representar a liderança no mercado.

Objetivos e metas são alcançados pelo desenvolvimento de projetos. Lembrando que projeto é um esforço temporário, organizado em uma sequência de atividades, para empreender algo novo que leve a um resultado único ou exclusivo. Objetivos inovadores podem ser alcançados por meio de **projetos** de novos produtos, processos ou métodos organizacionais. Os projetos devem refletir a direção e intenção estratégica dos negócios da empresa. Deve-se avaliar as necessidades tecnológicas inerentes ao projeto e a capacidade da empresa em atender. Projeto de produto bem-sucedido significa em produtos que possam ser produzidos e comercializados de forma lucrativa. É fato que alguns projetos de inovação terão sucesso e outros não. A inovação é um risco! – e daí?

Partindo do pressuposto que a empresa faz adequadamente o “dever de casa” – realiza o processo de inteligência competitiva, tem um plano estratégico satisfatório, desdobra bem as necessidades de projetos inovadores, alinhados com os objetivos estratégicos e gerencia bem os projetos – ainda assim alguns projetos inovadores, especialmente os projetos de novos produtos, podem não ter o sucesso esperado. Esse é um **risco** natural do processo de inovação. Empreendedores de sucesso devem estar dispostos a assumir riscos – isso não significa ser “suicida”.

**Risco** pode ser definido como uma combinação de probabilidade de ocorrência e de impacto. Os riscos podem e devem ser minimizados, para que possam ser assumidos com consciência. A **gestão**, pela sua natureza preventiva, minimiza o risco. A gestão faz com que a probabilidade de ocorrência de erros e falhas diminua, em função do planejamento realizado – Processos, Procedimentos e “Plano A”; e caso ainda aconteçam falhas e erros, a gestão faz com que o impacto também diminua, pelo planejamento adequado das contingências – Processos, Procedimentos e “Plano B”.

Se a inovação deve ser uma rotina, estamos falando de um processo, que precisa ser gerenciado de forma a obter resultados e minimizar os riscos. Para que uma empresa seja de fato inovadora ela deve necessariamente gerenciar o processo de inovação. A **Gestão do Processo de Inovação** consiste em implementar e manter decisões, atividades, recursos e métricas, de forma integrada, com a finalidade de fomentar, selecionar e desenvolver diretrizes inovadoras, em consonância com o planejamento estratégico. As políticas para a inovação, a organização do trabalho para a inovação e a gestão do processo de inovação constituem o **Sistema de Gestão da Inovação** da empresa.

Um sistema de gestão da inovação depende do **envolvimento das pessoas** que realizarão as atividades do processo de inovação. A capacitação das pessoas para a gestão da inovação deve considerar os diversos níveis e funções da empresa – do estratégico ao operacional. A mudança de cultura organizacional consiste na mudança de cultura de seus colaboradores, portanto, a inovação deve fazer parte da rotina das pessoas para que possa fazer parte da rotina da empresa. Portanto, comunicação e conscientização são elementos fundamentais da organização do trabalho para a inovação. Inovação é conhecimento colocado em prática, assim a empresa deve criar um ambiente propício ao aprendizado e à experimentação, que permita o desenvolvimento das competências individuais e coletivas.

Existem na literatura diversos modelos de referência para a gestão do processo de inovação. A empresa deve adotar e sistematizar o seu processo de inovação, considerando sua cultura e maturidade, suas estratégias organizacionais e os seus recursos disponíveis. Como todo “bom processo”, o processo de inovação pode ser gerenciado considerando o **Ciclo PDCA** de controle de processos, com um conjunto de atividades estabelecido para cada fase do Ciclo: P (*plan*), D (*do*), C (*check*) e A (*act*).

Na fase de planejamento (P) do Ciclo do processo de inovação devem ser estabelecidas as **diretrizes estratégicas para a inovação**, desdobradas do Plano Estratégico da empresa. As diretrizes representam o caminho ou as ações que a empresa deverá seguir para atender a missão, a visão e os objetivos estratégicos para o futuro do negócio. A partir des-

sas diretrizes é que deverão ser estabelecidos os projetos de inovação, que de certa forma representam a inovação na prática.

Vários são os métodos e as ferramentas para o desenvolvimento do planejamento estratégico de uma organização. Mas, sem dúvida, apesar da simplicidade, a **Análise SWOT** tem sido largamente utilizada como uma das principais ferramentas, em todo o mundo. A palavra SWOT representa as iniciais em inglês de *Strengths* (Forças), *Weakness* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças). A análise SWOT auxilia a empresa na construção de estratégias que considerem a combinação de fatores relacionados com o ambiente interno (pontos fortes e fracos) e o ambiente externo (oportunidades e ameaças). Para a realização da Análise SWOT a empresa precisa conhecer de forma satisfatória as informações estratégicas do negócio, que podem ser obtidas por meio de monitoramento competitivo (externo) e de reflexões e análises estratégicas realizadas internamente (interno).

As diretrizes estratégicas da inovação dizem o que precisa ser feito (caminho e ações), mas não necessariamente como. Assim, é fundamental envolver todos os colaboradores da empresa, nos mais diferentes níveis, para que sejam propostas **ideias inovadoras** de como se atingir as diretrizes. Nesse momento ações relacionadas com “banco de ideias” e *open innovation* são essenciais. As ideias caminham pelo famoso “**funil de inovação**” e muitas não serão viáveis ou não terão sucesso, assim quanto maior o número de ideias maiores são as chances de sucesso. Obviamente, os recursos são limitados, e as melhores ideias precisam ser selecionadas.

As melhores ideias devem ser transformadas em projetos, que irão compor o portfólio de **projetos inovadores** da empresa. A **Gestão do Portfólio de Projetos** é condição necessária para minimizar os riscos inerentes à inovação. O alinhamento estratégico do portfólio tem como propósito avaliar os projetos atuais ou futuros, analisar e identificar se estão vinculados à estratégia da empresa, e selecionar os melhores. Os projetos devem ser comparados de acordo com sua prioridade e contribuição com os objetivos estratégicos da empresa. A maximização de valor do portfólio de projetos deve considerar a probabilidade de sucesso técnico e comercial do projeto, o retorno financeiro do projeto, inves-

timentos e recursos necessários, o tempo e custo de desenvolvimento para cada projeto, o impacto do projeto, o grau de inovação, os riscos envolvidos e o valor do projeto para a empresa (aprendizado, diferencial e impacto tecnológico).

A gestão do portfólio de projetos, considerando as estratégias da empresa, irá definir o **Portfólio de Produtos**, atual e futuro, da empresa. O planejamento estratégico de novos produtos deve considerar o plano estratégico, as justificativas organizacionais e o potencial de mercado para o novo produto. É fundamental proceder a análise de viabilidade técnica, comercial e financeira, que permitir auxiliar na tomada de decisão sobre a aprovação de um projeto de produto e posteriormente a sua continuidade ou não.

Na fase de Execução (D) do Ciclo do processo de inovação, os projetos definidos no portfólio deverão ser desenvolvidos –a melhor estratégia é a execução! De uma forma geral, no mundo empresarial brasileiro não se tem problemas de iniciativa, os problemas estão mais relacionados com a falta de “acabativa”. Em linhas gerais, um projeto para ser bem-sucedido precisa: ser concluído dentro do tempo e orçamento previstos; ter atingido o escopo e a qualidade planejados; respeitar a cultura da organização; e ter valor para a organização e os *stakeholders*. Talvez, a principal diferença entre um projeto de inovação e um projeto tradicional seja o risco potencial associado aos projetos de inovação.

Os projetos devem ser gerenciados conforme um processo definido ou modelo de referência. A **Gestão de Projetos** de acordo com o modelo de referência conhecido como PMBOK<sup>3</sup> tem sido largamente utilizada pelas organizações em todo o mundo. No caso do gerenciamento de projetos de produto, os modelos de referência a serem considerados são conhecidos na literatura e no mundo empresarial como gestão do **Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)** e serão considerados mais especificamente nesse capítulo, em função de sua importância para a atuação profissional do engenheiro de produção.

---

<sup>3</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A Guide to the Project Management Body of the Knowledge (PMBOK)*. 5. ed. 2014.

Na fase de Verificação (C) do Ciclo do processo de inovação, devem ser definidas estratégias de acompanhamento, métricas e indicadores para avaliar o Sistema de Gestão da Inovação. O acompanhamento e monitoramento devem considerar a adequação do planejamento realizado (estratégias, diretrizes e portfólio de projetos), a organização do trabalho para a inovação (cultura, funções, clima e envolvimento), os resultados do processo de inovação e do desenvolvimento dos projetos de inovação (organizacional, valor, tecnológico, econômico e financeiro).

A empresa deve acompanhar e monitorar o sistema de gestão da inovação de forma a avaliar periodicamente se as diretrizes estratégicas de inovação estão sendo alcançadas e se estão de fato contribuindo para o bom desempenho nos negócios da empresa. Os dados relativos às métricas e aos indicadores devem ser coletados e analisados de forma contínua. Esses dados uma vez analisados criticamente servem como subsídio para a próxima fase do Ciclo.

Na fase de aperfeiçoamento (A) do Ciclo do processo de inovação, a empresa deve desdobrar os resultados da análise crítica do sistema de gestão da inovação em ações. Os resultados positivos devem ser amplamente divulgados, contribuindo para a disseminação da cultura de inovação. Ações corretivas e de melhoria devem ser estabelecidas para os resultados negativos, que também devem ser compartilhados, para que o aprendizado aconteça. Após a execução da última fase, a empresa reinicia o processo a partir do Planejamento. Assim, o processo de inovação se torna rotineiro e constante, o que é necessário para que a empresa consiga inovar de forma sistêmica e regular. Todo o aprendizado construído deve ser utilizado no novo **“giro” do Ciclo PDCA** do processo de inovação.

É preciso destacar que todas as atividades realizadas nas diferentes fases do Ciclo PDCA para o processo de inovação não são “estanques” ou isoladas, realizadas numa sequência rígida. Pelo contrário, elas devem ser realizadas de forma integrada e sistêmica, nos diferentes níveis e funções pertinentes, permitindo o avanço consistente do processo de inovação. Pontos de feedback e controle devem ser estabelecidos, garantindo o desenvolvimento progressivo, em etapas e, portanto, minimizando os riscos. A adoção de um modelo de referência para a gestão do processo de inovação não garante por si só o sucesso. É preciso ama-

durecer o sistema de gestão e fortalecer os processos de aprendizagem organizacional, o que só pode ser feito na prática. É a prática consistente que leva à mudança da cultura organizacional para um novo paradigma.

### 8.3. INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Além da gestão da inovação no contexto empresarial é preciso criar e desenvolver um ecossistema que favoreça o processo de inovação do país. O fortalecimento do processo de inovação nas empresas depende fortemente desse ecossistema. O desenvolvimento econômico de regiões e países está atrelado à valorização das atividades de ciência, tecnologia e inovação. Na sociedade do conhecimento, a inovação tecnológica exerce papel decisivo na busca e sustentação de vantagens competitivas de empresas e setores econômicos. **Empreendedorismo e inovação** são temas cada vez mais estratégicos para o desenvolvimento do país. A dinâmica da inovação está atrelada a processos sistêmicos de geração do conhecimento, fortemente relacionados à interação entre o setor empresarial e as instituições de conhecimento. A interação universidade-empresa-governo é uma das chaves para a inovação e o desenvolvimento em uma economia baseada em conhecimento.

Sabe-se que o Brasil apresenta os elementos, ou atores, de um **sistema de inovação**, porém de uma forma geral, as relações entre instituições e empresas ainda são muito frágeis, prejudicando a consolidação do processo de inovação e, por consequência, o desenvolvimento econômico e social pretendido. No país, é censo comum que ainda existe um *gap* entre ciência e mercado, também conhecido como “vale da morte”.

Nos últimos anos, o Brasil tem se destacado como gerador de conhecimento científico. Entretanto, este conhecimento se reflete apenas modestamente na produção de inovação do país. O país está muito aquém de suas possibilidades, e os seus principais itens de exportação não agregam desenvolvimento tecnológico à altura do conhecimento científico. Agregar valores aos produtos, processos e serviços é fundamental para alcançar competitividade mundial com desenvolvimento sustentável<sup>4</sup>. Os dados abaixo apontam o desafio brasileiro na nova

economia do conhecimento – transformar conhecimento em produtos e serviços inovadores, com alto conteúdo tecnológico:

- Em estudo realizado pela World Intellectual Property Organization (WIPO), da Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil ocupa a 64<sup>a</sup> posição no ranking mundial de inovação, em um grupo de 142 países. Apenas 0,31% das patentes via PCT (Patent Cooperation Treaty) são depositadas por inventores brasileiros<sup>5</sup>.
- O World Economic Forum (WEF), investigou em 2012 a competitividade das nações, para 144 países, organizadas em três grupos: requisitos básicos, potenciadores de eficiência e fatores de inovação e sofisticação. O desempenho brasileiro em cada um desses índices foi a posição 73<sup>a</sup>, 38<sup>a</sup> e 39<sup>a</sup>, respectivamente, o que levou o Brasil para posição 48<sup>o</sup> no ranking de competitividade mundial<sup>6</sup>.
- Somando-se os investimentos de origem pública e privada, o país está entre os 10 países que mais investem em P&D no mundo, com 31,9 bilhões de dólares. Os EUA ocupam a 1<sup>a</sup> posição com 423,7 bilhões de dólares<sup>7</sup>. O dispêndio interno bruto em P&D como um percentual do PIB no Brasil é de 1,21%, nos USA é 2,77% e na China 1,84%<sup>8</sup>.
- O Brasil possui 2,28% dos artigos publicados nos periódicos científicos indexados na base Scopus. A base de dados Scopus, por meio de seu índice H (utilizado para quantificar a produtividade e o impacto de pesquisas individuais ou em grupo), indica as produções brasileiras na 22<sup>a</sup>

---

<sup>4</sup> CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO & MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. *Estudo de projetos de alta complexidade indicadores de parques tecnológicos*. Brasília: CDT/UnB, 2013.

<sup>5</sup> WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. *The global innovation index 2013: The local dynamics of innovation*. Genebra: WIPO, 2013c. 393 p. Disponível em: <[http://www.wipo.int/econ\\_stat/en/economics/gii/](http://www.wipo.int/econ_stat/en/economics/gii/)>. Acesso em: 22 jul. 2013.

<sup>6</sup> WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *The global competitiveness report 2012-2013*. Genebra: WEF, 2012. 529 p. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2012-13.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2012-13.pdf)>. Acesso em: 16 mai. 2013.

<sup>7</sup> R&D MAGAZINE; BATTELLE. *Global R&D funding forecast*. Rockaway, 2012. Disponível em: <<http://www.rdmag.com/digital-editions/2012/12/2013-r-d-magazine-global-funding-forecast>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

<sup>8</sup> ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Gross domestic expenditure on R&D (GERD) as a percentage of GDP*. Paris: OECD, 2013. Disponível em: <[http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/main-science-and-technology-indicators-volume-2012-issue-2/gross-domestic-expenditure-on-r-amp-d-gerd-as-a-percentage-of-gdp\\_msti-v2012-2-table2-en](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/main-science-and-technology-indicators-volume-2012-issue-2/gross-domestic-expenditure-on-r-amp-d-gerd-as-a-percentage-of-gdp_msti-v2012-2-table2-en)>. Acesso em: 17 jun. 2013.

posição dentre as mais relevantes no ano de 2011, oito posições abaixo do lugar que ocupa no ranking que mede a quantidade de publicações<sup>9</sup>.

As experiências internacionais bem-sucedidas demonstram que a promoção do desenvolvimento sustentável por meio da inovação depende fortemente de esforços coordenados dos diversos atores envolvidos nesse processo. A abordagem proposta por Henri Etzkowitz, da **Hélice Tríplice**<sup>10</sup>, é internacionalmente aceita como a mais completa e atual constituindo-se em referência conceitual obrigatória, seja nas aplicações práticas dos princípios propostos seja nas reflexões críticas sobre o tema. O momento em que vive o país reforça cada vez mais a interação universidade-empresa-governo, como a força motriz da inovação e tem se constituído no principal elemento para a criação de um ambiente tecnologicamente mais competitivo.

As **universidades empreendedoras** têm um papel chave na Hélice Tríplice que ocorre por meio da transferência de tecnologia, da criação de empresas e da condução de esforços de renovação regionais. Uma parte da atividade empreendedora está baseada nas expectativas de que a utilização da pesquisa estimulará novas ideias e a renda, é a chamada “capitalização do conhecimento”. O surgimento e crescimento de novas empresas a partir da pesquisa acadêmica e a localização de empresas fundamentadas em ciência nos arredores das universidades são manifestações das relações da Hélice Tríplice em sociedades baseadas no conhecimento.

A geração de empresas de base tecnológica a partir de resultados de pesquisas acadêmicas, conhecidas como *spin-offs acadêmicas*, constitui um fator importante para o desenvolvimento econômico. Essas empresas transformam o conhecimento científico-tecnológico em valor econômico para o mercado e bem-estar para a sociedade, permitindo a geração de empregos qualificados, o desenvolvimento de novos produtos com alto conteúdo tecnológico e a concepção de novos modelos de negócios.

---

<sup>9</sup> SCIMAGO JOURNAL & COUNTRY RANK. *Country rankings*. Disponível em: <[http://www.scimagojr.com/countryrank.php?area=0&category=0&region=all&year=2011&order=it&min=0&min\\_type=it](http://www.scimagojr.com/countryrank.php?area=0&category=0&region=all&year=2011&order=it&min=0&min_type=it)>. Acesso em: 15 jul. 2013.

<sup>10</sup> ETZKOWITZ, H. *Hélice Tríplice: Universidade-indústria-governo: inovação em movimento*. Porto Alegre: Edipucrs, 2009, 207 p.

As empresas de base tecnológica, em especial as *start-ups* e *spin-offs*, demandam um ambiente que favoreça o fortalecimento e a ampliação de suas competências, tornando-as sustentáveis e competitivas num cenário internacional. Uma empresa de base tecnológica é aquela que tem como estratégia competitiva o oferecimento de produtos e serviços, ou o estabelecimento de processos, com alto valor agregado, com base em conhecimento científico e tecnológico e na utilização de técnicas e métodos considerados inovadores. É justamente esse ambiente, propício à inovação e ao desenvolvimento que deve ser oferecido por um Incubadora de Empresa ou um Parque Tecnológico.

Segundo a IASP<sup>11</sup>, **Parques Científicos, Tecnológicos e das Ciências** são organizações altamente especializadas, que desempenham um papel fundamental no desenvolvimento econômico de seu ambiente. Através de uma mistura dinâmica e inovadora de políticas, programas, espaço de qualidade e recursos e serviços de alto valor agregado, eles: estimulam e gerenciam o fluxo de conhecimento e tecnologia entre universidades e empresas; facilitam a comunicação entre empresas, empresários e técnicos; proporcionam ambientes que realçam uma cultura de inovação, criatividade e qualidade; possuem foco em empresas e instituições de pesquisa, bem como sobre as pessoas – os empresários e trabalhadores do conhecimento; facilitam a criação de novas empresas através de mecanismos de incubação e de spin-off, e aceleram o crescimento das pequenas e médias empresas; trabalham em uma rede global que reúne milhares de empresas inovadoras e instituições de pesquisa em todo o mundo, facilitando a internacionalização de suas empresas residentes.

De acordo com a Anprotec<sup>12</sup>, uma Incubadora é uma entidade que tem por objetivo oferecer suporte a empreendedores para que eles possam desenvolver ideias inovadoras e transformá-las em empreendimentos

---

<sup>11</sup> INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIC PARKS AND AREAS OF INNOVATION. Disponível em: <<http://www.iasp.ws/the-role-of-stps-and-innovation-areas>>. Acesso em: 03 fev. 2015.

<sup>12</sup> ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES PROMOTORAS DE EMPREENDIMENTOS INOVADORES; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. *Estudo, análise e proposições sobre as incubadoras de empresas no Brasil*. Brasília: ANPROTEC, 2012.

de sucesso. Para isso, oferece infraestrutura, capacitação e suporte gerencial, orientando os empreendedores sobre aspectos administrativos, comerciais, financeiros e jurídicos, entre outras questões essenciais ao desenvolvimento de uma empresa

No Brasil, o movimento de Parques e Incubadoras tem-se desenvolvido nos últimos 30 anos, o que é relativamente recente, se comparado com os EUA e a Europa. Os Parques Tecnológicos e as Incubadoras de Empresa do país têm demonstrado eficiência na transferência de conhecimento de instituições de ciência e tecnologia para o setor empresarial. Há indícios de que o Brasil possua um dos mais robustos sistemas de Incubadoras de Empresas, estando à frente de potências como Reino Unido e Japão. Em 2011, haviam no Brasil 384 incubadoras de empresas em operação, quando foram gerados 16.394 empregos nas 2.640 empresas incubadas, que faturaram cerca de 533 milhões de reais. As 2.509 empresas graduadas faturaram mais de 4 bilhões de reais no ano de 2011 e geraram 29.205 postos de trabalho<sup>13</sup>.

O país conta com 90 iniciativas de parques tecnológicos, dos quais 28 estão em operação, que contabilizam 32,2 mil empregos em empresas e institutos de pesquisas residentes e na equipe de gestão, em sua maioria de nível superior. As 939 empresas instaladas geram aproximadamente 30 mil empregos formais. Merece destaque o grande número de mestres e doutores envolvidos, aproximadamente 4 mil (13%), com o indicativo de que parcela considerável destes profissionais atua diretamente nas empresas, contrastando com o universo empresarial brasileiro, cujo quadro de colaboradores tem participação pouco expressiva de mestres e doutores<sup>14</sup>.

A **gestão de habitats de inovação**, como parques tecnológicos e incubadoras de empresas, bem como a gestão das relações de interação universidade-empresa-governo tem sido um campo profissional, cada vez mais relevante, para o engenheiro de produção.

---

<sup>13</sup> ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES PROMOTORAS DE EMPREENDIMENTOS INOVADORES; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. *Estudo, análise e proposições sobre as incubadoras de empresas no Brasil*. Brasília: ANPROTEC, 2012.

<sup>14</sup> CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO & MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. *Estudo de projetos de alta complexidade indicadores de parques tecnológicos*. Brasília: CDT/UnB, 2014.

## 8.4. GESTÃO DA INOVAÇÃO NO DEP

Os pesquisadores do Núcleo de Tecnologias de Gestão (NTG) desenvolveram um modelo de referência para a gestão do processo de inovação, a ser utilizado pelas empresas de base tecnológica participantes do Edital Tecnova Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais). O Programa Tecnova – MG refere-se ao Edital da Fapemig 13/2013, “Programa de apoio à inovação tecnológica em microempresas e empresas de pequeno porte TECNOVA Minas Gerais”, que teve por objetivo “Financiar propostas de microempresas e empresas de pequeno porte, sediadas no Estado de Minas Gerais, para o desenvolvimento de produtos e/ou processos inovadores, com risco e conteúdo tecnológico e, dessa forma, promover o aumento das atividades de inovação e da competitividade das empresas”. O trabalho foi desenvolvido com as 47 empresas participantes do Programa Tecnova que tiveram 48 projetos aprovados.

O objetivo do modelo é auxiliar as empresas a inovar de forma sistemática e regular. Dessa forma, o modelo foi construído, conforme Figura 8.1, considerando a filosofia do PDCA e pautado no trinômio “Estratégia – Projetos – Resultado - (EPR)”, por isso foi chamado de Sistema EPR. O sistema foi criado para auxiliar as empresas na definição de estratégias de inovação, seleção de projetos com maior potencial e organização do trabalho para a gestão do processo de inovação. O modelo do Tecnova é um desdobramento dos trabalhos realizados pelo NTG em parceria com o Instituto Euvaldo Lodi (IEL/MG) da FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais) no âmbito do projeto NAGI (Núcleo de Apoio a Gestão da Inovação).

O conhecimento foi difundido às empresas por meio de 4 workshops de capacitação, totalizando 32 horas de capacitação sobre a metodologia e outras ferramentas para a gestão da inovação. As empresas também receberam tutoria remota de acompanhamento para auxiliar na implantação do Sistema. A equipe do NTG foi organizada para atender às demandas do Programa Tecnova com a seguinte estrutura: 4 coordenadores de projeto – pesquisadores do NTG, 1 Assessor de Projeto – bolsista de Gestão, Ciência e tecnologia da Fapemig, e 15 Assessores de Acompanhamento, também chamado de tutores. Os Assessores de



Figura 8.1. Esquema geral de apresentação do Sistema EPR de Gestão da Inovação.

Acompanhamento são alunos do curso de Engenharia de Produção da UFV. Mais informações sobre esse projeto podem ser acessadas no site: [www.ntg.ufv.br](http://www.ntg.ufv.br).

Além do apoio às empresas para a implantação de sistemas de gestão da inovação, o NTG tem realizado importantes trabalhos para o ecossistema de inovação de Viçosa e Minas Gerais. Em Viçosa, o NTG apoia as atividades do Centro Tecnológico de Desenvolvimento Regional de Viçosa (CenTev), órgão da Universidade Federal de Viçosa que reúne a Incubadora de Empresas e o Parque Tecnológico de Viçosa (tecno-PARQ). Em Minas Gerais, o NTG tem parcerias para o desenvolvimento de projetos com a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado de Minas Gerais (SECTES) e com o Serviço de Apoio à Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

Dentre as atividades realizadas com o CenTev, destacam-se o desenvolvimento do Modelo de cálculo do tempo de cessão real de uso do

tecnopARQ, único na literatura e a criação do Escritório de Ligação da UFV – *Innovation Link*. O NTG coordenou a elaboração de oito estudos de viabilidade para a implantação de novos Parques Tecnológicos no Estado de Minas Gerais e o desenvolvimento da metodologia de avaliação de viabilidade de Parques Tecnológicos, realizados em parceria com a SECTES. O NTG participou da coordenação do Programa de Incentivo à Inovação (PII), em duas edições na UFV, 2008 e 2012, em parceria com SEBRAE-MG e SECTES. Recentemente, o NTG elaborou o “Estudo, Análise e Proposições das Incubadoras de Minas Gerais”, em parceria com a Rede Mineira de Inovação (RMI), SEBRAE-MG e SECTES e viabilizado com recursos do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O desenvolvimento de todos esses projetos só foi possível com a participação efetiva dos alunos do curso de Engenharia de Produção da UFV.

# 9. Engenharia econômica

---

**Marco Antônio Sartori**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Jaqueline Akemi Suzuki Sedyama**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Ronaldo Perez**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 9.1. APLICAÇÃO NO CONTEXTO DE PROJETOS INDUSTRIAIS

Recentemente, vivenciaram-se no Brasil diversas transformações. Dentre elas, a desregulamentação do mercado, a política de abertura comercial, a formalização do Mercosul, estabilidade econômica, as modificações na estrutura de produção e comercialização, além do crescente poder e discernimento do consumidor, cada vez mais exigente em qualidade, preços e variedade de produtos.

Com o propósito de se adaptar à nova realidade, os empreendedores envolvidos procuram adotar práticas mais eficientes, o que, invariavelmente, requer aumentos de produtividade e de escala. Dessa forma, buscam meios de se sobressair no mercado, estabelecendo novos processos de produção e gestão de forma a se ajustarem ao novo contexto.

No que tange aos novos empreendimentos, estudos que ofereçam margem de confiança para tomada de decisão são construídos previamente e a decisão de investimentos só acontece se houver viabilidade técnico-econômica. Esta é reconhecida como o principal fator a ser considerado, pois promove o levantamento de informações e permite a avaliação de parâmetros determinantes para a implantação e continuidade de projetos a longo prazo.

## 9.2. O ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

Em relação à viabilidade técnica, eventuais propostas deverão considerar os mecanismos e tecnologias disponíveis para a produção deseja-

da, especialmente no que diz respeito ao aporte tecnológico necessário. Ou seja, deve-se avaliar se as exigências e o nível tecnológico adequado podem ser atendidos.

A viabilidade técnica industrial envolve o potencial de produção com a utilização das tecnologias disponíveis, considerando os parâmetros técnicos de rendimento e consumo de matérias-primas, insumos e materiais secundários. Por exemplo, para a extração de óleos vegetais devem-se avaliar os possíveis equipamentos e tecnologias com potencial para a extração de óleo voltado à oleaginosa que se pretende utilizar como matéria-prima. Na extração, pode-se optar pela extração por solvente ou extração por prensagem, havendo ainda a opção de integração dos dois processos, e em diferentes escalas de processamento.

Os coeficientes de rendimento e de consumo são importantes para a definição de custos dos processos produtivos, independentemente da atividade vinculada. O cálculo desses custos poderá nortear o potencial de comercialização dos produtos produzidos e sua inserção no mercado a partir da identificação do foco preestabelecido.

Naturalmente, a concorrência faz com que as empresas busquem a redução de seus custos, aumentem a qualidade e procurem desenvolvimentos tecnológicos constantes. Em longo prazo, ainda que esta lógica seja viável atualmente, a competitividade poderá diminuir os retornos, considerando que um grande número de empresas estará atuando no mercado. Portanto, um completo conhecimento da lógica organizacional da cadeia em que se pretende inserir faz-se necessário, envolvendo as relações entre o ambiente institucional, o ambiente tecnológico, as organizações e os indivíduos para que se escolha a melhor estratégia de atuação.

Segundo Cosenza (1998), a decisão do tamanho do projeto está relacionada diretamente a diversos fatores como aqueles ligados à engenharia, localização, mercado e fontes de financiamento, entre outros. Ainda pode-se destacar a existência de economia de escala, já que esta está relacionada a variações dos custos de produção em função da escala de produção adotada.

Ou seja, a expansão da capacidade de produção de uma empresa ou indústria, causa aumento dos custos totais de produção, que são proporcionalmente menores do que o proporcional ao aumento da quan-

tidade produzida. Como resultado, o custo médio de produção cai, à medida que acontece a expansão do empreendimento.

Além disso, os próprios fatores tecnológicos contribuem para as economias de escala. As maiores escalas estão condicionadas ao aumento de eficiência dos equipamentos e processos, que inclui a possibilidade de integração e automatização da linha de produção, reduzindo os investimentos por volume processado e diluindo os custos de produção, segurança do sistema, entre outros.

No caso da extração do óleo vegetal, o aumento da escala permite a utilização de tecnologias de extração por solvente, o que permite aumento na eficiência de extração, promovendo redução no custo unitário de produção. Esse tipo de tecnologia exige algumas condições específicas de operação, desde a qualificação dos funcionários e sofisticados sistemas de segurança, já que o solvente utilizado é inflamável.

Amorim (2005) reforça a importância do conhecimento da lógica organizacional da cadeia de produção envolvida no que se refere às relações entre o ambiente tecnológico, o ambiente institucional, as organizações e os indivíduos para que se escolha a melhor estratégia de atuação. Assim pode-se estipular o tamanho adequado das empresas, dando-lhe uma capacidade sustentável de sobrevivência e, de preferência, crescimento nos mercados concorrentes ou em novos mercados.

Segundo Mello (1995), os fatores tecnológicos contribuem para as economias de escala, visto que variando as escalas de produção, são requeridos diferentes equipamentos. Para maiores escalas de produção, a combinação de equipamentos implica na exigência de maiores investimentos na aquisição e instalação de máquinas, porém, numa proporção menor que em menor escala, considerando a relação investimento e produção. Além disso, o aumento da escala ainda normalmente permite a utilização de tecnologias diferenciadas, ou equipamentos mais especializados, que tendem a reduzir o custo unitário de produção.

### 9.3. O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de rentabilidade de um projeto também constitui um instrumento de grande importância na tomada de decisão sobre um inves-

timento, possibilitando uma alocação eficiente dos recursos disponíveis pela empresa (NEVES, 1996).

A análise econômica consiste em fazer estimativas de todas as entradas e saídas, ou seja, os gastos envolvidos com o investimento inicial, operação e manutenção, e também as receitas geradas durante um determinado período de tempo. Assim se obtém o fluxo de caixa financeiro relativo à atividade permitindo o cálculo dos indicadores econômicos conseguidos com esse empreendimento. Alguns dos principais indicadores são a TIR – Taxa Interna de Retorno, o TRC – Tempo de Retorno de Capital e o VPL – Valor Presente Líquido.

O Tempo de Retorno de Capital (TRC) mostra o número de períodos necessários para recuperar os recursos despendidos na implantação do projeto. Isto é, o espaço de tempo necessário para que a soma das receitas nominais futuras se iguale ao valor do investimento inicial (FARO, 1971).

O Valor Presente Líquido (VPL) ou Valor Atual (VA) do projeto é calculado por meio do somatório dos resultados anuais do fluxo de caixa líquido, descontados, ano a ano à taxa de juros anual. Compara-se então o valor deste somatório com o valor do investimento total. Se a diferença for positiva significa que os recursos financeiros gerados pelo projeto são capazes de pagar o investimento (NORONHA, 1981).

Matematicamente, define-se o Valor Presente Líquido como:

$$VPL = V_0 + \frac{V_1}{(1+i)} + \frac{V_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{V_n}{(1+i)^n} \quad (9.1)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

V<sub>n</sub> = valor do fluxo líquido de caixa no período n;

i = taxa de desconto previamente estabelecida.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é conhecida como a taxa de juros real e não negativa que faz com que o valor atribuído às receitas futuras se iguale ao custo do investimento, ou seja, é a taxa que anula o valor presente do projeto. Este critério mostra a viabilidade do projeto, quan-

do comparado a um projeto de alternativo, ou mesmo as taxas de juros praticadas no mercado (CONTADOR, 1981).

Matematicamente, pode-se definir a Taxa Interna de Retorno como o valor  $i^*$  que torna verdadeira a expressão, conforme demonstrado na Equação 9.2:

$$0 = V_0 + \frac{V_1}{(1+i^*)} + \frac{V_2}{(1+i^*)^2} + \dots + \frac{V_n}{(1+i^*)^n} \quad (9.2)$$

Onde:  $V_n$  = valor do fluxo líquido de caixa no período  $n$ .

Comparando-se esses indicadores como as possíveis taxas de rendimento de mercado ou próprias para o investimento de capital se pode concluir sobre a viabilidade do investimento (HOMEM, 2004). Já a TMA, Taxa Mínima de Atratividade, deve ser entendida como a taxa de rentabilidade que o mercado propicia, caso o investimento não seja direcionado ao empreendimento, permitindo comparação com a taxa de rentabilidade do projeto.

Pode-se destacar ainda o Ponto de Equilíbrio (PE) ou de Nivelamento (PN) que identifica o volume de produção ou o nível de utilização dos recursos produtivos e capacidade instalada, em que as receitas são iguais a todos os custos (fixos e variáveis). Ou seja, determina a capacidade mínima em que a empresa deve trabalhar (HOLANDA, 1983).

O Ponto de Equilíbrio ou Ponto de Nivelamento pode ser calculado utilizando a fórmula da Equação 9.3:

$$\text{Ponto de Equilíbrio} = \frac{\text{custo fixo}}{\text{receita total} - \text{custo variável}} \quad (9.3)$$

A análise de sensibilidade consiste em variar certos itens componentes do custo e, ou, receitas, mantendo os demais constantes. Essas alterações proporcionam variações no fluxo de caixa, gerando, portanto, novas taxas internas de retorno que, quando comparadas com a taxa inicial, mostram as alterações que podem ocorrer na rentabilidade do projeto (CONTADOR, 1981).

## 9.4. CASO: ESTUDO DE ESCALA E DE OPERAÇÃO DAS UNIDADES DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS

No caso de uma proposta de unidade industrial destinada ao processamento de oleaginosas, uma das primeiras preocupações está relacionada à comercialização e preço de venda do óleo, assim como os subprodutos resultantes do processo. A identificação de um mercado para tais produtos (que no caso do óleo pode ser a produção de biodiesel) torna-se o ponto de partida, tendo em vista que somente com a comercialização dos produtos haverá geração de receitas para garantir o funcionamento da unidade industrial.

Ressalta-se que além da necessidade de avaliação de preços no mercado, há necessidade de identificar a demanda que o mercado é capaz de absorver e que justifique a implantação do sistema de produção, favorecendo a concepção do tamanho do empreendimento.

Além disso, deve-se considerar o potencial de comercialização dos subprodutos, que podem ser utilizados para outros fins, destacando-se a possibilidade de utilização para alimentação animal. Essa condição potencial deve ser bem avaliada, já que pode viabilizar o empreendimento.

Como alternativas tecnológicas para as usinas de extração de óleos vegetais, podem ser adotadas diferentes escalas de produção, buscando-se identificar a melhor alternativa para o investidor ou interessado no projeto. Portanto, o projeto deve verificar a ocorrência de economias de escala e definir qual o tamanho mais adequado para a instalação.

Nesse caso, são necessárias informações a respeito da montagem das unidades operacionais em diferentes tamanhos, utilizando tecnologias de extração diferentes (extração mecânica, por solvente ou a extração mista – combinando a extração mecânica e química com a utilização de solvente). E ainda, informações a respeito dos coeficientes de rendimento dos processos, do volume de produção anual de óleo vegetal, da necessidade de matéria-prima para as unidades, o nível de utilização e ociosidade dos equipamentos utilizados, entre outras. Além disso, as unidades devem ser dimensionadas otimizando as estruturas físicas e mão de obra necessária para operacionalizar cada sistema, entre outros.

Contudo, algumas observações técnicas pertinentes à nova instalação devem ser discutidas durante a concepção do novo projeto agroindustrial. Assim, em relação às linhas de produção e equipamentos, devem ser identificados os potenciais fornecedores e suas respectivas vantagens e desvantagens, não somente no tocante à tecnologia disponibilizada, mas também na garantia e manutenção, assim como a assistência técnica no caso de reposição de partes dos equipamentos. Discussões relacionadas à compra ou não de plantas completas e compactas, de uma só firma, com o objetivo de compatibilizar todos os equipamentos são pertinentes e devem acontecer.

Mesmo no aspecto tecnológico, os equipamentos auxiliares como moinhos para torta, caldeira, torre de resfriamento, utilizada no caso da extração por solvente, entre outros equipamentos, devem ser dimensionados em função das necessidades específicas de cada usina, sendo definidos orçamentos específicos. Já o dimensionamento dos galpões e construções externas das unidades deve estar condicionado ao recebimento de todos os equipamentos necessários para a operacionalização eficiente das usinas de produção de óleo vegetal.

Outra preocupação está relacionada à indisponibilidade de algumas matérias-primas oleaginosas em alguns meses do ano, devido à sazonalidade de algumas culturas. Como nesse tipo de empreendimento não deve ser considerada a hipótese de paradas na produção durante as entressafas, porque normalmente inviabiliza atividades no setor agroindustrial, o armazenamento de oleaginosas e o processamento de outras oleaginosas devem ser considerados. No entanto, pode ser que os equipamentos não sejam ajustáveis em função das especificidades das matérias-primas oleaginosas e existam necessidades diferenciadas no processamento.

No tocante ao armazenamento de matéria-prima, deve-se identificar a melhor proposta relacionada à proposta de armazenamento (próprio ou terceirizada) e ao local onde este acontecerá, seja nas respectivas áreas de produção ou nas próprias usinas, destacando-se o importante planejamento de suprimentos vinculado ao planejamento de produção definido para a usina. Nesse caso, deve-se considerar ainda o mecanismo de transporte e seu respectivo custo de captação de matéria-prima, na região em que a usina estiver instalada.

Quanto aos resíduos gerados, deve-se avaliar o potencial de degradação ambiental a partir dos mesmos e se há necessidade de tratamento específico.

## 9.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as diferentes características regionais no Brasil, diversas propostas de atividades industriais poderão ser discutidas e estudadas nos possíveis ambientes. É válido ressaltar que para uma possível tomada de decisão no sentido de instalar unidades de produção, sugere-se a participação e mobilização dos interessados.

Especialmente em relação à implantação de projetos de unidades industriais, é extremamente importante o entendimento do mercado em questão, assim como o estudo da viabilidade técnico-econômica, que é reconhecido como importante instrumento de apoio a ser considerado na tomada de decisão de um investimento, já que fornece os parâmetros determinantes para a continuidade do projeto a ser implantado.

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- BATALHA, M. O. (Org.) *Gestão Agroindustrial: GEPAI – Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais*. V. 1, 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001, 770 p.
- COSENZA, C. A. N. Tamanho do projeto e economias de escala In: CLEMENTE, A. (Org.) *Projetos empresariais e públicos*. São Paulo: Atlas, 1998, 344 p.
- CONTADOR, C. R. *Avaliação social de projetos*. São Paulo: Atlas, 1981, 301p.
- FARO, C. *Critérios quantitativos para a avaliação e seleção de projetos de investimento*. Rio de Janeiro: IPEA; INPES, 1971, 142 p.
- HOLANDA, N. *Planejamento e projetos*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1983, 402 p.
- HOMEM, G. R. *Avaliação técnico-econômica e análise locacional de unidade processadora de soro de queijo em Minas Gerais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 230 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2004.

MELLO, G. R. A. V. *Economia de escala e eficiência econômica da produção de leite*. 1995. 127 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

NORONHA, J. F. *Projetos agropecuários*. Administração financeira, orçamento e avaliação econômica. Piracicaba: FEALQ, 1981, 274 p.



# 10. Segurança do trabalho

---

**Luciano José Minette**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Stanley Schettino**

Engenheiro de Segurança do Trabalho

**Anna Carolina Minetti Camarinha**

Pontifícia Universidade Católica (PUC- RJ)

## 10.1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo é conhecido o fato de que as más condições de trabalho podem ocasionar lesões, doenças e, até mesmo, a morte de trabalhadores. Mas somente a partir da Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra em meados do século XVIII, é que houve um aumento notável do número de agravos relacionados ao trabalho. Isso decorreu do uso crescente de máquinas, do acúmulo de operários em locais confinados, das longas jornadas laborais, da utilização de crianças nas atividades industriais, das péssimas condições de salubridade nos ambientes fabris, entre outras razões (CHAGAS et al., 2011).

A percepção coletiva dos trabalhadores assalariados de que o trabalho desenvolvido era fonte de exploração econômica e social, e que este poderia gerar danos à saúde, provocando adoecimento e/ou morte, fez com que uma inevitável e crescente mobilização social começasse exigindo que Estado interviesse nas relações entre patrões e empregados, visando à redução dos riscos ocupacionais. A criação da Organização Internacional do Trabalho (OIT), em 1919, logo após o final da Primeira Grande Guerra, mudou acentuadamente o ritmo e o enfoque das normas e práticas de proteção à saúde dos trabalhadores, sendo atualmente a grande referência internacional sobre o assunto.

As mudanças tecnológicas, os novos paradigmas da produção gerados pelo processo de internalização da economia, vêm provocando mudanças significativas nas organizações do trabalho. Competitividade e produtividade são fatores fundamentais para que as empresas e suas cadeias

produtivas se mantenham neste mercado. Somam-se a estas questões as certificações da ISO 9.000 e 14.000, requisitos necessários para participar do comércio globalizado de forma competitiva, exigindo das empresas uma gestão de seus processos produtivos voltada para a qualidade de produtos e serviços e também para a qualidade de vida no trabalho.

Nestas circunstâncias, torna-se imperativa a implementação da gestão de segurança do trabalho como forma de evitar os resultados indesejáveis, com reclamações trabalhistas, insalubridade, periculosidade, indenizações relativas a acidentes de trabalho e a consequente perda de produtividade das empresas (SENAI-RJ, 2008).

Nesse contexto, surge a segurança do trabalho. Esta pode ser definida como o conjunto de medidas administrativas, técnicas, legais, médicas, educacionais e psicológicas e, portanto, multidisciplinares, empregadas na **prevenção** de acidentes do trabalho e doenças profissionais, bem como na proteção da integridade e a capacidade laboral das pessoas envolvidas.

Sob a ótica da prevenção, os acidentes e as doenças ocupacionais são causados por qualquer fato que, se removido a tempo, teria evitado seu surgimento. Assim, os acidentes são evitáveis, não surgem por acaso e, portanto, são passíveis de prevenção. Sabe-se que os acidentes ocorrem por dois motivos principais: devido à falha humana (atos inseguros e fator pessoal de insegurança) e por fatores ambientais (condições inseguras).

Os atos inseguros são todos os procedimentos do homem que contrariem normas de prevenção de acidentes e o fator pessoal de insegurança é o conjunto de fatores externos que levam o indivíduo à prática do ato inseguro. Dentre eles, as características físicas e psicológicas (depressão, tensão, excitação, neuroses etc.), sociais (problemas de relacionamentos, preocupações com necessidades sociais, educação, dependências químicas etc.), congênitas ou de formação cultural, que alteram o comportamento do trabalhador permitindo que cometa atos inseguros. Tais temas são objeto de estudo dos profissionais das Ciências Humanas e Sociais.

Por outro lado, para os profissionais das diversas engenharias, neste caso específico, os Engenheiros de Produção, é de fundamental im-

portância o entendimento e a atuação no controle das condições inseguras (fatores ambientais), que são as circunstâncias externas de que dependem as pessoas para realizar seu trabalho, desde que sejam incompatíveis ou contrárias com as normas de segurança e prevenção de acidentes. Dentre várias, podem ser citadas, falta e, ou, excesso de iluminação; ruídos ou vibração em excesso; falta de proteção nas partes móveis das máquinas; proteção insuficiente ou ausente para o trabalhador; passagens e corredores obstruídos e falta de limpeza e ordem (organização do trabalho).

Ainda, não menos importante, é necessário o entendimento de que as normas de segurança e saúde no trabalho devem ser implementadas conjuntamente com as de produtividade, qualidade, responsabilidade social e lucratividade. A participação ativa de todos os trabalhadores de uma organização, principalmente em nível de gerência e supervisão, no programa de prevenção de acidentes e garantia de saúde, é de fundamental importância para que o objetivo de acidente zero seja alcançado, independente do grau de risco e do número de trabalhadores da organização.

## 10.2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE SEGURANÇA DO TRABALHO

O Brasil é signatário de vários acordos internacionais da Organização Internacional do Trabalho – OIT. Tal fato exige o respeito a várias normas internacionais, que foram desenvolvidas com o propósito de se constituir um sistema global de instrumentos relativos ao trabalho e às políticas sociais, sustentado por um sistema de controle que permite abordar todos os tipos de problemas capazes de garantir sua aplicação em escala nacional.

Em nível nacional, a Legislação relativa à Segurança e Medicina do Trabalho é parte integrante da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), constituindo o Capítulo V, Título II da mesma, sob o título “DA SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO”. Aprovada inicialmente em 01 de maio de 1943, pelo Decreto-Lei n.º 5.452, o Capítulo V da CLT foi alterado pela Lei nº 6.514 de 22 de dezembro de 1977. Posteriormente em 08 de

junho de 1978, a Portaria n.º 3.214 do Ministério do Trabalho aprovou as Normas Regulamentadoras (NR) do Capítulo V da CLT, relativas à segurança e medicina do trabalho, as quais, são constantemente atualizadas.

As Normas Regulamentadoras – NR tratam do conjunto de requisitos e procedimentos relativos à segurança e medicina do trabalho, de observância obrigatória às empresas privadas, públicas e órgãos do governo que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT. Em 1978, através da Portaria nº 3.214, foram aprovadas 28 (vinte e oito) NRs. No entanto, atualmente, existem 36 (trinta e seis) NRs aprovadas pelo o Ministério do Trabalho e Emprego. Conforme a evolução dos meios e relações de trabalho vão evoluindo e se consolidando, o Ministério do Trabalho e Emprego busca estabelecer o desenvolvimento e a atualização das NRs, com objetivo da preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, bem como a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

Ainda, de acordo com o Código de Ética Profissional da Engenharia, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia, publicado em 2014 pelo CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, em seu Artigo 10º, é conduta vedada aos profissionais descuidar com as medidas de segurança e saúde do trabalho sob sua coordenação. Tal norma é válida para todos os profissionais de engenharia, inclusive os da Engenharia de Produção.

Desta forma, compete aos profissionais de todas as partes da cadeia produtiva aplicar as normas e os conhecimentos de Engenharia de Segurança e de Medicina do Trabalho ao ambiente de trabalho. Tal aplicação deve englobar todos seus componentes, inclusive máquinas e equipamentos, de modo a reduzir e, se possível, até eliminar, os riscos ali existentes à saúde do trabalhador.

### 10.3. CONCEITOS IMPORTANTES EM SEGURANÇA DO TRABALHO

De acordo com BIT (2009), a saúde e a segurança no trabalho consistem numa disciplina de âmbito extenso, que envolve muitas áreas de especialização. Num sentido mais abrangente, deverá ter os seguintes objetivos:

- A promoção e a manutenção dos mais elevados níveis de bem-estar físico, mental e social dos trabalhadores de todos os setores de atividade.
- A prevenção para os trabalhadores de efeitos adversos para a saúde decorrentes das suas condições de trabalho.
- A proteção dos trabalhadores no seu emprego perante os riscos resultantes de condições prejudiciais à saúde.
- A colocação e a manutenção de trabalhadores num ambiente de trabalho ajustado às suas necessidades físicas e mentais.
- A adaptação do trabalho ao homem.

Em outras palavras, a saúde e a segurança no trabalho englobam o bem-estar social, mental e físico dos trabalhadores, ou seja, da “pessoa no seu todo”.

Por outro lado, é impossível dissociar o termo acidente de trabalho da segurança do trabalho. Existem dois conceitos que visam definir este termo: o conceito prevencionista, que define o acidente do trabalho como toda ocorrência não programada, inesperada ou não, que interfere ou interrompe o processo normal de uma atividade, ocasionando perda de tempo útil com ou sem lesão nos trabalhadores e, ou, danos materiais. Portanto mesmo ocorrências que não resultem em lesões ou danos materiais, devem ser encaradas como acidentes do trabalho.

Em outra vertente, tem-se o conceito legal, pregando que acidente do trabalho é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho, a serviço da empresa, provocando lesão corporal, perturbação funcional ou doença, que cause a morte, perda ou redução, permanente ou temporária da capacidade para o trabalho (Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991, alterada pelo Decreto nº 611 de 21 de julho de 1992).

A legislação considera ainda diversas condições especiais em que a ocorrência é interpretada como acidente do trabalho. Por exemplo, aqueles que se verificam fora dos limites da empresa, estando o empregado a serviço, os acidentes ditos de trajeto, ou seja, aqueles que se verificam no trajeto da residência/empresa ou vice-versa, e outros casos excepcionais.

Para que seja possível identificar e avaliar os riscos de qualquer atividade, é importante diferenciar os seguintes conceitos:

- *Perigo*: é a propriedade intrínseca de uma instalação, atividade, equipamento, um agente ou outro componente material do trabalho com potencial para provocar danos.
- *Risco*: é a probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interação do componente material do trabalho que apresente perigo.

Outro aspecto de enorme relevância é a relação existente entre segurança e risco. A segurança é uma variável inversamente proporcional ao risco, pois, quanto maior o risco, menor a segurança. Portanto, para aumentar a segurança é necessário diminuir o risco. Assim, a segurança pode também ser definida como o conjunto de ações exercidas com o intuito de reduzir danos e perdas provocados por agentes agressivos. Desta forma, a segurança desdobra-se nas funções auxiliares de controlar riscos e controlar emergências. A primeira visa controlar fatores latentes e a segunda as manifestações dos riscos em fatos reais. Portanto, há duas formas complementares de ação, a preventiva e a corretiva, devendo a primeira ser sempre priorizada.

## 10.4. GESTÃO DOS RISCOS

Apesar das dificuldades de se precisar a avaliação de riscos, de acordo com Melo et al. (2002) o objetivo principal da gestão dos riscos é indicar o conjunto de prioridades de ações, para que se possa tomar as medidas de prevenção de maneira correta e sistemática e assim otimizar os resultados do próprio desenvolvimento tecnológico, a partir da redução dos riscos apresentados pelas atividades surgidas na sociedade moderna. Ainda, de acordo com os autores, a relação custo-benefício para a implementação de um plano de gerenciamento de riscos em uma organização é favorável, pois os gastos não podem ser comparados com os benefícios que acompanham uma maior proteção dos recursos humanos, materiais, financeiros e ambientais.

O primeiro passo é a avaliação de riscos, do original em inglês *risk-assessment*, que é o processo de avaliação de riscos à segurança e à saúde, oriundos dos perigos do trabalho (ILO, 2001). Já o gerenciamento de riscos é a implementação das estratégias de controle e prevenção, que são definidas a partir da avaliação da tecnologia de controle disponível, da análise de custos e dos benefícios, da aceitabilidade dos riscos e dos fatores sociais e políticos envolvidos (FREITAS, 1996).

De acordo com o autor, a avaliação de riscos permite a comparação de fatos e dados, mas ela em si não decide. O gerenciamento de riscos, por outro lado, contempla imensa gama de ações: mudanças no processo de produção ou implementação de equipamentos de segurança; formas e valores de compensações para vítimas e o meio ambiente afetado; legislações e intervenções governamentais, entre outras.

A identificação de perigos e avaliação de riscos é essencial para garantir a segurança das empresas e de todos os seus colaboradores. Pois a avaliação dos riscos consiste na análise das situações indesejadas que são potencialmente danosas para a saúde, e segurança dos trabalhadores no seu local de trabalho decorrentes das circunstâncias em que o perigo ocorre no trabalho.

A avaliação de riscos tem, assim, por objetivo a implementação eficaz de medidas necessárias para proteger a segurança e a saúde dos trabalhadores. Estas medidas podem ser na ordem da prevenção de riscos profissionais, da informação e formação adequada dos trabalhadores e facultar aos trabalhadores a organização e criação de meios para aplicar tais medidas necessárias (BATALHA, 2012).

Os locais de trabalho, bem como a natureza da atividade desenvolvida e demais características, como, perfil da organização, relações interpessoais, manipulação ou exposição a agentes físicos, químicos, biológicos, situações de deficiência ergonômica ou riscos de acidentes, podem comprometer a saúde do trabalhador em curto, médio e longo prazo, provocando lesões imediatas, doenças ou a morte, além de prejuízos de ordem legal e patrimonial para a empresa. É importante salientar que a presença de produtos ou agentes nocivos nos locais de trabalho não quer dizer que, obrigatoriamente, existe perigo para a saúde. Isso vai depender da combinação ou inter-relação de diversos fatores,

como a concentração e a forma do contaminante no ambiente de trabalho, o nível de toxicidade e o tempo de exposição da pessoa. Desta forma, em qualquer tipo de atividade laboral, torna-se imprescindível a necessidade de investigar o ambiente de trabalho para conhecer os riscos a que estão expostos os trabalhadores (Brasil, 2005).

De acordo com Mazzeu et al. (2007), os riscos presentes no ambiente de trabalho podem ser assim classificados:

- *Risco de Acidente*: qualquer fator que coloque o trabalhador em situação vulnerável e possa afetar sua integridade e seu bem-estar físico e psíquico. São exemplos de risco de acidente: as máquinas e equipamentos sem proteção, probabilidade de incêndio e explosão, arranjo físico inadequado, armazenamento inadequado etc.
- *Risco Ergonômico*: qualquer fator que possa interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando desconforto ou afetando sua saúde. São exemplos de risco ergonômico: levantamento de peso, ritmo de trabalho excessivo, monotonia, repetitividade, postura inadequada etc.
- *Risco Físico*: consideram-se agentes de risco físico as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, calor, frio, pressão, umidade, radiações ionizantes e não-ionizantes, vibração etc.
- *Risco Químico*: consideram-se agentes de risco químico as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo do trabalhador pela via respiratória, na forma de poeiras, fumos, gases, neblinas, névoas ou vapores, ou que sejam, pela natureza da atividade, de exposição, possam ter contato com o organismo ou ser absorvidos por ele através da pele ou por ingestão.
- *Risco Biológico*: São considerados riscos biológicos: vírus, bactérias, protozoários, fungos, parasitas e bacilos. Os riscos biológicos ocorrem por meio de microorganismos que, em contato com o homem, podem provocar inúmeras doenças.

Basicamente, existem três formas de se trabalhar a gestão dos riscos ocupacionais, qualquer que seja o tamanho ou o grau de risco de uma organização:

- *Controles de Engenharia*: desenvolvimento de processos mais seguros; isolamento dos riscos; sistemas de ventilação e, ou, de exaustão; proteção dos pontos de operação e dos mecanismos de transmissão de forças; equipamentos de proteção coletiva; e desenhos ergonômicos de máquinas, ferramentas, equipamentos e postos de trabalho.
- *Controles Administrativos*: supervisão; rotação de pessoal; pausas para descansos periódicos; diminuição do tempo de exposição; treinamento e capacitação; sinalização de segurança, dentre outras.
- *Equipamentos de Proteção Individual*: capacetes; luvas; óculos; calçados de segurança; protetores auriculares, dentre outros.

As medidas de controles de engenharia referem-se à prevenção da exposição dos trabalhadores através do desenvolvimento de métodos alternativos e do uso da tecnologia, sendo particularmente relevantes na prevenção de acidentes e na gestão dos riscos ocupacionais. Tais medidas, em sua grande maioria, visam eliminar, ou isolar, o risco em sua fonte, tornando o desenvolvimento dos trabalhos completamente seguro. Essa é uma importante área de atuação para os profissionais da Engenharia de Produção.

Considera-se que as exposições podem ser prevenidas se existe uma alternativa que possa eliminar a característica de insegurança ou o agente de risco. As principais características para o dispositivo ideal devem incluir os aspectos de segurança na sua utilização pelo profissional, a facilidade no seu manuseio, a facilidade para treinamento e o baixo custo de aquisição ou de adequação.

O objetivo principal da prevenção primária deve ser a modificação das situações de risco, através de projetos adequados e técnicas objetivas de engenharia. As possibilidades de erro humano devem ser eliminadas (o que é difícil) ou minimizadas. Apesar disso, é importante lembrar que o processo de trabalho não se resume ao ambiente físico mas envolve pessoas, trabalhadores, supervisores, gerentes, entre outros, e que sua atitude e atuação influem diretamente em qualquer tipo de prevenção. Quanto mais cedo for eliminado o risco melhor, portanto a hierarquia dos controles deve ser:

- Controle do risco na fonte;
- Controle do risco na trajetória (entre a fonte e o receptor);
- Controle no receptor (trabalhador).

Medidas que de alguma maneira evitam ou modificam a situação de risco na fonte devem ser consideradas em prioridade. São medidas que eliminam ou reduzem a utilização, ou a formação de agentes prejudiciais para a saúde, por exemplo, substituição de materiais ou equipamentos e modificações em processos. Muitas condições de risco podem ser eliminadas ou reduzidas, se existirem outras maneiras de alcançar os mesmos resultados ou obter produtos com a mesma utilidade.

Apesar do foco ser a substituição, existem alguns grupos principais de medidas de prevenção e controle que, por sua vez, devem ser integradas em programas completos de proteção da saúde do trabalhador e do meio ambiente (Quadro 10.1)

Quadro 10.1. Medidas de proteção e controle na gestão dos riscos ocupacionais

<b>Medidas preventivas relativas ao ambiente de trabalho (de engenharia)</b>	
Controle na fonte	Substituição de materiais e produtos químicos Substituição/modificação de processos e equipamentos Métodos úmidos para eliminação de poeiras Manutenção de processos e equipamentos
Controle da propagação do agente	Ventilação industrial (local exaustora, geral) Isolamento (enclausuramento, cabines, distância)
Outras medidas relativas ao ambiente de trabalho	Layout e organização do trabalho Limpeza Armazenamento e rotulagem adequados Sinais e avisos; áreas restritas Vigilância ambiental; monitorização e sistemas de alarme

Algumas das perguntas úteis ao planejar uma estratégia de controle incluem:

- Quais são os riscos potenciais, suas fontes e sua localização?
- Pode a presença do risco ou a possibilidade de sua liberação ser evitada?
- Há uma maneira menos perigosa de executar uma certa operação (diferentes materiais, equipamentos ou práticas de trabalho)?

- É possível organizar o trabalho de tal maneira que o contato do agente de risco com o ar ou com o trabalhador seja menos frequente, durante menos tempo, ou a fonte de risco seja movimentada através uma distância mais curta?
- É possível minimizar a duração da exposição (por exemplo, práticas de trabalho adequadas)?

As medidas de prevenção e controle devem ser integradas em programas bem planejados, bem gerenciados e que sejam sustentáveis ao longo do tempo. A implementação de programas para proteção da saúde dos trabalhadores requer envolvimento e cooperação de governos, dirigentes de empresas, trabalhadores, engenheiros de produção e projetistas de processos de trabalho, máquinas e equipamentos, e de profissionais de saúde e segurança no trabalho, incluindo higienistas ocupacionais, médicos e enfermeiros do trabalho, ergonomistas, engenheiros de segurança, psicólogos do trabalho.

Além de todos os fatores já citados, não se pode esquecer da importância da prevenção dos impactos ambientais.

## 10.5. AVALIAÇÃO E GERENCIAMENTO DE RISCOS OCUPACIONAIS

A necessidade de desenvolvimento de métodos de controle e gestão dos riscos tem se colocado como um fator de melhoria da competitividade e permanência das empresas em seus setores de atuação. A preocupação crescente com os aspectos de segurança do trabalho e o crescente enquadramento legal dos aspectos relevantes em termos de segurança tem reforçado a consciência por parte das empresas da necessidade de implementarem sistemas de gestão de segurança robustos que as ajudem a cumprir com tais exigências.

A melhoria contínua nos sistemas de gestão de riscos nas organizações está associada à investigação de desvios e suas causas mais importantes, culminando em uma ou mais ações corretivas, e como consequência, em um processo de aprendizagem organizacional. Assim, a melhoria contínua é um processo que garante um diferencial compe-

titivo e, deste modo, se torna fundamental como impulsionador deste diferencial, uma vez que tem em sua estrutura ações de investigação da causa dos possíveis desvios (PALADINI et al., 2005).

Nas décadas de 1960 e 1970 surgiram várias técnicas e procedimentos para assegurar a confiabilidade dos processos e da segurança de sistemas. A partir do desenvolvimento e da aplicação destas técnicas e métodos, surgiram nos processos de gerenciamento de riscos, os princípios sistêmicos e de gestão, tais como o estabelecimento de procedimentos de integração de processos, de planejamento, de implementação, de avaliação e de controle de riscos com vistas à prevenção de danos. Neste período foi desenvolvido o conceito de árvore de falhas, o método do gerenciamento por controle total de perdas e o método da segurança de sistemas, a partir dos quais se estende o enfoque sistêmico, com princípios de gestão como o ciclo PDCA e a revisão do processo para o tratamento das questões relacionadas à saúde e segurança no trabalho (USP, 2011).

No Brasil, estes métodos, técnicas e princípios começam a ser aplicados a partir da década de 1980 pela preconização de programas de prevenção exigidos na publicação das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho. Foram criados então, o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), o Programa de Controle Médico em Saúde Ocupacional (PCMSO), o Programa de Prevenção Ocupacional ao Benzeno (PPEOB), o Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho da Construção (PCMAT), o Programa de Conservação Auditiva (PCA) e o Programa de Proteção Respiratória (PPR).

Dentre estes, o PPRA visa à preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores. Este objetivo é atingido através da antecipação, reconhecimento, avaliação e, por conseguinte, controle da ocorrência de riscos ambientais existentes, ou que venham a existir no ambiente de trabalho, levando em consideração até a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. Ou seja, o PPRA é um programa que visa, através da antecipação dos riscos, buscar meios de evitar acidentes de trabalho e doenças ocupacionais.

O desenvolvimento e a implementação do PPRA trazem à tona a possibilidade de mudança do comportamento das organizações, que

passaram a optar por ações preventivas, no lugar de agir somente em situações de emergência (corretivas). É um programa de avaliação e gerenciamento de riscos fundamentado em princípios de gestão e, para desenvolvê-lo é necessário compreender esses processos.

Várias são as definições acerca dos processos de avaliação e gerenciamento de riscos ocupacionais. Resumindo, é possível afirmar que se trata de um processo que envolve as seguintes etapas:

- Identificação dos perigos.
- Estimativa de riscos para cada perigo, possibilidade de ocorrência e severidade dos danos.
- Classificação dos riscos (decisão se o risco é tolerável).
- Implementação de medidas para controle dos riscos.

O programa de gerenciamento de riscos tem como objetivo o desenvolvimento de ações que buscam preservar a vida e evitar danos físicos e psíquicos aos trabalhadores. Além disso, visa a necessidade de se manter sob controle todos os agentes ambientais, com monitoramentos periódicos, levando-se em consideração a proteção do meio ambiente de trabalho e dos recursos naturais. Somente através da antecipação, identificação dos fatores de risco, avaliação e consequente controle dos riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, as empresas poderão estabelecer critérios de pré-seleção de quais riscos ou de quais medidas de controle serão mais adequados e prioritários para sua realidade.

O gerenciamento de riscos relacionado à segurança do trabalho é definido como o processo de tomada de decisão, no qual uma ação é tomada ou uma política é desenvolvida uma vez em que é admitida a existência de um risco. O importante deste conceito é o destaque de que as bases desta decisão integram os aspectos técnicos, políticos, sociais e econômicos e o estabelecimento de prioridades de ações (USP, 2011).

A análise e avaliação de risco é um exercício orientado para a quantificação da perda máxima provável que dele possa decorrer, ou seja, da quantificação da probabilidade de ocorrência desse risco e de suas consequências e/ou gravidades. Várias são as ferramentas de amplo conhecimento dos Engenheiros de Produção para identificação, análise,

avaliação e classificação dos riscos, de maneira que se possa chegar ao tratamento ideal para cada um deles. Podem ser citadas as seguintes técnicas, dentre outras:

- *Análise histórica*: tem como objetivo a coleta e reunião de sistemática de informações históricas, relativas à ocorrência de acidentes (ou quase acidentes) na instalação sob análise ou em instalações semelhantes. Busca a obtenção de melhor conhecimento quanto às causas, efeitos e forma de ocorrência dos eventos acidentais mais típicos. Permite uma estimativa preliminar da frequência e da severidade de ocorrência dos eventos acidentais.
- *Metodologia árvore das causas*: a árvore de causas é um método de análise baseado na teoria de sistemas utilizado para a análise de acidentes por se tratar de um evento que pode resultar de situações complexas e que, quase sempre, tem várias causas. Se for bem aplicada, deve apontar todas as falhas que antecederam ao evento final (lesão ou não). O conceito básico aplicado é o de variação ou desvio, que pode ser entendido como uma “fuga” dos padrões e que tem relação direta com o acidente.
- *Diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa)*: é uma das ferramentas da qualidade utilizadas para o gerenciamento do controle de qualidade, também amplamente utilizada na gestão de riscos ocupacionais, atua como um guia para a identificação da causa fundamental de um efeito que ocorre em um determinado processo. Sua composição leva em consideração de que as causas dos problemas podem ser classificadas em seis tipos diferentes de causas principais que afetam os processos (método, máquina, medida, meio ambiente, mão de obra, material).
- *Técnica de incidentes críticos (TIC)*: é um método para identificar erros e condições inseguras que contribuem para a ocorrência de acidentes com lesões reais e potenciais, onde se utiliza uma amostra aleatória estratificada de observadores-participantes, selecionados dentro de uma população. A TIC possui grande potencial, principalmente naquelas situações em que se deseja identificar perigos sem a utilização de técnicas mais sofisticadas e ainda, quando o tempo é restrito. A técnica tem como objetivo a detecção de incidentes críticos e o tratamento dos riscos que os mesmos representam.

- *Análise preliminar de riscos (APR)*: consiste no estudo, durante a fase de concepção ou desenvolvimento prematuro de um novo sistema, com o fim de se determinar os riscos que poderão estar presentes na sua fase operacional. A APR é, portanto, uma análise inicial “qualitativa”, desenvolvida na fase de projeto e desenvolvimento de qualquer processo, produto ou sistema, possuindo especial importância na investigação de sistemas novos de alta inovação e/ou pouco conhecidos, ou seja, quando a experiência em riscos na sua operação é carente ou deficiente. Apesar das características básicas de análise inicial, é muito útil como ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais, revelando aspectos que às vezes passam despercebidos.
- *Análise de operabilidade de perigos (HAZOP)*: é uma técnica de análise qualitativa desenvolvida com o intuito de examinar as linhas de processo, identificando perigos e prevenindo problemas. Porém, atualmente, a metodologia é aplicada também para equipamentos do processo e até para sistemas. O método HAZOP é principalmente indicado quando da implantação de novos processos na fase de projeto ou nas modificações de processos já existentes.
- *Ciclo de Deming (PDCA)*: é um método amplamente aplicado para o controle eficaz e confiável das atividades de uma organização, principalmente aquelas relacionadas às melhorias, possibilitando a padronização nas informações do controle de qualidade e a menor probabilidade de erros nas análises ao tornar as informações mais entendíveis. O PDCA parte do princípio que, dentro de um projeto, a ação de planejar tem um caráter cíclico na maioria das vezes e não acontece apenas no período que antecede a execução. O planejamento precisa ser analisado e adaptado ao longo da execução, pois raramente a ação acontece exatamente como foi planejada. Quanto mais vezes o ciclo “rodar”, ou seja, a sequência de ações PDCA for repetida, mais perto se aproxima da chamada melhoria contínua e mais aperfeiçoado se torna o processo de planejamento.
- *Análise de modos de falhas e efeitos (AMFE)*: é uma análise detalhada, podendo ser qualitativa ou quantitativa, que permite analisar as maneiras pelas quais um equipamento ou sistema pode falhar e os

efeitos que poderão advir, estimando ainda as taxas de falha e propiciado o estabelecimento de mudanças e alternativas que possibilitem uma diminuição das probabilidades de falha, aumentando a confiabilidade do sistema.

- *Análise de árvore de falhas (AAF)*: é um método excelente para o estudo dos fatores que poderiam causar um evento indesejável (falha) e encontra sua melhor aplicação no estudo de situações complexas. Ela determina as frequências de eventos indesejáveis (topo) a partir da combinação lógica das falhas dos diversos componentes do sistema. O principal conceito na AAF é a transformação de um sistema físico em um diagrama lógico estruturado (a árvore de falhas), onde são especificadas as causas que levam à ocorrência de um específico evento indesejado de interesse.

## 10.6. CONCLUSÕES

O profissional da Engenharia de Produção tem plenas condições de atuar aplicando seus conhecimentos no âmbito da Engenharia de Segurança do Trabalho. Aspectos como a organização do trabalho, as ferramentas de gestão de processos, o planejamento e controle da produção, dentre outras áreas do conhecimento, são extremamente úteis para o melhor entendimento e o aprimoramento dos sistemas de gestão da saúde e segurança ocupacional nas empresas, qualquer que seja o ramo de atividade, contribuindo enormemente para a redução de acidentes do trabalho, melhoria do bem estar do trabalhador, ganhos de produtividade e redução de perdas e custos de produção.

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- BATALHA, A. *Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos*. 2012. 53 f. Dissertação (Curso Técnico Superior em Segurança e Higiene do Trabalho) – Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Setúbal, Portugal, 2012.
- BUREAU INTERNATIONAL DO TRABALHO. *A sua saúde e segurança no trabalho: Introdução à saúde e segurança no trabalho*. Brasília: GEP/MTSS, 2009, 25 p.

- BRASIL, L. A. D. (Org.). *Dicas de Prevenção de Acidentes e Doenças no Trabalho*: Série SESI – SEBRAE Saúde e Segurança no Trabalho: Micro e Pequenas Empresas. Brasília: SESI-DN, 2005, 68 p.
- CHAGAS, A .M.R.; SALIM, C. A.; SERVO, L. M. S. (Org.). *Saúde e segurança no trabalho no Brasil: aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores*. Brasília: IPEA, 2011, 396 p.
- FREITAS, C. M. *Acidentes Químicos Ampliados: Incorporando a Dimensão Social nas Análises de Riscos*. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde de Pública, Fundação Oswaldo Cruz. 1996, 231 p.
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. *Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems*. ILO Meeting of Experts on Guidelines Occupational Safety and Health Management Systems MEOSH 2001/2. Geneva: ILO, 2001.
- MAZZEU, F. J .C.; DEMARCO, D .J.; KALIL, L. (Coord.). *Segurança e saúde no trabalho*. Brasília: Ministério da Educação/SECAD, 2007, 64 p.
- MELO, C .H.; GUEIROS JUNIOR, J. M. S.; MORGADO, C. R. V. *Avaliação de riscos para priorização do plano de segurança*. Rio de Janeiro: UFF/LAC-TEC – Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2002.
- PALADINI, E. P.; BOUER, G.; FERREIRA, J. J. A.; CARVALHO, M. M.; MIGUEL, P. A. C.; SAMOHYL, R. W.; ROTONDARO, R. G. *Gestão da qualidade: teoria e casos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, 355 p.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. *Gerência de Educação Profissional. Técnico em Segurança do Trabalho*; documento referência, educação profissional. Rio de Janeiro: SENAI, 2008, 67p.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA POLITÉCNICA. *Higiene do trabalho – parte C*. São Paulo: USP, 201, 333 p.



# 11. Ergonomia

---

**Luciano José Minette**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Amaury Paulo de Souza**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Anna Carolina Minetti Camarinha**

Pontifícia Universidade Católica (PUC- RJ)

**Stanley Schettino**

Engenheiro de Segurança do Trabalho

## 11.1. CONTEXTO

A ergonomia visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. A ergonomia tem contribuído significativamente para melhoria das condições de trabalho humano.

No setor produtivo, esta contribuição tem sido mais evidente. Os sistemas produtivos que utilizam o ser humano apresentam custos altos e vários problemas de segurança, saúde, conforto e bem-estar dos trabalhadores.

Na Engenharia de Produção há uma área que se ocupa com o projeto, aperfeiçoamento, implantação e avaliação de tarefas, sistemas de trabalho, produtos, ambientes e sistemas. O intuito é fazê-los compatíveis com as necessidades, habilidades e capacidades dos trabalhadores, visando a melhor qualidade e produtividade e ao mesmo tempo preservando a saúde e integridade física. Esta área trata da tecnologia da interface máquina – ambiente – homem – organização, sendo seus conhecimentos usados na compreensão das interações entre os humanos e outros elementos de um sistema.

Para atingir esses objetivos, deve-se procurar adequar o trabalho às características físicas e psicossociais do ser humano, buscando conhecer o perfil do trabalhador e reduzir os esforços, a fadiga, os erros, o desconforto, os riscos de acidentes, os índices de absenteísmo e o custo de produção.

Ao executar um trabalho, dependendo da sua duração e do grau de alguns fatores, tais quais, o esforço físico exigido, condições individuais, condicionamento decorrente da prática de exercícios ou a atividade e o estado nutricional, o trabalhador pode apresentar sintomas de fadiga. Para conhecer a capacidade de trabalho físico do ser humano e evitar o surgimento da fadiga, a ergonomia recorre aos estudos psicofisiológicos.

A capacidade de trabalho depende do estado nutricional das pessoas. A alimentação adequada fornece os nutrientes necessários para a produção de energia consumida pelo organismo. Quando a quantidade de energia não é suprida adequadamente, o trabalhador apresentará uma redução de peso, tornando o organismo enfraquecido e mais suscetível a doenças, o que pode ser agravado pelas condições ambientais do trabalho.

O clima, o ruído a vibração e a iluminação são fatores do ambiente de trabalho os quais podem afetar o conforto, a segurança, a saúde e a produtividade do trabalhador. Além dos fatores do ambiente de trabalho, para que o chamado “sistema ser humano-máquina” tenha um desempenho adequado, seguro e eficiente, é necessário que a máquina, o equipamento e a ferramenta sejam projetados de acordo com as medidas antropométricas do trabalhador.

Para aplicação dos princípios da ergonomia, o conhecimento do sistema ser humano-máquina é de fundamental importância. Quando uma pessoa está operando uma máquina, deve receber certas informações desta e transformá-las em ações de comando. Deste modo, o ser humano e a máquina formam um todo chamado homem-máquina.

O ser humano é altamente adaptável às exigências que lhe são impostas e capaz de, rapidamente, ajustar-se a essas situações. Assim, é capaz de manobrar máquinas mal concebidas e de suportar, durante o trabalho, posições incômodas e inadequadas, contudo, em tais condições, nunca alcança sua máxima produtividade e a sua saúde pode ser severamente prejudicada. Portanto, uma das metas principais da ergonomia é a preservação da integridade física, mental, social no desempenho e na saúde do trabalhador.

## 11.2. SISTEMA SER HUMANO MÁQUINA

Nos primeiros tempos da civilização industrial as máquinas nada mais eram que simples continuação dos músculos do homem: ferramentas, instrumentos de construção, veículos, catapultas e outros artefatos similares. Havia determinados instrumentos como o microscópio e o telescópio, projetados para ampliar o raio de ação dos sentidos do homem.

Entretanto, a mais importante função das primeiras máquinas foi a de ampliar o poder muscular do homem. Mais tarde diversas máquinas foram reunidas umas às outras e, às vezes, ligadas entre si, numa variedade de formas, que produziu os primeiros sistemas de larga escala.

No Sistema Homem-máquina pelo menos, um dos componentes é um ser humano que atua ou intervém na operação dos componentes mecânicos do sistema a cada momento. Planejados para funcionarem juntos e com algum objetivo comum entre si, e que evoluem no tempo.

Um sistema é composto dos seguintes elementos segundo IIDA (1990), as Fronteiras, o Subsistema, as Entradas, a Saída e o Processamento. As Fronteiras são os limites que podem tanto ter uma existência física, como pode ser uma delimitação imaginária. O Subsistema são os elementos que compõem o sistema.

As Entradas - “inputs” representam os insumos ou variáveis independentes do sistema. Quanto à Saída (*outputs*), representa os produtos ou variáveis dependentes do sistema. Por último, o processamento envolve as atividades desenvolvidas pelos subsistemas que interagem entre si para converter as entradas em saídas.

A tecnologia moderna considera que a máquina pode substituir indiscriminadamente os seres humanos, sendo essa, muitas vezes anti-produtiva, além de poder provocar o aparecimento de diversos problemas, se não forem tomados os devidos cuidados. Porém, nem sempre os industriais, os construtores e os projetistas de máquinas têm consciência do que se passa com os operadores, que são as maiores vítimas de tal negligência e falta de cuidado.

Ao observar o funcionamento de um sistema operador máquina, percebe-se que o ser humano, para agir, precisa das informações que

são fornecidas pela própria máquina. Além destas, precisa-se de boas condições de trabalho, do ambiente e de informações sobre o trabalho.

Essas informações chegam através dos órgãos sensoriais, principalmente a visão, audição e senso cenestésico, que são os movimentos das juntas do corpo, e são processadas no sistema nervoso central (cérebro e medula espinhal) gerando uma decisão. Esta se converte em movimento musculares que agem sobre a máquina por meio dos dispositivos de controle, que são caracterizados por percepção, seleção, ação e performance IIDA (1990).

O posto de trabalho é um dos elementos que compõem um determinado sistema produtivo. A maneira pela qual uma tarefa é atribuída a um operador e o modo com que este executa dependem de outros elementos, executados antes ou depois. Assim um sistema pode ser considerado como uma divisão de tarefas entre operadores, instrumentos e máquinas.

O sistema pode, entre os diferentes elementos que o compõem, ser analisado, segundo Laville (1976), em termos de troca de informações e de respostas. Em que sua importância, sua frequência, sua cronologia e as ações daí decorrentes podem interferir na quantidade produzida, qualidade, melhoria das condições de trabalho, segurança ou diminuição das cargas de trabalho.

O funcionamento de um sistema produtivo pode ser comparado ao funcionamento de um organismo vivo. Onde o estado do sistema muda continuamente e, para assegurar determinada estabilidade na produção, são necessários inúmeros mecanismo de regulação, com a finalidade de atenuar e evitar as disfunções, causas da variação de produção e acidentes.

### 11.3. ANTROPOMETRIA

Antropometria é o campo da antropologia física que estuda as dimensões do corpo humano. Este estudo baseia-se na tomada de medidas tais como: dimensões, movimentos e comprimentos dos membros do corpo (MORAES, 1983). Na ergonomia são encontrados dois tipos de dimensões antropométricas: estáticas e dinâmicas. As dimensões es-

táticas estão relacionadas com as medidas físicas do corpo parado, enquanto que as dinâmicas estão relacionadas com as medidas do corpo em movimento ou trabalho.

Para aplicar corretamente os dados é importante avaliar os fatores que influenciam os dados antropométricos (raça, etnia, dieta, saúde, atividade física, postura, posição do corpo, vestuário, hora do dia etc.) IIDA (1990). As medidas antropométricas de um operador servem para adequar os meios de produção, quando se utiliza a máquina, equipamento ou qualquer outra ferramenta ou instrumento.

Quando essas máquinas, equipamentos ou ferramentas se adaptam adequadamente ao organismo, sob o ponto de vista dimensional, os erros, acidentes, desconforto e a fadiga podem diminuir sensivelmente. As dimensões dos segmentos corporais variam de indivíduo para indivíduo, como também no mesmo organismo ao longo de sua vida. Não existe nenhum indivíduo cujas dimensões são totalmente harmoniosas, isto é, todas elas são componentes médios.

O levantamento de dados antropométricos mostra a variabilidade das dimensões de uma população. Frequentemente não se pode levar em conta as medidas que se referem a uma população de outra região, nível socioeconômico, idade e sexo.

Segundo, Siqueira (1976), não se pode aplicar diretamente os resultados de estudos antropométricos de outros países no desenvolvimento de projetos para o ser humano nacional. Tendo em vista que desta forma se proporciona ambientes de trabalho inadequados com maior índice de fadiga e, em decorrência, uma maior possibilidade de acidentes. Estudos como este mostram a necessidade de se levar sempre em consideração as características particulares da região estudada.

A ergonomia é uma importante ferramenta de trabalho para os profissionais das áreas projetuais. Pois esta fornece os subsídios para que sejam realizados projetos de maneira a encontrar respostas precisas e eficazes às questões específicas a cada situação.

Projetos desenvolvidos com base na antropometria, não somente estimulam o operador pelo conforto na atividade que está sendo desenvolvida, como também melhoram seu rendimento, diminuindo sua sobrecarga física (MORAES, 1983).

A capacidade do ser humano para controlar os próprios movimentos das peças transferidas para os movimentos das máquinas, não são simples extensões dos membros. Tal capacidade, envolve rodas, botões, chaves, alavancas, ou manivelas, assim sendo elas podem ser projetadas obedecendo ao “design”, à capacidade do operador e outras limitações para que o sistema inteiro possa operar com eficiência máxima.

Medidas antropométricas são dados de bases essenciais para concepção de um posto que satisfaça ergonomicamente os trabalhadores, pois só a partir das dimensões dos indivíduos é que se pode definir de forma racional o dimensionamento adequado tanto da máquina de trabalho como da atividade envolvida visando basicamente segurança, eficiência e conforto ao trabalhador.

A antropometria aplicada à ergonomia implica a utilização destes métodos com o objetivo de propor recomendações dimensionais durante a projeção, desenvolver padrões e normas para bens de consumo e de capital e testar e avaliar protótipos de produtos, equipamentos e estações de trabalho.

## 11.4. BIOMECÂNICA OCUPACIONAL

O objetivo da biomecânica ocupacional é analisar as interações associadas ao ser humano e o trabalho. Além disso, estuda-se as possíveis consequências dos movimentos do sistema musculoesquelético, estudando as posturas e as forças aplicadas (IIDA, 1990).

A postura é a organização dos segmentos do corpo humano no espaço. A permanência do corpo em uma determinada posição, proporcionando-o uma atitude de conjunto, expressa a atividade postural, que retrata como o organismo enfrenta e reage aos estímulos externos (GONTIJO et al., 1995).

A postura submete-se às características anatômicas e fisiológicas do corpo humano e possui um estreito relacionamento com a atividade do indivíduo. Ressalta-se que a mesma pessoa adota diferentes posturas, nas mais variadas atividades que realiza (MERINO, 1996).

A capacidade de adaptação às condições que lhe são impostas, e consequentemente às situações, constitui uma importante característica

do ser humano. Logo, durante a jornada de trabalho, o trabalhador é capacitado para assumir posições incômodas, operar máquinas ou ferramentas que são ergonomicamente mal projetadas.

Porém, não aconselha-se que a atividades sejam realizadas sob essas condições. Como já visto, as consequências são as perdas na produtividade, por conseguinte aumento nos custos, e o trabalhador pode ter sua saúde seriamente prejudicada (MINETTE, 1996).

Quando um trabalho é realizado utilizando “posturas neutras”, que, segundo Dul e Weerdmeester (1995), compreendem posições que afetem o mínimo possível as articulações e outras partes do sistema musculoesquelético, ou seja, que os estiquem na menor quantidade possível, diz-se que ele atende os objetivos da ergonomia. Porém, caso não se consiga executar um trabalho com essa característica deve-se procurar aproximar a estas posturas, já que os músculos proporcionam a maior carga de forças quando estão nessa situação.

Segundo Couto (1995), o corpo humano, para o trabalho, é pouco capaz de realizar força física. Isto devido à sua estrutura osteomuscular que pode realizar movimentos de grande velocidade e amplitude, entretanto frente a pequenas resistências.

Em movimentos que exijam o levantamento ou transporte de uma carga, constantemente aparece nas articulações uma alavanca, que é um sistema mecânico formado pela interação de um segmento rígido que gira sobre um pivô, sujeito a uma força ou potência aplicada contra uma resistência. No corpo humano o segmento rígido está associado ao osso, enquanto o ponto de apoio ou pivô refere-se à articulação, a força ou potência aos músculos e a resistência é o peso do segmento corpóreo adicionado dos objetos manuseados (RIO e PIRES, 2001).

Ao se estudar a biomecânica, os conceitos e leis da física são estendidos ao corpo humano. Por conseguinte, torna-se possível estimar as tensões presentes nos músculos e articulações durante uma postura ou um movimento. A análise ergonômica utiliza uma base mecânica que subdivide o corpo humano em seis grandes alavancas, as quais são antebraços, braços, troncos, coxas, pernas e pés. Os pivôs dessas alavancas são as principais articulações do corpo humano, ou seja, cotovelos, ombros, coxofemorais, joelhos e tornozelos (REBELATTO et al., 1989).

## 11.5. CARGA DE TRABALHO FÍSICO

A ergonomia é definida como a ciência da organização do trabalho que tem como base a biologia humana: anatomia, antropometria, psicologia e fisiologia.

Os especialistas consideram o trabalho em fisiologia como sendo a transformação da energia química dos alimentos em outras formas de energia. Essa energia é utilizada pelo organismo de várias maneiras, principalmente para a manutenção da temperatura corporal.

O trabalho humano, quando comparado com outras fontes alternativas de trabalho, é de rendimento muito baixo, em torno de apenas de 10%, podendo, no máximo, chegar aos 30%. O ser humano se assemelha muito mais a uma “ferramenta universal”, com pequena capacidade de realizar grandes potências, mas com grande capacidade de diversidade de trabalho.

Por isso, não é relevante o trabalho mecânico realizado pelo ser humano, mas a energia gasta para a execução desse trabalho. Porém, além do seu baixo rendimento, o ser humano usa, ainda, combustível muito caro, que é a energia química dos alimentos.

É por isso que sempre se buscam formas de reduzir as forças para a execução do trabalho, evitando esforços e fadiga, com a aplicação de métodos racionais sobre dispêndio de energia para o desempenho do trabalho, visando um desempenho do trabalhador menos fatigante.

O trabalho fisicamente pesado tende a diminuir com o progresso industrial, nos países em evolução. No Japão, 95% das pessoas desenvolvem trabalho especializado e somente 5% trabalho fisicamente pesado. Nos Estados Unidos da América, 55% desenvolvem trabalho físico pesado e 45% fazem trabalho especializado. No Brasil isto não acontece, a realidade mostra que o trabalho fisicamente pesado, propriamente dito, envolve 82% das pessoas e apenas 18% desenvolvem trabalho especializado (COUTO, 1994). Portanto, é indispensável ajustar a exigência do dispêndio energético com a capacidade da máquina humana.

A capacidade aeróbica foi definida por Duarte (1982) como sendo a capacidade que um indivíduo tem de realizar uma atividade física, com duração superior a 4 minutos, para a qual a energia requerida provém

primordialmente do metabolismo oxidativo dos nutrientes. A capacidade aeróbica é utilizada como padrão internacional de referência para estudar a aptidão física das mais diversas populações (COUTO, 1987).

A aptidão física é condicionada, segundo Astrand e Rodahl (1977), pelos seguintes fatores, processos geradores de energia (aeróbico e anaeróbico); força neuromuscular (força térmica); e fatores psicológicos (motivação tática). Desses fatores, a capacidade aeróbica, segundo Couto (1987), é o nível máximo de metabolismo ou trabalho que o indivíduo é capaz de executar em condições aeróbicas.

Para cada tipo de atividade, segundo Couto (1987) e Souza (1991), deve-se intercalar, convenientemente, trabalho e repouso, com a finalidade de proporcionar ao trabalhador melhor utilização de sua capacidade, sem demasiada solicitação física. A adequada dosagem dos valores de tempo desses períodos pode aumentar significativamente a produtividade do operador, sem sobrecarga física.

Do ponto de vista do ser humano, com relação às atividades realizadas, o nível de carga de trabalho varia numa grande amplitude, desde o leve até os níveis extremos, os quais podem ser excessivamente pesados. Assim, de acordo com os princípios ergonômicos, a aplicação de métodos fisiológicos ajuda a estabelecer a carga de trabalho dentro dos limites que podem ser mantidos numa jornada de oito horas de trabalho (APUD, 1994).

A capacidade aeróbica depende da herança genética do trabalhador, do hábito de praticar atividades físicas e do grau de nutrição na infância e ao longo da vida. Um dos objetivos da ergonomia é aumentar a eficiência no trabalho humano, fornecendo dados para que este trabalho possa ser dimensionado de acordo com a real capacidade física do organismo.

Toda atividade física, segundo Verdussen (1978), ocasiona fadiga, como consequência dos processos fisiológicos ocorridos no desempenho de um esforço. Esses processos são a queima dos elementos energéticos, que levam a um aceleração do ritmo, de forma a compensar, pelo afluxo mais rápido de sangue aos pulmões, a maior taxa de oxigênio consumido.

Por outro lado, o glicogênio nos músculos é quebrado à glicose, a qual é, em seguida, convertida em ácido láctico, substância que inibe

a atividade muscular. Continuando o esforço, sobrevêm dormências e câibras, fazendo com que o trabalho seja interrompido.

Naturalmente, o instante do aparecimento desses sintomas de fadiga depende do esforço desenvolvido, da duração do trabalho e das condições pessoais. Como por exemplo, o estado de saúde, alimentação e condicionamento decorrente do hábito da atividade.

Os efeitos da fadiga são decorrentes de um dispêndio energético acima daquele suportado pelo ser humano, sendo esses efeitos variados. À medida que aumenta a fadiga, reduzem-se o ritmo de trabalho, a atenção e a rapidez de raciocínio, tornando o organismo menos produtivo e mais sujeito a erros e acidentes.

Para saber se um determinado trabalhador tem condição de executar uma atividade laborativa durante uma jornada completa de trabalho, deve-se comparar o dispêndio energético da atividade com a capacidade aeróbica média dos trabalhadores (COUTO, 1987).

As chamadas leis de energia despendida, enunciadas por Marie (1965), orientam no sentido de redução do dispêndio de energia e, conseqüentemente, da fadiga:

- A energia despendida num trabalho físico é função do esforço de contração dos músculos, do grau de encolhimento e do tempo de aplicação.
- O dispêndio de energia para produzir um trabalho diminui à medida que a velocidade de contração aumenta, até um limite, além do qual o aumento de velocidade resultará em fadiga rápida e esgotamento nervoso.
- Há um ponto ótimo de esforço e velocidade do ser humano, buscando diminuir o grau de erros e os acidentes, melhorar o nível de saúde e aumentar o conforto e a segurança do trabalhador.

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

APUD, E. A model to estimate reference yields in wood harvesting using ergonomics principles. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 8, Curitiba, 1994. *Anais...* Curitiba, FUPEF, 1994, p.213-224.

- ASTRAND, P. O. & RODAHL, K. *Text book of work physiology; physiological bases of exercise*. New York, 2. ed. McGRAW-HILL, 1977, 681p.
- COUTO, H. A. *Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana*. v. 1, Belo Horizonte: Ergo, 1995, 353p.
- COUTO, H. A. *Sétimo curso de ergonomia aplicado ao trabalho*. 5. Módulo. Belo Horizonte, Ergo, 1994, n.p.
- COUTO, H. A. *Temas de saúde ocupacional; coletânea dos cadernos da Ergo*. Belo Horizonte: Ergo, 1987, 250p.
- DUARTE, M. F. S. Avaliação da potência aeróbica. In: MATSUDO, VK. R., *Testes em ciências do esporte*. São Caetano do Sul: Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física, 1982, p.39-55.
- DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. *Ergonomia Prática*. Tradução Itiro Iida. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 1995, 147 p.
- GONTIJO, A.; MERINO, E.; DIAS, M.R. *Guia ergonômico para projeto do trabalho nas indústrias*. Universidade Federal de Santa Catarina, Ergonomia, 1995, 128 p.
- IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Edgard Blucher, 1990, 465p.
- LAVILLE, A. *Ergonomia*. São Paulo: EPU, Universidade de São Paulo, 1976, 102 p.
- MARIE, F. *Ergonomies*. Paris: Dunod, 1965, 42 p.
- MERINO, E. A. D. *Efeitos agudos e crônicos causados pelo manuseio e movimentação de cargas no trabalhador*. 1996. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1996.
- MINETTE, L. J. *Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra*. 1996. 211 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.
- MORAES, A. de. *Aplicação de dado antropométricos; dimensionamento da interface homem-máquina*. Rio de Janeiro, UFRJ, 1983, 522 p. (Tese Mestrado).
- SIQUEIRA, C. A. A. *Um estudo antropométrico de trabalhadores brasileiros*. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1976, 53 p. (Tese M.S.).
- SOUZA, A. P. *Estudo ergonômico da operação de corte florestal da REFLORA - Reflorestadora e Agrícola S.A. Viçosa, MG, UFV, 1991, 41p. (Mimeogr.)*.

SOUZA, A.P. & MACHADO, C.C. Estudo ergonômico em operações de colheita florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 1, Belo Horizonte, 1991. *Anais...* Viçosa, MG, SIF, 1991, p.198-226.

VERDUSSEN, R. *Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho*. Rio de Janeiro: Livro Técnico e Científico, 1978, 162 p.

# 12. Engenharia da sustentabilidade

---

**Marcos Fernandes de Castro Rodrigues**  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## 12.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O crescente aumento dos níveis de produção, o esgotamento e escassez de recursos naturais e energéticos e os impactos decorrentes das atividades produtivas são objetos de preocupações de toda a sociedade, incluindo consumidores, pesquisadores, representantes governamentais, empresas, entidades e organizações diversas. O advento do desenvolvimento sustentável é algo recente na história da humanidade. Foi apenas a partir das décadas de 70 e 80 que as lideranças globais passaram a se preocupar com as consequências e impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes das atividades produtivas.

Em 1987 a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento publicou o relatório *Nosso Futuro Comum*, cujo conteúdo trazia alertas e críticas referentes aos padrões de produção e consumo vigentes, especialmente adotados por países industrializados e reproduzidos pelas nações em desenvolvimento. O relatório traz o conceito de desenvolvimento sustentável, definido como:

“O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais”.

Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso futuro comum. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Getúlio Vargas, 1991.

As últimas décadas do Século XX foram marcadas por debates e proposições diversas acerca da proeminente necessidade de adequar as atividades e empreendimentos humanos às diretrizes de um desenvolvimento mais racional e sustentável. A partir disso, muitos avanços foram obtidos em relação ao desenvolvimento sustentável, desde a legislação, tecnologias, à novos padrões de consumo.

A legislação e o direito ambiental evoluíram e se aprimoraram; novas e modernas tecnologias foram criadas para lidar com as problemáticas ambientais; tratados e acordos internacionais vigoram com o intuito de frear a poluição e degradação ambiental; normas e modelos eficazes de gestão ambiental estão à disposição das organizações interessadas na melhoria da qualidade ambiental de suas atividades. Além disso, novos padrões de consumo valorizam produtos e serviços mais sustentáveis; diversos instrumentos de incentivo econômico, como a logística reversa, o reúso, a coleta seletiva, estão à disposição da sociedade; e novas fontes energéticas, limpas e renováveis, começam a ganhar o uso em escala.

Estes são apenas alguns dos avanços obtidos nas últimas décadas, mas que têm causado amplas e profundas transformações. Tais avanços ratificam que as atividades produtivas e empreendimentos econômicos podem se tornar compatíveis com modelos de desenvolvimento sustentável, deste de que adotadas e obedecidas as diretrizes de prevenção de poluição e preservação do meio ambiente.

No entanto, é importante frisar que o cenário mundial é muito dinâmico, especialmente quanto aos assuntos relacionados ao desenvolvimento sustentável. A humanidade está dando os seus primeiros passos rumo à sustentabilidade e há muito a ser feito nesse sentido. Isso significa que existe um extenso campo de oportunidades para estudos e desenvolvimento de metodologias, ferramentas, tecnologias, instrumentos políticos e econômicos, dentre outras resultantes diretas da agregação de valor proporcionada pela adoção e injunção da sustentabilidade nas diversas atividades e empreendimentos humanos.

## 12.2. SUSTENTABILIDADE NAS ORGANIZAÇÕES

O nível de sustentabilidade de uma empresa ou organização constitui, na atualidade, um importante critério de avaliação por parte de investidores, financiadores, consumidores e demais atores que compõem a sociedade. A atenção dedicada ao desenvolvimento sustentável é reflexo direto do nível de maturidade de uma organização, tanto em nível operacional quanto nas atividades gerenciais e administrativas.

Organizações que combinam sua operação com a sustentabilidade têm obtido maior preferência por parte de investidores, financistas e dos próprios consumidores. A sustentabilidade pode ser praticada por meio de diversos elementos, como o investimento em ecoeficiência, energias limpas e renováveis, tratamento e disposição adequada de resíduos, coleta seletiva, reciclagem, logística reversa de produtos pós-consumo, atividades de cunho social destinadas às comunidades do entorno, bem-estar, saúde e segurança dos colaboradores, dentre outros.

Além da imagem positiva e transparente perante à sociedade, a adoção de práticas de desenvolvimento sustentável proporciona diversas oportunidades de ganhos econômicos para as empresas. Elas conseguem economizar recursos reduzindo o consumo de materiais, água e energia; reutilizando ou comercializando resíduos dos processos produtivos para outras atividades ou empresas, obtendo uma nova fonte de receita; aprimorando processos produtivos buscando maior eficiência, ou seja, fazendo mais e utilizando menos.

Tal fato, demonstra que além dos ganhos relacionados ao meio ambiente, empresas que adotam práticas de desenvolvimento sustentável também melhoram seus resultados econômicos, garantindo assim a longevidade das suas atividades. Além disso, uma empresa sustentável apresenta riscos muito menores de ocorrência de acidentes ambientais e outros que possam envolver seus colaboradores, clientes ou as comunidades que convivem no seu entorno. Isso se deve ao fato de que tais empresas geralmente possuem sistemas eficazes de gestão, que garantem o planejamento, implantação, controle e melhoria de todos os seus processos.

Tais aspectos têm tornado as empresas sustentáveis cada vez mais atrativas para investidores, agências de financiamento, consumidores conscientes e profissionais que buscam uma colocação no mercado de trabalho. Nesse sentido, o Engenheiro de Produção, enquanto profissional qualificado para atuar frente ao planejamento, implantação e operação de sistemas produtivos, se enquadra perfeitamente nas atribuições necessárias para auxiliar as organizações na implantação e gestão de atividades sustentáveis.

### 12.3. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Engenharia da Sustentabilidade é uma das áreas do conhecimento relacionadas à Engenharia de Produção, que apresenta a seguinte definição, acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2008): “Planejamento da utilização eficiente dos recursos naturais nos sistemas produtivos diversos, da destinação e tratamento dos resíduos e efluentes destes sistemas, bem como da implantação de sistema de gestão ambiental e responsabilidade social”.

A Engenharia da Sustentabilidade é composta por sete subáreas, sendo elas: Gestão Ambiental; Sistemas de Gestão Ambiental e Certificação; Gestão de Recursos Naturais e Energéticos; Gestão de Efluentes e Resíduos Industriais; Produção mais Limpa e Ecoeficiência; Responsabilidade Social; Desenvolvimento Sustentável. A Figura 12.1 apresenta as subáreas relacionadas à Engenharia da Sustentabilidade.

Dentro do seu escopo de atuação, o Engenheiro de Produção tem a sua formação teórica predominantemente de cunho gerencial, o que o habilita para atuar em todas as subáreas mencionadas. Sua visão holística e sua capacidade de sistematização fazem dele um profissional adequado para atuar nas atividades de planejamento, implantação e gerenciamento em todas as áreas mencionadas. Cada uma das subáreas da Engenharia da Sustentabilidade será apresentada a seguir.

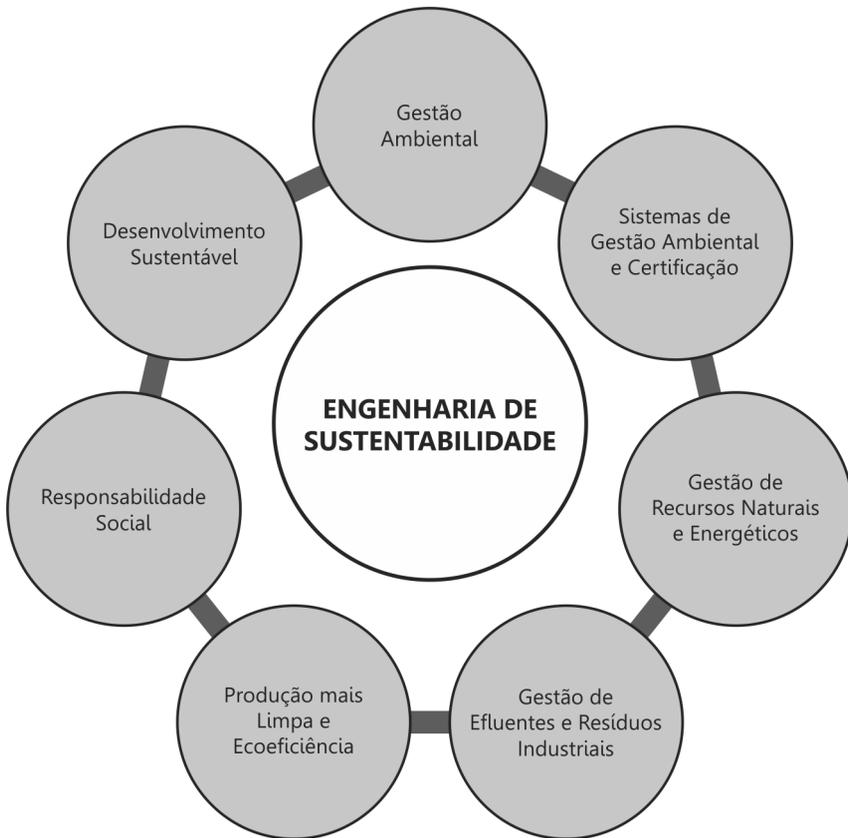


Figura 12.1. Engenharia da Sustentabilidade e suas subáreas.

## 12.4. GESTÃO AMBIENTAL

A Gestão Ambiental envolve a realização de atividades de planejamento, execução, monitoramento, controle e avaliação de projetos, processos e atividades que possam causar algum impacto no meio ambiente. Seu propósito consiste na melhoria da qualidade ambiental de produtos, serviços e ambientes de trabalho, podendo ser aplicada em quaisquer organizações públicas ou privadas (DIAS, 2007).

No âmbito das organizações empresariais, a Gestão Ambiental é necessária para auxiliar nos processos de tomada de decisão, com o propósito de minimizar ou eliminar os impactos ambientais negativos e atender às condicionantes legais. Seja durante o planejamento, implantação, operação ou expansão das atividades empresariais.

É importante frisar que a Gestão Ambiental tem como elementos norteadores os objetivos de desempenho ambiental da organização, oriundos das diretrizes estratégicas estabelecidas pela alta administração. Isso significa que é a própria organização que determina quais os níveis de desempenho ambiental que ela pretende atingir e/ou manter. Tal definição se dá à luz das estratégias de competição e de posicionamento da empresa, além de levar em consideração elementos legais e padrões regulatórios do seu setor de atuação.

Dessa forma, uma organização que pretende se posicionar na vanguarda da sustentabilidade, com o intuito de ser reconhecida pelos consumidores como uma empresa sustentável, cujos produtos sejam concebidos visando o mínimo impacto ambiental, deve possuir uma Gestão Ambiental. Esta deve prezar pela reciclagem de materiais, utilização de embalagens que demandem menos materiais, oferecimento de produtos mais duráveis, realização de atividades socioeducativas para a comunidade, dentre outras atividades auxiliem a empresa a atingir as suas metas de desenvolvimento sustentável.

Para as empresas que desenvolvem atividades cujos impactos ambientais são significativos, tais como mineradoras e petrolíferas, a Gestão Ambiental deve ser capaz de minimizar os riscos de acidentes e atender às condicionantes legais relacionadas às suas atividades. Nesse caso, deve-se garantir, por exemplo, que a emissão de substâncias poluentes esteja dentro de limites aceitáveis, os resíduos sejam tratados e destinados para locais adequados, que sejam adotados procedimentos de tratamento e reutilização de águas residuais, a operação correta de equipamentos, dentre outras atividades que estejam relacionadas a algum impacto ambiental causado pela empresa.

É válido destacar que cada organização deve manter uma Gestão Ambiental condizente com a sua condição. Assim, deve-se levar em consideração características como a estratégia competitiva, o porte, volume, abrangência de operações, nível e significâncias dos seus impactos ambientais, riscos associados às suas atividades, volume de recursos utilizados e de resíduos gerados, dentre outras particularidades de suas atividades.

A Gestão Ambiental requer o envolvimento e participação de toda a organização, através da definição de funções, responsabilidades e au-

toridades. Portanto, se trata de um sistema de gestão que envolve profissionais de diversas áreas, que permeia todos os setores da empresa, passando pela produção, pelas áreas administrativas, estoques, logística e transporte, armazenamento e descarte etc.

Quando a Gestão Ambiental se torna sistematizada dentro da organização, executada de forma continuada com o intuito de se atingir determinados objetivos e metas, tem-se um Sistema de Gestão Ambiental, objeto de estudo do próximo item.

## 12.5. SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL E CERTIFICAÇÃO

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) envolve elementos como: a estrutura de responsabilidades organizacionais, atividades de planejamento, procedimentos, processos, instrumentos, práticas e recursos inter-relacionados, utilizados pela organização para estabelecer a sua política ambiental e atingir se seus objetivos.

O SGA permite a sistematização, padronização e melhoria contínua dos processos de Gestão Ambiental da organização. Dessa forma, o SGA faz parte dos sistemas de gestão de uma organização, voltado especificamente para as questões ligadas aos seus aspectos ambientais. Ele articula funções administrativas e operacionais para amenizar ou impedir impactos das atividades econômicas sobre o meio ambiente.

Os procedimentos e ações executados no âmbito do SGA devem garantir a integração de todas as atividades da organização que estejam relacionadas com possíveis impactos ambientais. Isso significa que todas as áreas da empresa terão alguma interface em comum gerenciada pelo SGA, com o intuito de garantir que todas as diretrizes ambientais sejam atendidas. A Figura 12.2 apresenta as relações entre as diversas áreas de uma organização com o SGA.

Diversas empresas e organizações públicas, em todo o mundo, estão implantando SGAs em suas atividades com o propósito de atingirem desempenhos ambientais coerentes com suas políticas e objetivos. Algumas organizações nacionais e internacionais disponibilizam algumas diretrizes gerais para o desenvolvimento de um SGA. No entanto, cada organização deve adaptar esses modelos às particularidades do seu processo e/ou negócio.



Figura 12.2. Relações das áreas de uma organização com o SGA.

O modelo de SGA mais difundido e utilizado na atualidade é a ISO 14001, proposto pela *International Organization for Standardization (ISO)*. Conhecida no Brasil como NBR ISO 14001, é uma das normas que compõem a série ISO 14000, que abrange diversos temas relacionados ao SGA, auditoria ambiental, ciclo de vida de produtos e rotulagem ambiental.

A norma ISO 14001 tem o objetivo de prover as organizações os elementos de um SGA eficaz, passível de integração com os demais objetivos da organização, visando orientá-la na implantação e operação do sistema. Seu foco principal é conciliar as estratégias de prevenção de poluição com as metas econômicas da empresa, visando a sustentabilidade de seus negócios.

Segundo a NBR ISO 14001 (2004), a norma se aplica a qualquer organização que deseje implementar, manter e aprimorar um sistema de gestão ambiental; assegurar a conformidade da política ambiental de-

finida; demonstrar tal conformidade a terceiros; buscar certificação e registro do seus SGA por uma organização externa.

A implantação da ISO 14001 pode auxiliar as empresas em diversos aspectos. Dentre eles, com o acesso a novos mercados, a redução de riscos ambientais e de segurança do trabalho; a ampliação do acesso a investidores, a elevação do desempenho ambiental, a melhoria do relacionamento com funcionários, clientes e fornecedores, melhoria da imagem pública da organização, economia e uso eficiente de recursos, dentre outros.

A ISO 14001 é a única norma da série que pode proporcionar certificação às organizações que comprovem o atendimento às diretrizes e requisitos dispostos na norma. Desta forma, muitas organizações buscam a certificação ISO 14001, com o intuito de comprovar que possuem um SGA estruturado de acordo com os requisitos da ISO, reconhecidos mundialmente.

O SGA da ISO 14001 objetiva a implantação de um programa de melhoria contínua baseado no ciclo Planejar, Executar, Verificar e Agir (PDCA). Trata-se de uma prática moderna de gestão também utilizada em outras normas, como na ISO 9001 - Sistemas de Gestão Qualidade e na OSHAS 18001 - Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional. A Figura 12.3 apresenta o modelo de SGA adotado pela ISO 14001, indicando as etapas e os componentes do sistema.

Uma vez implementado o SGA, a organização deve garantir a análise crítica e melhoria contínua do sistema, visando aprimorar processos e corrigir eventuais problemas que venham a ser identificados. O SGA deve ser adaptado e adequado à realidade e aos objetivos da organização. Uma vez que estes são mutáveis, espera-se que o SGA também seja modificado. É importante frisar que, seja qual for o sistema de gestão, estes possuem a função de auxiliar no atingimento de determinados objetivos e metas que, no caso das empresas, são estabelecidos pela alta administração.

O Engenheiro de Produção deve estar habilitado para conduzir e/ou participar de processos de implantação e certificação da norma NBR ISO 14001, bem como atuar no desenvolvimento e implantação de modelos de SGA para organizações dos mais variados setores e portes.

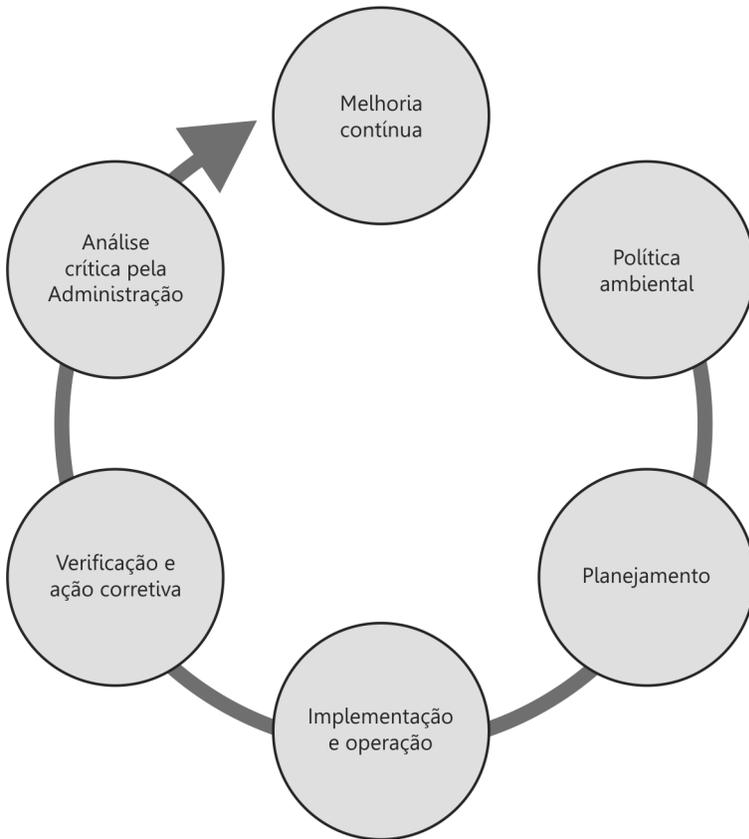


Figura 12.3. Modelo de Sistema de Gestão Ambiental proposto pela NBR ISO 14001.

## 12.6. GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS E ENERGÉTICOS

Os recursos naturais e energéticos constituem a base de todas as atividades produtivas, responsáveis por abastecer as indústrias, empresas, organizações públicas e todos demais elementos da sociedade. O esgotamento desses recursos pode levar ao colapso do sistema econômico mundial, comprometer o abastecimento de produtos e afetar a vida de milhares de pessoas.

A maior parte dos recursos naturais e energéticos, utilizados pelo homem na atualidade, são finitos ou demandam tempo significativamente longo para sua renovação. Questões relacionadas ao aumento do consumo energético, esgotamento das fontes não renováveis e os

impactos decorrentes do uso energético, como a poluição atmosférica decorrente da queima de combustíveis fósseis, têm sido preocupação constante das lideranças globais no início do Século XXI.

Todos os sistemas produtivos dependem de alguma fonte energética e estão atrelados, de alguma forma, a uma cadeia de recursos naturais. Desta forma, lideranças governamentais, cientistas, pesquisadores, empresários e outros atores da sociedade reconhecem a necessidade de adotar medidas para racionalizar o uso destes recursos, visando o aproveitamento adequado e a sustentabilidade.

Isso se faz necessário, pois a escassez e o esgotamento de tais recursos podem significar elevados prejuízos e perdas para as atividades produtivas. Além disso, o uso ineficiente e as diversas perdas inerentes aos processos industriais podem impactar de forma significativa nos resultados econômicos das empresas. A Figura 12.4 ilustra a relação de dependência entre as atividades produtivas e os recursos naturais e energéticos, além dos eventuais impactos ocasionados pela sua exploração e uso constantes.

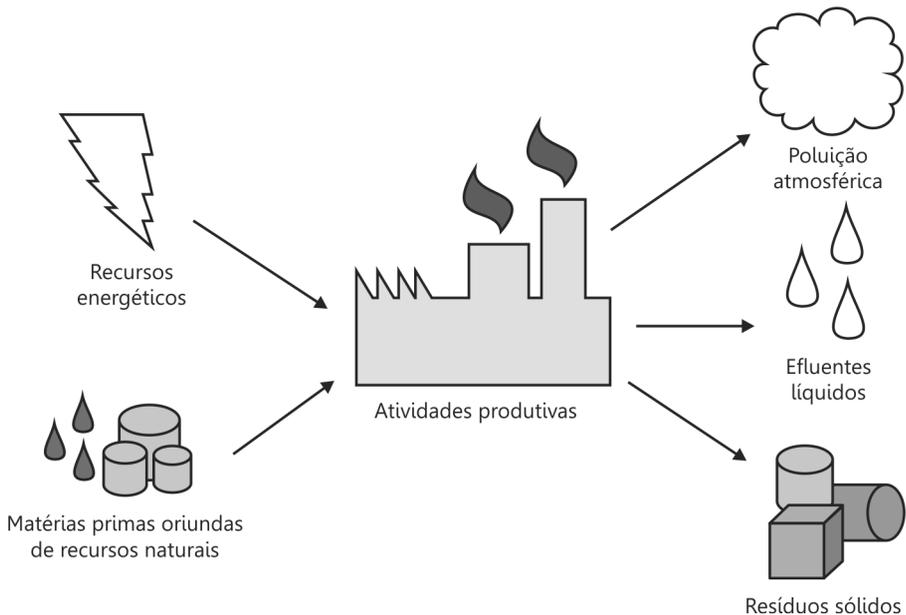


Figura 12.4. Relação de dependência entre as atividades produtivas e os recursos naturais e energéticos.

O Engenheiro de Produção deve ser capaz de identificar as diversas formas de geração e utilização de energia, para auxiliar no planejamento e operação de sistemas de produção visando o uso racional e eficiente desses recursos, sempre atento aos impactos ambientais, sociais e de segurança decorrentes de cada fonte de energia utilizada. Além disso, durante as fases do projeto, deve-se dimensionar as necessidades energéticas do empreendimento, com o intuito de verificar a viabilidade de desenvolvimento, implantação e operação do mesmo.

Ainda que haja consciência sobre a necessidade de reduzir os impactos ambientais das empresas, a utilização de energias limpas - que não geram resíduos ou impactos ao meio ambiente - ainda tem sido um desafio. Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico tem proporcionado diversas alternativas capazes de minimizar e até mesmo solucionar diversos problemas relacionados à questão energética.

Exemplos disso são as células de hidrogênio, a energia solar fotovoltaica, a utilização de energia do vento e das marés e os biocombustíveis, que vem ganhando cada vez mais espaço, inclusive nas atividades industriais. No entanto, o acesso a tais tecnologias e a sua utilização em larga escala não estão facilmente acessíveis, fazendo da questão energética um dos principais desafios modernos.

## 12.7. GESTÃO DE EFLUENTES E RESÍDUOS INDUSTRIAIS

A gestão de efluentes e resíduos industriais trata da destinação e disposição final correta de todos os resíduos gerados pelas atividades produtivas. Em geral, uma atividade produtiva pode gerar efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos sólidos diversos, conforme foi ilustrado na Figura 12.4.

O nível de impacto ambiental desses resíduos está atrelado diretamente ao nível de contaminação, ao volume de resíduo gerado, à presença de substâncias tóxicas e poluentes, dentre outros elementos que podem ser considerados em casos específicos. No entanto, o impacto ambiental pode ser minimizado ou eliminado caso sejam adotados os procedimentos corretos de destinação e disposição desses resíduos.

No caso dos **efluentes líquidos**, é importante frisar que a água é largamente utilizada em processos industriais de diversas naturezas, tanto na forma de matéria-prima para produtos, solvente em processos, na geração de energia ou como fluido refrigerante ou de aquecimento. A qualidade e quantidade de água utilizada dependem da natureza de cada finalidade, deve ser de elevada qualidade quando utilizada na fabricação de alimentos, como um fábrica de sucos; e pode ser de baixa qualidade ou até mesmo poluída quando utilizada como fluido refrigerante ou na limpeza de equipamentos grosseiros, como em siderurgias.

Portanto, a gestão de efluentes deve levar em consideração a adoção de modelos capazes de proporcionar a melhor relação custo benefício, garantido o fornecimento de água na qualidade necessária para a sua finalidade, visando o máximo de economia e reaproveitamento, levando-se sempre em consideração os padrões regulatórios que estabelecem os níveis e limites de poluentes que podem ser descartados pelas atividades produtivas. Com tais informações, devem ser projetadas as melhores soluções de captação, armazenamento, distribuição, tratamento, reuso e descarte de efluentes.

As **emissões gasosas** estão intimamente relacionadas com os processos de transformação energética, em especial à queima de combustíveis. Os principais poluentes atmosféricos emitidos pelas atividades industriais e de transporte são os materiais particulados, óxidos de nitrogênio e enxofre, compostos de carbono e oxidantes fotoquímicos, além de pesticidas, metais pesados, gás sulfídrico e fluorídrico, dentre outros.

Os poluentes atmosféricos contribuem para o agravamento de problemas ambientais de abrangência global, como o aquecimento global. Em decorrência disso, tratados e acordos internacionais são firmados pelas principais lideranças globais no intuito de reduzir as emissões desses poluentes. Tais acordos impactam diretamente nas atividades industriais, que cada vez mais sofrem injunções para reduzirem suas emissões.

Portanto, espera-se que nas próximas décadas as indústrias sejam obrigadas a reduzirem suas emissões. Isso se dará na maior parte das vezes através da substituição de combustíveis fósseis por fontes de energia mais limpas e renováveis, além da melhoria de processos industriais.

As empresas devem estar atentas aos limites e padrões de emissões atmosféricas permitidas pela legislação. Para garantir essa adequação, devem ser adotadas medidas de controle de poluição do ar, tais como, a substituição de matérias-primas e reagentes, modificação de processos e operações visando a não geração; instalação de equipamentos para retenção dos poluentes contidos nos gases, como filtros ou lavadores de gases.

A gestão de resíduos sólidos constitui um campo amplo de oportunidades para as empresas e organizações. A adoção de práticas como a logística reversa, coleta seletiva e reciclagem pode trazer ganhos significativos para as indústrias.

Não existe mais o conceito de lixo. Sabe-se que praticamente todo o resíduo sólido industrial pode ter uma destinação apropriada. No caso do resíduo que não pode ser mais utilizado, para nenhuma finalidade, tem-se o conceito de resíduo-último, que deve ter uma destinação final adequada, que pode ser a incineração ou o acondicionamento em aterros sanitários apropriados.

Os resíduos sólidos têm ganhado tamanha importância que diversas atividades econômicas estão surgindo com o intuito de recuperar, reaproveitar, reutilizar ou reciclar tais materiais. Destaque-se a área da logística reversa, que cuida do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo para as atividades produtivas.

Em 2010 foi promulgada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei 12.305/2010, que estabelece a adoção de uma série de instrumentos visando melhorar a gestão dos resíduos sólidos em todo o território nacional. A PNRS prevê que todos os atores relacionados à cadeia de produção e comercialização de produtos devem se responsabilizar pela correta destinação dos resíduos gerados, incluindo as empresas.

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos cujos resíduos se constituam em perigo para a saúde pública e ao meio ambiente deverão, de forma compulsória, estruturar e implementar SLR, devendo dar destinação ambientalmente adequada ao resíduo. Inicialmente, a PNRS estabelece que agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e

mercúrio e luz mista, produtos eletrônicos e seus componentes devem ter logística reversa obrigatória.

Existe a expectativa que futuramente novos produtos deverão ser incluídos nesta lista, como medicamentos. Portanto, as empresas devem estar atentas ao aperfeiçoamento da legislação, para se adequarem de forma a obterem benefícios.

É importante destacar que a gestão de efluentes e resíduos sólidos não é mais um elemento opcional ou apenas para fins de cumprimento de exigências legais. Assim como os outros elementos relacionados à Engenharia da Sustentabilidade, este item constitui na atualidade um dos principais elementos relacionados ao desenvolvimento sustentável e à busca por competitividade das organizações, ao lado da inovação.

## 12.8. PRODUÇÃO MAIS LIMPA E ECOEFICIÊNCIA

A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial afirma que a Produção Mais Limpa consiste na aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos. Esta tem como objetivo aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos.

A adoção de práticas de Produção Mais Limpa visa o aproveitamento e uso sustentável dos diversos recursos utilizados pela organização. Já o conceito de ecoeficiência prevê a criação e agregação de valor, tanto para o produto como para os negócios e para a sociedade, mantendo ou até mesmo elevando os padrões de competitividade (DIAS, 2007).

Portanto, a ecoeficiência envolve ações em toda a cadeia de determinado processo produtivo. Por exemplo, uma empresa que busca substituir os materiais que compõem a embalagem por materiais reciclados, transformar e comercializar os resíduos da produção em matéria-prima para outra atividade empresarial, aprimorar processos visando a redução do consumo de energia e água, etc., aplica a ecoeficiência dentro das suas atividades, obtém ganhos econômicos e se torna mais sustentável.

De forma geral, um sistema ecoeficiente possibilita produzir mais com menos recursos e menos resíduos. A utilização de conceitos de ecoeficiência e práticas de Produção mais Limpa, associadas a modelos de SGA, tem sido uma busca constante pelas empresas e organizações que buscam elevar seus níveis de competitividade.

Por meio dessas práticas, as organizações perceberam que conseguem economizar recursos financeiros e econômicos, reduzir riscos de acidentes e problemas legais, aumentar a produtividade, melhorar a motivação e satisfação dos colaboradores, melhorar a imagem da empresa diante da sociedade, obter novas fontes de receitas, dentre diversos outros benefícios. Desta forma, o desenvolvimento sustentável constitui na atualidade uma oportunidade de progresso e longevidade para os sistemas produtivos.

## 12.9. RESPONSABILIDADE SOCIAL

O desenvolvimento sustentável possui como pilares a proteção e conservação ambiental, os resultados econômicos e a responsabilidade social. Juntos, esses elementos compõem o tripé da sustentabilidade. Uma organização que adota a responsabilidade social como diretriz para a prática dos seus negócios tem o objetivo de, além de obter resultados econômicos decorrentes das suas atividades produtivas, contribuir para o desenvolvimento e bem-estar das partes interessadas e afetadas pelo seu empreendimento. Entende-se como parte interessada o conjunto de indivíduos que, de alguma forma, é impactado pelas atividades da organização, sejam eles, funcionários, acionistas, investidores, clientes, comunidade circunvizinha, sociedade em geral etc.

Desta forma, dentre as ações de responsabilidade social, tem-se: a melhoria da qualidade e segurança dos produtos e serviços; confidencialidade, integridade e respeito aos consumidores e partes interessadas; aderência às leis, padrões regulatórios e códigos voluntários de conduta ética; atendimento às convenções internacionais de trabalho e direitos humanos; garantia da segurança, bem-estar e saúde dos colaboradores.

A responsabilidade social envolve também a prestação de contas à sociedade das atividades realizadas, por meio de processos transparen-

tes de comunicação e acessibilidade. Além da valorização e respeito à diversidade social, cultural, religiosa, étnica e de gênero; o estímulo à geração de renda, microcrédito e combate à pobreza na cadeia de valor e nas comunidades do entorno, dentre outras preocupações.

## 12.10. CONCLUSÕES

O desenvolvimento sustentável abarca, de forma geral, todos os elementos descritos anteriormente. No entanto, é importante frisar que desenvolvimento sustentável não se refere apenas à preservação e conservação ambiental ou às práticas de responsabilidade social. A Figura 12.5 ilustra os demais elementos que envolvem o desenvolvimento sustentável.

Apesar de ser um fenômeno recente, é cada vez maior o número de empresas que elaboram e divulgam seus relatórios de sustentabilidade, visando prestar contas e demonstrar para a sociedade e partes interessadas o quão tem evoluído na implementação de práticas de desenvolvimento sustentável.

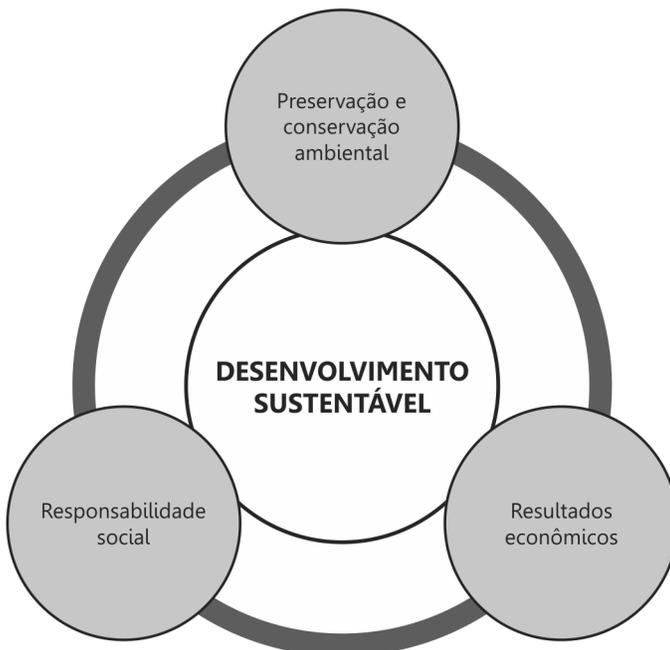


Figura 12.5. Pilares do desenvolvimento sustentável

Assim, espera-se que as diretrizes de desenvolvimento sustentável nortearão cada vez mais a criação de novos negócios e startups, a expansão de empresas consolidadas, o desenvolvimento de novas pesquisas, tecnologias e inovações, a criação de novos produtos e serviços, além da formação e qualificação de profissionais de diversas áreas.

É crescente a preocupação da sociedade com as questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável, em especial à preservação e conservação do meio ambiente. É cada vez maior o comprometimento de lideranças globais e nações com a adoção de práticas de desenvolvimento sustentável. No mundo inteiro, engenheiros, investidores, pesquisadores e a sociedade como um todo buscam por soluções, sejam elas tecnológicas ou não, para aumentar os resultados de suas organizações sem comprometer o meio ambiente. Já é comum observar ações que, ao invés de não poluir, restauram ou melhoram a qualidade ambiental.

A reutilização de água na produção sucroalcooleira, o advento de veículos elétricos potentes, eficientes e seguros, a utilização de biocombustíveis em diversas atividades industriais, o rastreamento e monitoramento em tempo real da movimentação de resíduos de um ponto a outro, enfim, diversos indicativos de que uma nova revolução das atividades produtivas já se iniciou. Nesse cenário, repleto de desafios e oportunidades, cabe ao estudante de Engenharia de Produção se inteirar diante das diversas possibilidades de atuação, muitas delas ainda latentes e incipientes, aguardando serem descobertas.

## 12.11. ATIVIDADES SUGERIDAS

- Procure saber como o Desenvolvimento Sustentável é tratado na UFV. Quais ações são desenvolvidas? Como você pode contribuir?
- Quais programas, projetos ou iniciativas são desenvolvidos na sua cidade para promover o desenvolvimento sustentável? Converse com um responsável por alguma dessas atividades para saber mais a respeito.
- Liste ações que você poderia realizar para promover a sustentabilidade no local em que você mora.

- Quais atividades o Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP) realiza para promover o desenvolvimento sustentável? Que ações você sugere para serem desenvolvidas?
- Cite uma empresa reconhecida por desenvolver atividades sustentáveis. Pesquise sobre suas atividades e realize um debate com seus colegas a esse respeito.
- Quais os assuntos relacionados à Engenharia da Sustentabilidade te interessaram mais? Explique o porquê e discuta com seus colegas.

## REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

DIAS, REINALDO. *Gestão Ambiental*. 1. ed. [S. l.], Atlas, 2007, 196 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001:2004. *Sistemas de gestão ambiental*. Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004.



# 13. O Curso de Engenharia de Produção da UFV

---

**Ronaldo Perez**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Adriana Ferreira de Faria**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Em meados da década de 90, pensar na criação de um curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Viçosa (UFV) não era algo tão novo. Desde a década de 80, alguns professores da UFV já haviam realizado pós-graduação na área. Tal fato fazia com que a temática sobre a necessidade de formalização da área de Engenharia de Produção fosse disseminada pelos “corredores” dos Departamentos da UFV. De uma forma natural, os docentes promoveram diálogos com profissionais em áreas de interação multi ou interdisciplinar, para refletirem sobre a criação de um programa de pós-graduação em Engenharia de Produção.

Estas conversas, em 1998, convergiram para a proposta de criação do curso de graduação em Engenharia de Produção. Foi na presidência do Prof. Luiz Aurélio Raggi, então diretor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCE), que a ideia finalmente se materializou. O diretor do CCE conseguiu com que o pró-reitor de ensino àquela época, Prof. Frederico Vieira Passos, instituisse uma comissão de assessoramento em agosto de 1998, pelo Ato 0007/98/PRE e prorrogada pelo Ato 016/98/PRE, para elaborar a proposta de criação do curso de Engenharia de Produção - Ênfase: Agroindustrial.

Esta comissão foi formada sob a presidência do diretor Prof. Luiz Aurélio Raggi e pelos professores Ronaldo Perez (contratado em 1998 para a vaga de Projetos Agroindustriais/Engenharia Produção do DTA/UFV); Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá (DAU/UFV); e Jane Célia dos Reis Coimbra (DTA/UFV).

A comissão, após um longo trabalho, apresentou a proposta de criação para o Curso de Engenharia de Produção da UFV. Esta proposta se-

guia a orientação de um curso de Engenharia de Produção com ênfase no setor Agroindustrial, que tinha como referência o curso da Universidade Federal de São Carlos. Dessa forma, o curso estaria alinhado com o know-how da UFV em áreas estratégicas, como engenharia de alimentos, engenharia florestal e agronomia.

A comissão além de propor a estrutura curricular do curso, apresentou as necessidades imprescindíveis ao seu funcionamento e desenvolvimento, quanto aos recursos humanos (docentes e técnicos) e infraestrutura física (laboratórios). Porém, o CEPE (Conselho Ensino, Pesquisa e Extensão) aprovou o curso, em reunião realizada em 27/07/1999, como Engenharia de Produção “plena”, excluindo a proposta da ênfase de Agroindustrial, conforme Ata n. 348, desse egrégio Conselho. O curso foi então oferecido já no vestibular de 1999 e recebeu a primeira turma em 2000.

A primeira comissão coordenadora do curso foi formada em agosto de 1999 pelo Ato P-0836/1999. Inicialmente, o curso foi acolhido e gerenciado pelo Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), que realizou a contratação de professores, a consolidação da oferta de disciplinas e os demais processos acadêmicos. Os membros da comissão de assessoramento para criação do curso de Engenharia de Produção tiveram papel muito importante neste processo.

A primeira coordenadora do curso foi a Profa. Jane Célia dos Reis Coimbra (1999-2000); o segundo coordenador Prof. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá (2000-2003); e o terceiro coordenador Prof. Ronaldo Perez (2003-2007). O primeiro docente contratado para o curso de engenharia de produção foi o o Prof. Nédson Antônio Campos, em 2002.

Os Professores Luiz Aurélio Raggi, Antônio Cleber Tibiriçá e Ronaldo Perez estiveram o tempo todo à frente das discussões e da consolidação das demandas do curso. Também participaram ativamente da criação do Departamento de Engenharia de Produção e Elétrica da UFV, que se concretizou em 20 de outubro de 2003, data da primeira reunião do seu Colegiado, quando passou a ser responsável pela gestão do curso. Em 2008, foi criado o Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP), tendo como primeiro Chefe de Departamento a Profa. Danielle Dias Sant'Anna Martins. Desde então, o DEP é o responsável pela gestão dos cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da UFV.

O curso foi reconhecido com conceito máximo pelo Ministério da Educação (MEC) em 2004, pela Portaria do MEC n. 3.799 de 17/11/2004, tendo posteriormente as seguintes renovações: Portaria do MEC n. 260 de 19/03/2010 e Portaria do MEC n.º. 286 de 21/12/2012.

O trabalho, a dedicação e a participação desses professores, muito além do valor histórico, foram decisivos para a criação e consolidação do curso de Engenharia de Produção da UFV e que, portanto, devem ser sempre agradecidos, reconhecidos e lembrados pelo seu legado como aqueles que colocaram a pedra fundamental em bases sólidas. No Quadro 13.1 segue a relação dos atuais professores do Curso de Engenharia de Produção, bem como dos coordenadores, que de forma incansável vêm contribuindo para a excelência do Curso. É importante destacar que os professores Alexandre Navarro da Silva e Jaqueline Akemi Suzuki foram egressos do Curso de Engenharia de Produção.

Quadro 13.1. Relação de professores e coordenadores do Curso de Engenharia de Produção da UFV até 2015

Professor	Data de Contração	Coordenação
Nedson Antonio Campos	05/07/2002	
Danielle Dias Sant'anna Martins	16/01/2003	
Luciano Jose Minette	01/06/2004	2007 - 2010
Adriana Ferreira de Faria	23/01/2007	
Idamar Sidnei Cobianchi Nigro	05/08/2009	2010 - 2014
Alexandre Navarro da Silva	23/11/2012	2016 - atual
Jaqueline Akemi Suzuki	27/02/2013	2014 - 2016
Marco Antônio Sartori	06/01/2015	

Desde a primeira turma, formada em janeiro de 2005, o curso está entre os mais bem avaliados dentre os cursos de Engenharia de Produção do país. Fato que demonstra a importância do projeto, o zelo e o carinho que muitos possuem pelo curso. O curso tem uma inserção regional muito bem delineada, evidenciada por sua procura crescente, o que também denota uma dimensão de estabilidade e continuidade. Desde a primeira turma o número de candidatos ao curso está continuamente aumentando, possibilitando a seleção de excelentes candidatos. Em 2015, a relação candidato/vaga foi 11.

Através de seus professores, o curso de EP da UFV participou da criação do Fórum Mineiro de Engenharia de Produção (FMEPRO – [www.fmepro.org](http://www.fmepro.org)) em 2003. O FMEPRO tem por objetivo congrega a comunidade acadêmica e profissional, assim como as instituições em geral (órgãos públicos, entidades privadas e do terceiro setor) visando construir um espaço privilegiado de desenvolvimento, aprimoramento e disseminação dos conhecimentos na área de Engenharia de Produção. Desde então, tem participado ativamente das atividades do Fórum, especialmente da organização do Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (EMEPRO – [www.emepro.org](http://www.emepro.org)), que está em sua XII edição. O II e o V EMEPRO foram realizados na UFV em 2006 e 2009, respectivamente.

Os alunos do Curso, juntamente com os alunos da UFJF, UFOP, UNIFEI e Uniminas também fundaram, em 2003, o Núcleo Mineiro de Estudantes de Engenharia de Produção (NUMEEP), que desde então tem trabalhado juntamente com o FMEPRO no desenvolvimento da Engenharia de Produção mineira. Deve-se destacar a efetiva participação do curso junto à Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) nas atividades acadêmicas e científicas, bem como nas discussões sobre o ensino e exercício profissional.

Em 2010, o curso passou por uma grande alteração curricular (Processo UFV 010156/2009), considerando as mudanças da legislação educacional e profissional experimentada nos últimos anos no Brasil, especialmente a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, Lei n. 9.394 de 20 de dezembro de 1996); as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Engenharia (DCN), instituídas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, através da resolução CNE/CES de 11 de Março de 2002; a Resolução 1010 do Confea, que dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea; e o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes, Lei n. 10.861, de 14 de abril de 2004).

A formação profissional e humana é o grande desafio das instituições de ensino, sobretudo, considerando o contexto atual, onde as empresas demandam por profissionais altamente qualificados, capa-

zes de aumentar seus níveis de produtividade e qualidade, a fim de torná-las competitivas num cenário internacional. Soma-se a isso, a necessidade de uma formação humanística, que inclua inteligência emocional, ética e responsabilidade social. Além das demandas da sociedade e do mercado profissional, a instituição deve considerar na condução de um curso os aspectos legais educacionais e profissionais vigentes no país.

Além da importância de criar cursos que atendam de forma eficaz às reais demandas do mercado de trabalho, é imprescindível o desenvolvimento de um curso que garanta diferencial competitivo aos futuros profissionais, e que inclua, além dos conhecimentos técnicos, inteligência emocional e consciência social, cultural e ambiental. Diversos trabalhos na área educacional demonstram que a simples integralização curricular dos conteúdos, nos cursos de formação superior, não é mais suficiente para a formação do egresso com o perfil desejado. Foi considerando esse contexto que o projeto de alteração do curso foi pensado em 2010.

Os professores do curso entendem, também, que é crucial o desenvolvimento de atividades extracurriculares que contribuam para o desenvolvimento das competências dos futuros profissionais e cidadãos, no âmbito técnico e social. Estas atividades consideram a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão e a importância do desenvolvimento de valores éticos e atitudes emocionais, como liderança, empreendedorismo, trabalho em equipe, flexibilidade e outras. O projeto de alteração do curso foi concebido nestes parâmetros, considerando, ainda, os preceitos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB). Nesta visão, o curso desenvolve atividades de diversas naturezas, inclusive com outros cursos e instituições, a fim de oferecer aos alunos uma formação acadêmica de excelência, conforme relatado nesse livro.

Assim, considerando a sua história de 15 anos e o esforço de todos os envolvidos, é possível afirmar que o curso de Engenharia de Produção da UFV tem buscado contribuir para a formação de profissionais altamente qualificados, capazes de enfrentar as demandas pela inovação tecnológica e organizacional, fundamentais para a competitividade das organizações e conseqüentemente do país.



# 14. Programas do Departamento de Engenharia de Produção (DEP)

## 14.1. PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL (PET)

O Programa PET foi criado em 1979 pela Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES) com o nome de Programa Especial de Treinamento. Em 1999, o Programa foi transferido para a Secretaria de Educação Superior (SESu) do Ministério da Educação (MEC).

Já em 2004, o programa passou a ser designado como Programa de Educação Tutorial. Em linhas gerais, o PET busca propiciar a um grupo de alunos de graduação, sob a orientação de um professor tutor, oportunidades de realização de atividades extracurriculares que integrem ensino, pesquisa e extensão. Dessa forma, o PET contribui para o desenvolvimento profissional dos alunos bem como propicia a melhoria da qualidade acadêmica dos cursos beneficiados com o Programa. Atualmente, existem mais de 800 grupos PET no país.

O PET é um programa de comprovada excelência, o qual se compromete fundamentalmente em aprimorar o curso de graduação no qual está inserido. Este trabalha com três vertentes principais - Ensino, Pesquisa e Extensão - e forma cidadãos que aprendem durante uma média de dois anos a trabalhar em equipe e a irradiar para os demais colegas o espírito de liderança e o compromisso com a geração de conhecimento para a solução dos mais diversos problemas. É o único programa institucional voltado para graduação que trabalha no formato de grupo interdisciplinar, ancorado em alunos e professores, e que recebe avaliação institucional e não individual.

As normas operacionais do PET estão estabelecidas no documento de Orientações Básicas do Programa do MEC. O documento define

como objetivos principais do Programa: oferecer uma formação acadêmica de excelente nível, visando a formação de um profissional crítico e atuante; promover a integração da formação acadêmica com a futura atividade profissional, especialmente no caso da carreira universitária; e estimular a melhoria do ensino de graduação formando jovens versáteis, de iniciativa, de expressão oral e argumentação, capazes também de fazer contatos, administrar o tempo e as tarefas.

Nas Orientações Básicas do PET estão também estabelecidas características que incluem formação acadêmica ampla, atuação coletiva, interação contínua entre bolsistas e corpos docente e discente, implementação de ações voltadas para a comunidade, e ainda, planejamento e execução de um programa com atividades diversificadas. Cada grupo PET conta com um conjunto de alunos bolsistas, um professor-tutor, vários professores colaboradores e, muitas vezes, conta ainda com alunos voluntários que atuam com a mesma carga horária dos demais, que totaliza 20 horas semanais de dedicação ao programa.

O Programa de Educação Tutorial do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Viçosa (PET-EPR) foi criado em dezembro de 2010 através de uma iniciativa do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP), coordenada pela Profa. Adriana Ferreira de Faria. O PET-EPR foi criado com o objetivo de desenvolver atividades acadêmicas de qualidade, articulando ensino, pesquisa e extensão, a fim de promover a formação ética, cidadã e de qualidade dos alunos envolvidos direta ou indiretamente com o programa.

As atividades a serem desenvolvidas devem refletir e reforçar valores éticos, de cidadania e de consciência social de todos os envolvidos, enquanto qualificam cientificamente e tecnicamente os futuros profissionais e docentes de engenharia de produção, contribuindo assim com o desenvolvimento sustentável da região e do país.

A tutora é responsável pelo acompanhamento e pela supervisão das atividades, de forma individual e coletiva, assegurando a aprendizagem de forma segura e ativa, enquanto os alunos aprendem fa-

zendo e refletindo sobre ações, resultados e dificuldades. A tutora busca estimular a cooperação e o trabalho em equipe, pautados em princípios de ética. Espera-se que os alunos se tornem cada vez mais independentes na gestão do seu processo de aprendizagem e formação profissional.

Para o cumprimento de seu objetivo, o PET-EPR elabora anualmente, com o intuito de direcionar e avaliar as ações do programa, o seu Planejamento Estratégico. Este possui o intuito de direcionar e avaliar as ações do Programa, validando a missão, a visão e os valores (conforme o Quadro 14.1) e estabelecendo os objetivos estratégicos e as metas a serem alcançadas, além dos seus indicadores de acompanhamento.

Quadro 14.1. Missão, visão e valores do PET-EPR (março de 2016)

Missão do PET-EPR	Potencializar a formação profissional e ética dos cidadãos.
Visão do PET-EPR	Ser referência para os alunos da engenharia de produção na capacitação e no desenvolvimento de competências.
Valores do PET-EPR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca pela Excelência - Buscamos a qualidade no desenvolvimento das atividades e o fortalecimento da imagem do programa perante a sociedade;</li> <li>• Responsabilidade Social - Realizamos atividades que impactam positivamente na sociedade;</li> <li>• Ética - Adotamos conduta ética em todas as relações que desenvolvemos, valorizando e respeitando as pessoas;</li> <li>• Comprometimento - Somos comprometidos com o desenvolvimento de nossas atividades e com o nosso público, adotando uma postura responsável e disciplinada;</li> <li>• Espírito de Equipe - Prezamos pelo trabalho em equipe de forma que haja sempre respeito, cooperação e coesão entre os membros;</li> <li>• Proatividade - Procuramos agir de forma proativa, bem como criar um ambiente que permita desenvolver essa competência.</li> </ul>

O processo seletivo do Programa é realizado anualmente e inclui as seguintes etapas: análise de currículo, dinâmica de grupo e entrevista individual. Os candidatos devem cursar Engenharia de Produção na UFV, a partir do segundo período.

Com o objetivo de aprimorar os processos de gestão do PET-EPR, as atividades necessárias para a gestão, o desenvolvimento e a execução do programa foram organizadas, segundo a sua natureza, em coorde-

nadorias, de responsabilidade dos petianos. O trabalho planejado e realizado pelas coordenadorias tem a orientação, o acompanhamento e a supervisão permanente da tutora.

A gestão das atividades do grupo, de forma planejada e profissional, apoiada em importantes conceitos e ferramentas da área, torna-se um laboratório de aprendizado para os alunos no que concerne à Engenharia de Produção, haja vista que sua base tecnológica são as Tecnologias de Gestão. O PET é dividido em 5 Coordenadorias: Estratégica, Projetos, Processos, Comunicação, e Gestão de Pessoas.

As principais atividades desenvolvidas pelo PET-EPR estão apresentadas no Quadro 14.2 Além de promover essas atividades, cada petiano, sob a orientação de um professor, deve se dedicar à realização de um projeto de pesquisa ou extensão, justificados pela necessidade de incentivar a investigação científica e promover o aumento da produção científica e técnica do curso, especialmente no que concerne ao desenvolvimento tecnológico e às inovações organizacionais (tecnologias de gestão).

Os projetos de pesquisa e extensão têm alinhamento direto com os objetivos do programa no sentido de formar alunos capazes de conduzir o processo de investigação científica e técnica de forma eficaz. Sempre que possível, considerando a indissociabilidade do ensino, pesquisa e extensão, os projetos deverão ser desenvolvidos na forma de estudo de casos e pesquisa-ação, que permitem o contato do aluno com a realidade profissional e a contextualização de problemas práticos, oportunidades de inovação e melhoria para as empresas e sociedade.

O PET-EPR desenvolve atividades acadêmicas de qualidade, articulando ensino, pesquisa e extensão, contribuindo assim para melhorar a qualidade do curso, diminuir a evasão e retenção, e promover o sucesso acadêmico. Mediante a aprendizagem coletiva constrói-se novos saberes de natureza interdisciplinar, que irão promover a formação de profissionais mais críticos e éticos, capazes de responder as demandas sociais e tecnológicas da sociedade.

É possível acompanhar o trabalho e as atividades do PET EPR através do site ([www.pet-epr.ufv.br](http://www.pet-epr.ufv.br)), da página no Facebook ou do Informativo, que é divulgado semestralmente.

Quadro 14.2. Principais atividades desenvolvidas pelo PET-EPR

Ciclo de palestras	O ciclo de palestras consiste da realização de seminários e palestras preparados e apresentados pelos petianos ou membros externos, com temas voltados ao curso de engenharia de produção. O evento é aberto a toda a comunidade acadêmica.
Cursos de capacitação	O PET-EPR oferece aos alunos do programa e do curso e à comunidade a oportunidade de participar de cursos extracurriculares de capacitação e aperfeiçoamento, ministrados pelos petianos ou em parceria com empresas ou profissionais.
Visitas técnicas	São realizadas todo ano visitas técnicas com o objetivo de oferecer aos alunos do curso oportunidades de conhecer in loco o funcionamento e a realidade das empresas, bem como experimentar o contato com a realidade profissional, confrontando a sua formação acadêmica.
Engenharia sem mistérios	O evento é realizado todo período em alguma escola de Viçosa, e tem como objetivo auxiliar os alunos de ensino médio a escolher o curso de graduação e divulgar e disseminar as carreiras tecnológicas, promovendo o interesse dos alunos pelas engenharias.
PET Game	É um jogo organizado anualmente pelo PET-EPR, entre equipes formadas por alunos de graduação da UFV, no qual é simulado um sistema de previsão de demanda e plano de produção, de uma empresa fictícia.
Portal do Egresso	O portal permite acompanhar o desempenho dos egressos no mercado de trabalho, trocar informações e oportunidades para toda a comunidade, bem como aproximar o curso de seus alunos. Também permite avaliar a qualidade das atividades desenvolvidas, sendo possível planejar de forma mais eficiente ações para a melhoria do Projeto Pedagógico do Curso de engenharia de produção da UFV.
Grupo de discussão	O programa oferece periodicamente a oportunidade de discussão sobre temas eletivos importantes, que não estejam contemplados na estrutura curricular, por meio do estudo de artigos e periódicos em língua inglesa, ampliando assim o conhecimento do idioma, bem como a capacidade crítica, de argumentação e de síntese dos alunos envolvidos.
Leitura complementar	É um grupo de leitura na qual os alunos deverão ler livros que abordam temas técnicos, culturais, políticos, entre outros, trazendo, posteriormente, discussão madura sobre a leitura realizada.
CinePET	A atividade baseia-se na organização e exibição de filmes e/ou documentários com posterior discussão a respeito dos temas apresentados, que podem ser técnicos, culturais, políticos, ambientais e sociais, auxiliando assim na formação profissional e desenvolvimento do senso crítico.
SAEPRO	O evento é desenvolvido em parceria com o Diretório Acadêmico de Engenharia de Produção (DAEP) e tem como objetivo proporcionar aos estudantes de graduação, profissionais, empreendedores e demais interessados, discussões complementares à formação e atuação profissional em Engenharia de Produção. O Simpósio Acadêmico oferece atividades como: mesas redondas, palestras, workshops, minicursos, grupos de trabalho, apresentação de trabalhos (sessões técnicas e pôsteres), visitas técnicas e atividades esportivas e culturais.
Recepção dos calouros	Todo período de ingresso de novos alunos no curso de Engenharia de Produção da UFV, os membros do programa organizam uma recepção para apresentar o curso e a profissão do engenheiro de produção aos alunos ingressantes, a fim de estimulá-los na condução da graduação e promover maior interação com os demais alunos e docentes do curso.

### Depoimento:

“Fiz parte do grupo que fundou o PET EPR, encaramos o desafio de estruturar o programa na UFV e as atividades que seriam promovidas, mas, mesmo após a nossa consolidação, sempre fomos incitados a buscar melhorias continuamente. Participei apenas das coordenadorias de Comunicação e de Gestão Estratégica, mas a forma como o programa está estruturado, o funcionamento de outras coordenadorias, a participação nas diversas atividades, o trabalho com uma equipe multidisciplinar e heterogênea e a tutoria de uma professora que é referência na UFV, foram capazes de me proporcionar um aprendizado muito maior do que eu imaginava. Por isso, hoje me sinto extremamente feliz por ter participado desse programa, e com uma sensação muito boa por saber que, como membro do PET EPR, consegui contribuir para o curso de Engenharia de Produção da UFV”.

Marina de Freitas Galvão, acadêmica-fundadora do PET-EPR (Dezembro/2010 a 07/2014).

## 14.2. DIRETÓRIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (DAEP)

O curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Viçosa chegava ao seu segundo ano de existência e ainda tinha dificuldades relacionadas à representatividade dos estudantes frente ao departamento e à Universidade como um todo. Com a finalidade de acabar com essa dificuldade foi criado em 2002 o DAEP (Diretório Acadêmico de Engenharia de Produção), com um caráter mais social do que empresarial, diferentemente dos outros projetos de extensão já existentes relacionados ao curso, trabalhando em prol dos estudantes através de uma abordagem política.

Como esperado de um diretório acadêmico, o DAEP tem a finalidade de contribuir para a manutenção e melhorias de tudo que for relacionado ao curso de Engenharia de Produção. Possíveis problemas e necessidades de melhorias percebidas por qualquer estudante do curso podem e devem ser encaminhados ao departamento através do DAEP,

que funciona como elo que une a comunidade estudantil e o departamento.

Seguindo o propósito de ser um programa para todos os estudantes do curso, atualmente não é realizado processo seletivo para ser membro do diretório. Não é exigido coeficiente mínimo ou avaliação do currículo, o único pré-requisito necessário é a pró-atividade e a vontade de contribuir com a melhoria do curso. Para formação de uma nova comissão são formadas chapas com quinze estudantes interessados, a partir destas ocorre uma votação onde todo graduando do curso de Engenharia de Produção tem direito ao voto.

Atualmente, o diretório é composto por quatro coordenadorias com um líder em cada. São elas:

- *Acadêmica*: Com quatro membros, esta é responsável por toda documentação que envolve a gestão, pela representação junto ao DCE (Diretório Central dos Estudantes) e pela confecção de quaisquer cartas necessárias ou contratos realizados.
- *Comunicação*: É composta por seis membros, é responsável pela imagem do DAEP, pela divulgação de todas as atividades realizadas pelo diretório, como por exemplo, eventos e parcerias fechadas.
- *Financeira*: Formada por três membros, tem como função a gestão das finanças do DAEP, sendo também responsável pela obtenção de patrocínios e estruturação de orçamentos.
- *Geral*: Composto pelo coordenador e vice-coordenador; tem como finalidade o gerenciamento e a liderança dentro da chapa, direcionando toda a equipe para cumprir os objetivos inicialmente traçados.

Além das coordenadorias citadas, o DAEP também conta com uma equipe formada por quatro membros de gestões passadas, denominados conselheiros. Estes contribuem com a experiência e disseminar o conhecimento, dando suporte à nova gestão.

Seguindo o propósito inicial do projeto, de melhoria e manutenção do curso e do bem-estar dos estudantes, o DAEP promove anualmente duas atividades interativas, proporcionando recreação e lazer. Primeiro, um churrasco de integração, que acontece nas primeiras semanas após o início do ano letivo, envolvendo “calouros”, estudantes de todos

os períodos e professores. Além desse churrasco, no segundo semestre ocorre também a “Copa DEP”, um campeonato de futsal composto por times dos cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica.

Já no âmbito acadêmico, o DAEP tem como principal evento o SAEPRO (Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção). Criado no ano de 2005 e realizado em parceria com o PET-EPR (Programa de Educação Tutorial de Engenharia de Produção), esse evento promove palestras de profissionais consagrados no país, que contribuem com orientações, compartilham experiências e enriquecem os participantes com conceitos e ferramentas referentes ao mercado de trabalho.

Além disso, o evento oferece minicursos, cujos conteúdos estão ligados ao tema do simpósio, e que são úteis para uma formação mais ampla e completa dos estudantes. Têm-se ainda como parte do SAEPRO, mesas redondas, grupos de discussão e visitas técnicas. Ademais, sendo ainda mais relevante, o SAEPRO recebe e avalia, com auxílio dos professores do DEP, artigos científicos, potencializando a produção científica da região.

Outro evento anual importante que o Diretório Acadêmico de Engenharia de Produção participa é o chamado “Dia da Graduação da UFV”, uma semana em que alunos da região vêm ao campus conhecer um pouco mais sobre cada curso que a UFV oferece. Neste momento, os membros do DAEP, assim como de outros projetos de extensão, participam das apresentações do curso de Engenharia de Produção.

Juntamente a estes eventos anuais, dentro da gestão existem comissões que tratam de assuntos requisitados pelos estudantes, como o projeto “Cartas de estágio” em que juntamente com um professor orientador, são intermediados os contatos entre os estudantes e as diversas empresas que se interessam em contratar estagiários. E ainda, o projeto “Comissão de ensino” que busca melhorias em nível acadêmico para o curso na UFV.

Apesar de ser um projeto que visa melhoria não somente para seus membros, e sim para todos estudantes, o DAEP oferece vários benefícios para quem participa. Para finalizar segue o depoimento do acadêmico João Vitor Ribeiro Santos, falando um pouco sobre esses benefícios.

“Eu trabalhei no diretório acadêmico nas gestões de 2013 e 2014 e fui conselheiro na gestão de 2015. Trabalhar nesta instituição renderam-me oportunidades de desenvolver atividades que aperfeiçoariam as minhas habilidades e mudariam a minha visão de mundo. Eu desenvolvi atividades como a realização de visitas técnicas, a organização de eventos de integração para o curso de Engenharia de Produção e tantas outras que sempre visaram melhorar o curso e as pessoas da nossa universidade, prezando não em obter conhecimento ou destaque, mas sim em ajudar os outros para que pudessemos traçar um caminho comum, no qual todos saíssem ganhando. Com o trabalho em equipe e com as reuniões, eu tive que aprender a aceitar a ideia dos demais (apesar de muitas vezes não concordar com as mesmas), o que me fez perceber que na maioria das vezes o que importa não é estar certo, mas saber lidar com as dificuldades a fim de atingir o melhor resultado possível para o grupo.

Quanto ao desenvolvimento das minhas habilidades eu posso citar que quando eu cheguei ao Diretório, no início de 2013, eu não sabia me expressar e tinha muito medo de expor a minha opinião aos demais, mas com as atividades (como quando no “Dia da Graduação da UFV” de 2013, tive que ministrar uma apresentação juntamente outros membros do DAEP para estudantes de ensino médio, sendo que reunimos uma plateia de aproximadamente 50 pessoas no Espaço Multiuso) eu tive que aprender na prática a me comunicar, perdendo assim o medo, fato que acho imprescindível para conseguir abraçar as oportunidades que o mercado de trabalho tem a oferecer.

Finalizo o meu depoimento falando um pouco sobre o networking que o diretório me forneceu: Antes de 2013 o meu único contato com os alunos, professores e com o departamento era por meio de aulas. Após a minha entrada eu conheci muita gente envolvida em processos de liderança, como os membros do DCE, tive muito mais contato com os professores (principalmente na realização do SAEPRO) e tive que aprender a negociar, sabendo os meus limites, com o departamento. Sendo assim concluo que o meu trabalho no diretório valeu muito a pena e se mostrou importantíssimo para o meu crescimento pessoal e profissional”.

### 14.3. EMPRESA JÚNIOR - SOLUÇÕES CONSULTORIA

Como uma de muitas formas de aprendizado e crescimento extra-curricular, a empresa júnior de Engenharia de Produção e Mecânica da Universidade Federal de Viçosa, Soluções Consultoria, foi criada por um pequeno grupo de alunos no ano de 2003, que sentiu a necessidade de conhecer melhor a dinâmica do mercado de trabalho. Mais do que conhecer o mercado e adquirir conhecimentos técnicos, os alunos compreenderam que ser um empresário júnior é participar de uma rede, conhecida como movimento empresa júnior.

O Movimento Empresa Júnior (mais conhecido como MEJ) surgiu na França, em 1967, chegando ao Brasil no ano de 1988. Este tinha como principal objetivo complementar a formação acadêmica dos participantes, mas, ganhando força expressiva no país, o movimento agora também se propõe a formar jovens empreendedores. Devido à sua grande aceitação no país, o Movimento Empresa Júnior no Brasil é o maior do mundo, constituindo uma enorme rede de networking e oportunidades, possibilitando troca de informações e conhecimento entre estudantes de cursos diversos, que atuam em diferentes nichos de mercado e em diferentes regiões do país.

O Movimento é uma rede formada por diversas empresas juniores, que atuam em diferentes áreas. A empresa júnior é uma associação civil sem fins econômicos, constituída e gerida por alunos de graduação de instituições de ensino superior. No caso, a empresa júnior Soluções Consultoria é formada por alunos de Engenharia de Produção e Mecânica da Universidade Federal de Viçosa, e presta serviços desenvolvendo projetos nas áreas pertinentes aos cursos citados, para empresas seniores, entidades e sociedade, em geral, sob a orientação dos professores do departamento.

A estrutura organizacional da empresa é composta pela área estratégica, formada pelo presidente e pelo vice-presidente, e por 6 diretorias, sendo elas: Administrativo-Financeiro e Jurídica, Marketing, Projetos, Relações Públicas, Gestão de Pessoas e Qualidade. Cada cargo da empresa tem sua descrição, explicitando as funções e as competências exigidas para ocupá-lo. Com base na descrição dos cargos, os membros

são alocados em cada uma das diretorias com base em suas competências. Os alunos são selecionados a partir de um processo seletivo, que acontece anualmente.

Além dos aprendizados de gestão que a participação em uma empresa júnior possibilita, os Solucionáticos (nome dado aos membros da Soluções Consultoria) também adquirem conhecimento através de projetos externos desenvolvidos em empresas seniores. A Soluções Consultoria, atualmente, possui projetos nas seguintes áreas da Engenharia de Produção: Financeira, Gestão da Produção, Gestão da Qualidade, Gestão Estratégica; além dos projetos voltados para o curso de Engenharia Mecânica, como projetos mecânicos, Climatização e Refrigeração, Seleção de Bombas e Turbinas e Sistema de Gestão da Manutenção.

Outro ponto interessante é que a Soluções Consultoria possibilita não só aos membros participarem da execução de tais projetos, mas também aos demais alunos do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica. Grande parte dos projetos são realizados por uma equipe composta por membros e por não-membros da Soluções, dando a oportunidade aos demais alunos de adquirir conhecimento técnico realizando projetos na área do seu curso.

Em toda a sua história, a Soluções Consultoria realizou projetos em empresas renomadas e reconhecidas nas cidades de Viçosa, Ubá e Ervália, entre outras cidades da região. Grande parte dos projetos apresentados em nosso portfólio foram executados - alguns deles, realizados mais de uma vez -, clientes foram fidelizados e novos mercados foram atingidos. Os membros participaram de pesquisas de mercado, criaram novas metodologias de captação e negociação, bem como o desenvolvimento do relacionamento com o cliente. Tudo isso, alinhado aos aprendizados de gestão, definindo metas e objetivos gerais com o auxílio de ferramentas de gestão estratégica, identificando melhorias nos processos e criando projetos internos para potencialização e otimização das atividades de cada diretoria.

Além disso, a empresa júnior se propõe a capacitar seus membros, não só por meio dos projetos externos e atividades internas da empresa, como também oferecendo cursos em áreas diversas, de acordo com as necessidades levantadas. A Soluções Consultoria, por meio de seus

parceiros, oferece a seus membros treinamentos nas áreas de atuação da Engenharia de Produção, capacitações na área de recursos humanos (como treinamentos de feedback, liderança, coaching, entre outros) e treinamentos que auxiliam diretamente no trabalho diário de um Solucionático, como cursos de planilhas eletrônicas, MS Project, edição de imagens, entre outras ferramentas utilizadas na empresa.

É também evidente o crescimento pessoal que a participação na Soluções proporciona a seus membros. O trabalho cotidiano junto a pessoas de diferentes personalidades estimula o desenvolvimento de competências como trabalho em equipe e comprometimento. Ademais, os membros são estimulados e auxiliados a desenvolverem novas competências, bem como potencializar aquelas que já apresentam. Isso só é possível através do autoconhecimento do mesmo, trabalhado dentro da empresa pela diretoria de Gestão de Pessoas. Outro ponto interessante é que os membros devem saber gerir seu tempo de forma a contemplar atividades acadêmicas e extracurriculares, além das atividades da empresa, sem que nenhuma delas fique desprestigiada.

Pode-se inferir, desta maneira, que a Soluções Consultoria é um mix de oportunidades de crescimento pessoal e profissional e de aquisição de conhecimentos diversos. Ao fazer parte da empresa, o aluno terá a possibilidade de obter conhecimento técnico na área de atuação do seu curso, enquanto potencializa suas competências e conhece realidades diferentes da sua. Além disso, aprende a trabalhar em equipe, desenvolve sua visão sistêmica, se torna mais estratégico, otimiza seu tempo e adquire conhecimento empresarial. Uma oportunidade única para pessoas que querem fazer a diferença.

O depoimento da Solucionática Cássia Freitas e Silva, presidente da gestão 2014-2015, ilustra os benefícios possibilitados pela Soluções Consultoria:

Participar da Soluções Consultoria foi uma das melhores escolhas que eu fiz durante a graduação, pois a empresa júnior é uma oportunidade completa de aprendizagem. Ser um Solucionático vai além de ter profissionalismo e praticar os conhecimentos aprendidos em sala de aula. Ser um Solucionático é trabalhar em equipe,

é ser apaixonado pelo que faz, é viver intensamente cada uma das oportunidades de crescimento pessoal e profissional, é criar laços de amizade, é estar sempre buscando novos desafios, é ter orgulho de ser parte da empresa. E se for para descrever o que é ser um pós-graduação da Soluções Consultoria: essa é a chance de ir para o mundo e ter várias experiências para compartilhar, é ter a certeza de ser uma pessoa melhor preparada para enfrentar os desafios que estarão por vir e é sair da universidade sabendo que sempre poderá voltar e encontrar outras pessoas brilhantes fazendo a nossa EJ cada vez maior e melhor.

#### 14.4. AERODESIGN - EQUIPE SKYWARDS

A Equipe de Aerodesign da Universidade Federal de Viçosa nasceu em junho de 2009 e atualmente é composta por estudantes de Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica e Física da UFV. O principal objetivo deste projeto é a demonstração do quanto importante se faz o direcionamento de estudos para o desenvolvimento, em âmbito universitário, de uma aeronave rádio controlada e não tripulada que viabilize a participação da Equipe Skywards na Competição SAE Aerodesign Brasil – que ocorre anualmente no Centro Técnico Aeroespacial em São José dos Campos – SP. Esta pode ser considerada como uma experiência única e de grande crescimento profissional para alunos da graduação.

A SAE (*Society Of Automotive Engineers*) foi fundada em 1904 nos Estados Unidos por líderes da indústria automotiva e da então nascente indústria aeronáutica, entre eles Henry Ford e Orville Wright. Apenas em 1999 implementou-se em cenário nacional a SAE Aerodesign Brasil, uma competição que incita nas equipes participantes o espírito inovador na Engenharia, destacando-se como referência no Exterior.

Em essência a competição busca aprimorar, no dia a dia do trabalho da equipe, os conhecimentos adquiridos em sala de aula. Além de criar um ambiente realístico, onde habilidades, que não estão no escopo das disciplinas dos cursos, mas que fazem parte do rol de aptidões que os profissionais deverão ter para serem absorvidos pelo mercado de tra-

balho, estão presentes, tais como: trabalho em equipe, relacionamento interpessoal, falar em público, organização e tantas outras que só esse tipo de laboratório pode proporcionar. Tudo isso aplicado para desenvolver um projeto de um produto, no caso uma aeronave, que deverá alcançar um elevado nível de qualidade e inovação, para que os objetivos iniciais possam ser integralmente atingidos.

Devido à complexidade do projeto, a Equipe Skywards é estruturada seguindo a hierarquia do Organograma a seguir (Figura 14.1). Como integrantes da equipe, têm-se um professor orientador, que é quem faz a ligação entre o projeto e a UFV, além de coordenar toda a equipe. E ainda, o capitão, que é responsável pela gestão da equipe, tem o dever de presidir as reuniões; avaliar os resultados alcançados pelas células de trabalhos; tomar decisões de cunho prático nas atividades diárias; solucionar, encaminhar e auxiliar na busca de soluções para os problemas rotineiros; cobrar resultados dos líderes de equipe; nomear, designar representantes; e, responder pelos resultados alcançados pela equipe.

A Skywards conta também com o conselho, formado por ex-membros do grupo, que com suas experiências orientam os integrantes no decorrer do projeto. Seguindo a hierarquia, têm-se os líderes de setores, que são responsáveis diretos pelo desenvolvimento dos trabalhos, condução de seus liderados e pelo desempenho e alcance das metas traçadas, e os gerentes, que desempenham suas atividades de acordo com o seu setor.

Os setores da Gestão, onde os futuros engenheiros de produção atuam, são responsáveis por viabilizar, administrar e organizar todo o processo produtivo da equipe, visando a excelência do produto final, o avião, dentro dos prazos estabelecidos pela SAE. Os setores da área técnica, que são compostos por estudantes de Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica e Física, são encarregados pela construção do avião e do relatório final do projeto, de modo a atender os inúmeros requisitos da competição e a eficiência do projeto da aeronave como um todo.

Tendo como ênfase os setores da gestão, os membros do setor Administrativo, Financeiro e Compras, são responsáveis, principalmente, pelo controle de documentos da equipe e também por administrar os recursos financeiros disponíveis com ética e profissionalismo, reali-

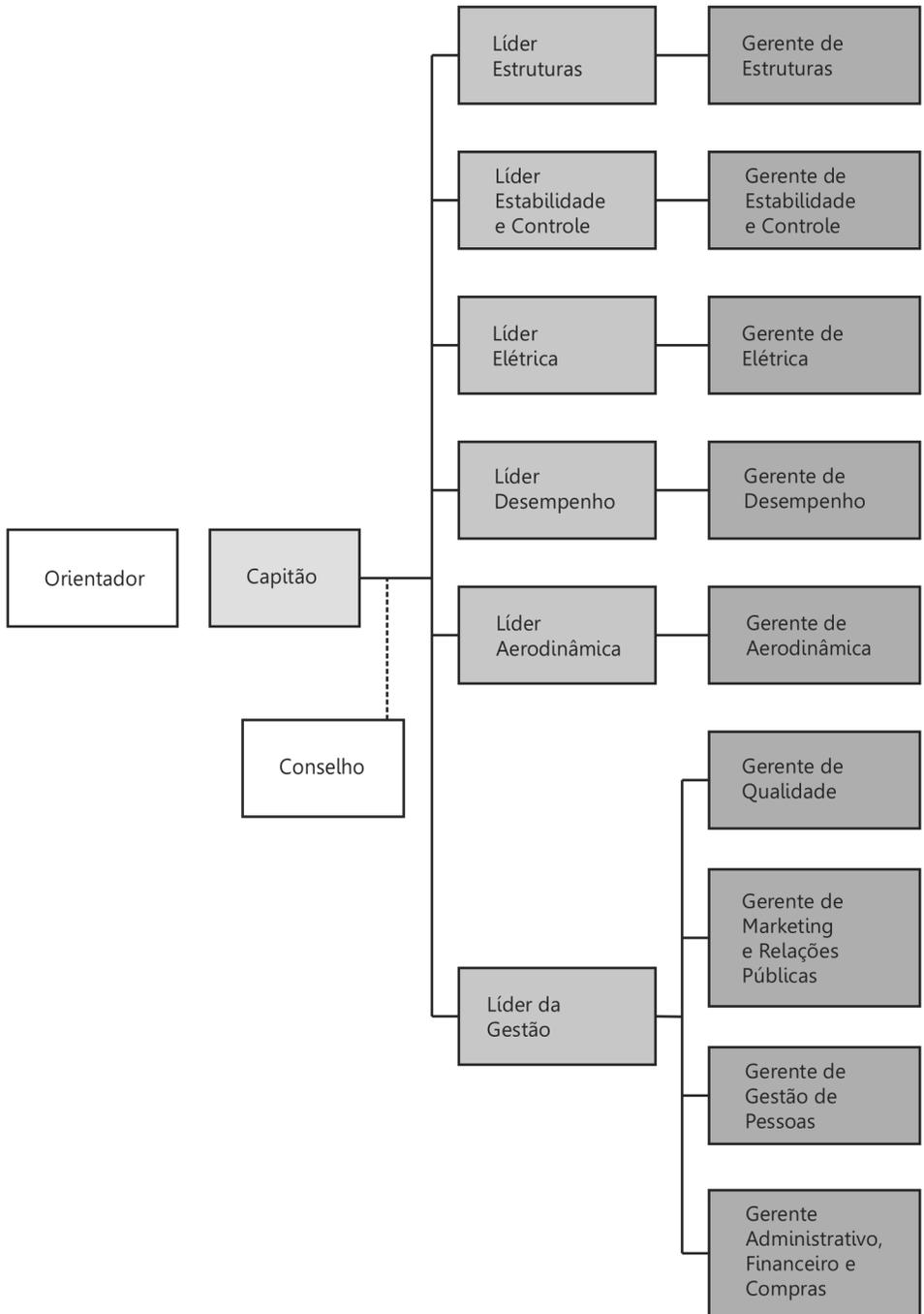


Figura 14.1. Organograma Estrutural da Equipe Skywards.

zando as compras necessárias para a construção da aeronave. A Gestão de Pessoas tem o dever, principalmente, de zelar pelo bom clima organizacional dentro do grupo, promovendo integrações e resolvendo possíveis casos que possam dificultar o bom relacionamento de todos.

Os membros deste setor também são responsáveis por avaliações de desempenho entre os membros, pela criação de programas motivacionais e também por toda a organização do processo seletivo da Equipe Skywards. Os gerentes de Marketing e Relações Públicas são responsáveis por divulgar e prezar pela imagem do Aero, por buscar recursos para o projeto por meio de patrocínios, rifas, venda de camisas e outros, e também pelo contato da equipe com todas as partes interessadas.

Já o setor de Qualidade, é responsável por manter e melhorar continuamente as condições de desenvolvimento da aeronave em todos os setores. Atividades estas, realizadas através de programas e ferramentas da qualidade capazes de potencializar a organização das atividades e prezar pela gestão do conhecimento.

Enfim, a Skywards é um projeto imensamente enriquecedor para os seus membros, pois conta com toda a burocracia e exigência de uma organização, onde o estudante pode perceber o que ele aprende na teoria sendo realmente aplicado em algo palpável. Além do mais, as experiências diárias com quatros cursos diferentes, o faz aprender a comunicar com pessoas de ideias distintas das suas, que no final, se tornam verdadeiros amigos.

Buscamos alguns ex-membros para contarem um pouco sobre as suas experiências na Skywards:

“Acredito que a maior e melhor experiência que tive nesses cinco anos de UFV foi fazer parte durante toda a minha graduação da Equipe Skywards de Aerodesing. Foram anos de intenso aprendizado, com aviões voando, aviões caindo e uma imensa alegria por ter feito parte dessa família. Esta me fez aprender a lidar com vários tipos de pessoas, trabalhar em grupo, planejar todo o processo produtivo, cumprir prazos, lidar com fornecedores, divulgar a imagem da equipe e representar a nossa Universidade em uma competição de engenharia em nível nacional. Nada mais gratifi-

cante que ver seu avião voando! Devo grande parte do meu conhecimento como futura engenheira de produção à essa equipe. Aconselho todos a fazerem parte da Skywards!” Lígia Cunha Galvão de França – Graduada em Engenharia de Produção

“Participar da equipe Skywards foi, pra mim, um grande desafio no início. Realizar diversas atividades no setor financeiro, sendo que eu ainda não possuía muita experiência no desenvolvimento de projetos, ainda mais tão complexo como esse, certamente não foi tarefa fácil. Era necessário lidar com diversas atividades em prazos muito curtos. Entretanto, rapidamente esse sentimento de “não sei o que fazer” passou, pois toda a equipe sempre foi muito unida e disposta a ajudar os novatos. Pude, então, trabalhar com pessoas excelentes e fazer grandes amizades e no fim após muito trabalho sempre chega à recompensa. Ver o projeto desenvolvido pela equipe Skywards, aquela aeronave que deu tanto trabalho para ser produzida, competir com as aeronaves de diversas outras instituições de renome em âmbito nacional é realmente muito gratificante. Sem dúvidas aprendi muito e me tornei muito mais capacitado ao trabalho em equipe. Só tenho a agradecer aos Departamentos de Engenharia de Produção e Mecânica por apoiar um programa tão enriquecedor, tanto pessoal, como profissionalmente, aos coordenadores Paulo Büchner e Charles Silva e toda a equipe! Aqueles que quiserem aprender mais colocando os conhecimentos em prática não hesitem. Fazer parte da equipe Skywards é sem dúvida um ótimo caminho!” Estevão Luís Romão – Graduando em Engenharia de Produção.

## 14.5. UFVbaja

Em 1976, a *Society of Automotive Engineers* (SAE) International, entidade integrada por empresários, acadêmicos, executivos, engenheiros e técnicos, criou nos EUA uma competição para estimular jovens estudantes de engenharia. O desafio, originado a partir do projeto denominado Baja SAE, convida os estudantes a desenvolverem veículos de competição fora-de-estrada (*off-road*), que se configura como um laboratório de formação para os futuros profissionais do setor. Já no ano

de 1995, a competição foi introduzida no Brasil pela SAE BRASIL (Sociedade de Engenheiros da Mobilidade). Deste então, esta tem crescido gradativamente no país, tornando-se uma das mais importantes atividades extracurriculares para estudantes de engenharia (SAE, 2009).

O Programa Baja tem o objetivo de contribuir para a formação profissional do estudante de engenharia. Em sua realização, os alunos da equipe trabalham no projeto, fabricação e teste de veículos baja – protótipos off-road, monoposto e robusto – visando participar das competições BAJA regional e nacional, promovidas pela SAE (Sociedade dos Engenheiros de Mobilidade). Os alunos participantes vivenciam o conhecimento adquirido em sala de aula, aplicando ferramentas de projeto utilizadas na indústria.

Ao longo de todas as atividades vinculadas ao projeto do veículo, os estudantes devem trabalhar em grupo para a solução de problemas em diversas áreas do conhecimento em engenharia, desenvolvendo assim características imprescindíveis ao mercado de trabalho, como capacidade inovadora, visão estratégica e habilidade de trabalhar em equipe. Segundo Marques (2009), desde a criação desta nova atividade estudantil inovou-se o processo de formação dos engenheiros, contribuindo para o Brasil alcançar patamares de destaque no cenário mundial.

A partir da iniciativa de alguns alunos, em outubro de 2008, a equipe UFVbaja foi fundada. Para a formação da mesma, visou-se focar em alunos que possuíssem um perfil dinâmico e empreendedor, preparados para trabalhar com diversos grupos e áreas do conhecimento. A equipe envolve alunos dos cursos de Engenharia Mecânica, Elétrica, Produção e Agrícola e Ambiental. Os graduandos dispõem do auxílio dos docentes dos respectivos departamentos, bem como sua infraestrutura (laboratórios, acervo bibliográfico, oficina, entre outros).

A Equipe é subdividida em duas áreas principais: Técnica e Gestão. Dentro destas grandes áreas têm-se subdivisões. São elas, subáreas da Técnica: Transmissão e Motor; Estrutura e Design; Freios e Acionamento; Suspensão e Direção e Elétrica e Eletrônica; subáreas da Gestão: Qualidade; Gestão de Pessoas; Administrativa e Financeira e Marketing e Relações Públicas. Cada uma dessas subáreas tem um gerente que é

responsável por monitorar e auxiliar as atividades desenvolvidas pelos membros. Além do cargo de gerente têm-se os cargos de Capitão; Vice Capitão e Piloto; todas essas funções são distribuídas entre os alunos participantes do projeto.

O depoimento do aluno Maurício Trindade ilustra as contribuições possibilitadas pela atividade:

“[...] Há um ano atrás entrei como estagiário na Equipe UFVba-ja Pererecas – estava no 4º período de Engenharia de Produção, não sabia muita coisa, mas carregava comigo uma vontade enorme de fazer parte do projeto e levar a equipe a patamares cada vez mais altos. De lá pra cá me tornei membro e agora sou gerente de Marketing e Relações Públicas; posso afirmar que é quase imensurável o amadurecimento e as experiências profissionais que já adquiri dentro da Equipe, os contatos que fiz, o desenvolvimento da comunicação, a capacidade de lidar com diferentes tipos de pessoas e personalidades e a habilidade de programar e planejar minhas ações para conseguir executar todas as tarefas com tempo e qualidade. Vejo que o projeto é uma simulação real do que encontraremos no mercado de trabalho, então diariamente enfrentamos problemas que empresas ‘reais’ lidam e desde agora estamos sendo treinados para resolvê-los [...]”.

Maurício Trindade

O papel do estudante de engenharia de produção na Equipe Pererecas, – nome pelo qual o projeto é mais conhecido – é inter-relacionar todos os processos e áreas do Baja, sendo o elo entre as atividades desenvolvidas. Além disso, ele é responsável pela parte de gestão estratégica da Equipe, o que inclui marketing, compras, qualidade, gestão de pessoas, finanças e relações públicas. Apesar de não ser o foco da Engenharia de Produção, o ciclo básico das engenharias dá condições para que o graduando desse curso possa contribuir na parte técnica do projeto, isto é, na mecânica e elétrica do off-road. Tal fato configura a oportunidade do engenheiro de produção aperfeiçoar os conhecimentos dessas áreas mais específicas, tornando-se um grande diferencial para o mercado de trabalho. Além de possibilitar que este profissional possa



Figura 14.2. Foto do protótipo UFVbaja - Competição Nacional de 2017.  
Fonte: Corsários Baja.

buscar formações mais avançadas nestas áreas, como pós-graduação, mestrado, doutorado e pós doc.

Desde 2008 (seu ano de fundação), a equipe participou de competições, atingindo, em 2014, seu melhor resultado, sendo a 14<sup>o</sup> colocada na etapa nacional, entre as 72 equipes inscritas. Assim, atingiu-se a meta definida no início do projeto, que era ficar entre as 15 melhores Equipes do Brasil.

Destacam-se as provas de Aceleração, Suspension & Traction e Velocidade, nas quais a equipe ficou entre os 10 primeiros lugares. Nesse caso, o foco da equipe foi em robustez, idealizando um veículo que fosse confiável em todas as provas da competição. Com a utilização de componentes de qualidade superior, foi possível atingir a meta proposta sem danos e avarias no protótipo, mesmo com regras mais difíceis.

Pode-se concluir, a partir da experiência da UFVbaja, que o projeto Baja SAE é de fundamental importância para qualificação e preparação do estudante, uma vez que as atividades e problemas que solucionamos no dia a dia assemelham-se com os vivenciados por qualquer empresa. Dessa forma, os participantes conseguem absorver um vasto conheci-

mento e experiência que serão tidos como diferencial. Para finalizar e ilustrar um pouco do desenvolvimento pessoal e profissional proporcionado pelo Baja, segue um depoimento do ex-capitão e ex-piloto da nossa Equipe, Rodrigo Tanigava;

“Iniciei na equipe no fim de 2009 como estagiário, eu e mais 2 membros fomos selecionados no 3º processo seletivo. Tive o grande prazer de participar da construção do 1º baja de Viçosa, famoso Landaja. Fui comissário durante a Regional de 2010 e pude presenciar as primeiras 6 inesquecíveis voltas do nosso carro, até o juiz decidir que o Landaja representava risco demais para poder continuar! Mas a satisfação de ver algo que você ajudou a desenvolver e construir andando na pista é incrível e a partir daí tive certeza de que estava no lugar certo.

Com o passar dos anos me tornei Gerente de Estruturas, depois Gerente de Susp&Dir, Piloto e Capitão. Particpei do projeto até o fim da minha graduação e pretendo participar dele após ter terminado também. Acho que o baja tem muito disso, as pessoas que estão envolvidas com o projeto não recebem por isso, pelo contrário, muitas vezes pagam para participar. Estão ali pela simples vontade de estar sempre aprendendo e sendo desafiados a melhorar a cada competição e por isso o projeto por si só acaba selecionando os melhores estudantes.<sup>22</sup>

Atualmente trabalho com projeto de Freios e Comandos em uma montadora, posso dizer que só consegui o emprego graças ao Baja. Não tive experiência em empresa alguma durante meu período de estágio, porém me senti bastante confiante para trabalhar em uma empresa de grande porte apenas por ter feito parte do projeto. Vejo muita semelhança entre o que eu faço agora e o que eu fazia quando era da equipe, o “como agir” diante de situações desafiadoras é a mesma coisa. O baja te ensina e te dá força a ser proativo, se você e sua equipe não faz acontecer, ninguém vai fazer.

Quando fazia parte da equipe não tinha noção do quanto o projeto te prepara para o mercado até estar realmente nele. ”.

Rodrigo Tanigava

## 14.6. NEMOS

O Núcleo de Engenharia de Modelagem e Simulação (NEMOS) é uma organização vinculada ao Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP-UFV). Atualmente, o foco do trabalho é a aplicação de técnicas de modelagem e simulação (CFD e parâmetros concentrados) a sistemas fluido-térmicos (exemplos na Figura 14.3). Hoje a organização conta com uma equipe composta de cinco professores orientadores e aproximadamente 30 graduandos de Engenharia Mecânica e de Produção.

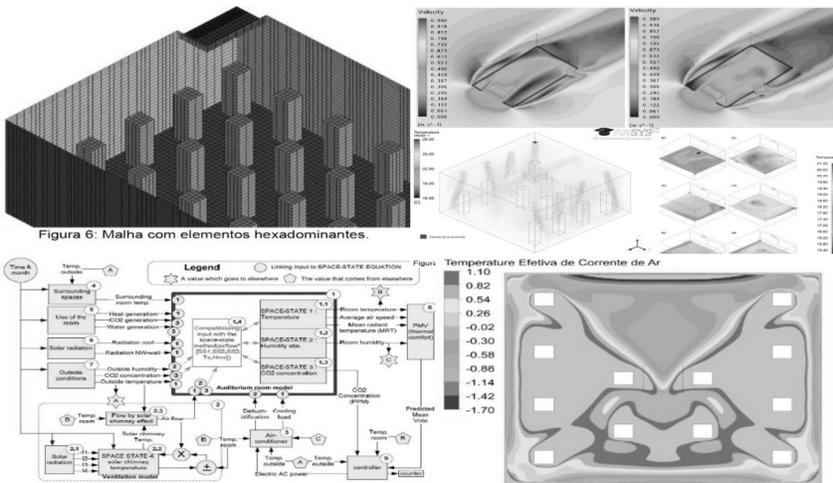


Figura 14.3. Exemplos de trabalhos realizados no NEMOS.

O objetivo do NEMOS é proporcionar aos estudantes que fazem parte da nossa equipe uma experiência acadêmica e profissional diferenciada através de participação em projetos coordenados por professores. A sua estrutura organizacional busca trazer para dentro da graduação um ambiente de trabalho empresarial no qual o estudante tem oportunidade de desenvolver várias competências como: Comunicação Oral, Comunicação Escrita, Comprometimento, Liderança, Adaptabilidade, Paciência, Trabalho em Equipe, Iniciativa, Planejamento do Tempo e Organização, Foco em Resultados, Domínio das Ferramentas Tecnológicas, Desenvolvimento de Projetos de Modelagem e Simulação, Análise Crítica, entre outras. Dentro do NEMOS têm-se a equipe técnica e a equipe de gestão.

A equipe de gestão preocupa-se com a gestão de processos, recursos e pessoas dentro do NEMOS, além do planejamento estratégico. A organização é dividida em quatro Diretorias de Gestão: Geral, Pessoas, Projetos e Qualidade conforme apresentado na Figura 14.4. Essas Diretorias são responsáveis pelas seguintes atividades dentro do âmbito do NEMOS: avaliações de desempenho, processos seletivos, coaching, treinamentos, elaboração e acompanhamento de cronogramas, auditoria internas, mapeamento de processos, descrição de cargos e funções, gestão por competências, planejamento e acompanhamento de projetos, planejamento estratégico, entre outras. Nessa equipe estão os estudantes que gostam de trabalhar na área de gestão.



Figura 14.4. Organograma geral do NEMOS.

A Coordenação do NEMOS é composta por um Conselho Gestor, formado atualmente por três professores orientadores (Danielle Dias S. Martins, Alexandre Navarro e Álvaro M. Bigonha Tibiriçá), sendo um deles Coordenador Geral do NEMOS (Álvaro M. Bigonha Tibiriçá). A função do Conselho Gestor é o orientar todos os trabalhos de gestão do NEMOS e a partir das discussões com a equipe de gestão traçar metas de melhoria contínua e fazer, em conjunto com a Direção Geral, o planejamento estratégico do NEMOS.

A equipe técnica preocupa-se com a execução dos projetos que, em grande maioria, envolvem a utilização de técnicas de modelagem e simulação. Na Engenharia, as técnicas de modelagem e simulação são ferramentas essenciais no projeto de sistemas. Elas permitem ao En-

genheiro otimizar projetos diminuindo a necessidade da construção de protótipos de teste, economizando tempo e dinheiro. Atualmente trabalhamos com simulações de sistemas de ar-condicionado e ventilação, e de equipamentos fluido-térmicos como bombas hidráulicas, pás de turbinas eólicas, motores de combustão interna e trocadores de calor. Utilizamos as técnicas de simulação mais avançadas nesta área. Nessa equipe estão os estudantes que gostam de trabalhar com projetos e modelagem/simulação relacionados a sistemas fluido-térmicos.

## Nosso Produto: P&D

Atualmente nosso principal produto é a análise e solução de problemas de Engenharia Térmica e de Fluidos, isto é, somos uma organização de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Os professores orientadores (Diretoria de P&D) trazem problemas atuais de Engenharia que são estudados por estudantes. A partir do entendimento do problema, usando ferramentas de modelagem e simulação, o(s) estudante(s) propõe(m) soluções para o problema. Durante todo o processo de desenvolvimento do projeto, o estudante é acompanhado por um orientador e segue diretrizes elaboradas pela equipe de gestão do NEMOS. Entre as etapas de um projeto de P&D estão: Embasamento Teórico, Benchmarking, Modelo & Simulação e Redação de Artigo.

## Nossa História

Os primeiros trabalhos de Modelagem e Simulação, que deram origem ao NEMOS, foram desenvolvidos por dois alunos de TCC (trabalho de Conclusão de Curso): Ronaldo Cumplido e André Coelho (2010/2011). A partir daí o número de trabalhos foi aumentando. Em menos de um ano já eram mais de 10 estudantes desenvolvendo trabalhos nesta área e publicando os resultados em congressos importantes do país. Dessa equipe surgiu o NEMOS em novembro de 2012. O grande número de trabalhos de P&D em Engenharia em 2013 demandou a criação de uma nova área no NEMOS: GESTÃO. A Figura 14.5 mostra alguns dos nossos primeiros colaboradores na área de Modelagem & Simulação. Alguns participaram do NEMOS antes da fundação do mesmo, em 2012.



Sempre houve uma preocupação com a gestão no NEMOS. Inicialmente ela era feita com ajuda de estudantes que desenvolviam trabalhos na área de Modelagem & Simulação e colaboravam com a gestão da organização. No entanto, apenas no segundo semestre de 2013, passamos a ter uma equipe dedicada a gestão, inicialmente formada por um estudante de Engenharia Mecânica (Rieder), duas alunas da Engenharia de Produção (Nabila e Amanda Brunoro) e a colaboração do Prof. Nédson Campos. Nos dois semestres seguintes tivemos entrada de novos membros.

## 14.7. CREA-MG JÚNIOR

O CREA-MG Júnior é uma entidade estudantil criada através do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG), que tem por finalidade criar um sólido elo entre os futuros profissionais da área tecnológica e o Sistema CONFEA/CREA, bem como desenvolver habilidades e competências dos estudantes.

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG) é a autarquia federal responsável pela regulamentação e fiscalização do exercício dos profissionais de Engenharia, Agronomia, Geologia, Geografia e Meteorologia, tanto de nível superior, quanto técnico. Ao longo de seus mais de 75 anos, o CREA-Minas, no cumprimento de sua missão, tem como objetivo garantir mercado de trabalho aos profissionais legalmente habilitados, impedindo a atuação de leigos. Para a sociedade, isso significa segurança e qualidade nos serviços prestados.

Buscando sempre destacar a função e a importância do CREA-MG e o papel social dos profissionais ligados a ele, o CREA-MG Júnior tornou-se um multiplicador de lideranças estudantis dentro das universidades mineiras e também na sociedade.

### Origem e desenvolvimento do CREA-MG Júnior e do CREA-MG Júnior Núcleo Viçosa

A ideia da criação de uma instância representativa dos estudantes no CREA-MG foi primeiramente sugerida em 1999, pelo então estudante



Figura 14.6. Missão, visão e valores do NEMOS.

de engenharia civil Dartagnan Lino Viana, da Faculdade Kennedy, em Belo Horizonte, com o objetivo de propor ações que suprissem as demandas dos estudantes junto ao conselho. Após a eleição do presidente do CREA-MG, Marcos Túlio de Melo (gestão 2000/2005), cuja proposta previa a criação dessa instância representativa dos estudantes, foi aprovada e criada em reunião Plenária, realizada em 13 de abril de 2000 a Comissão Especial, oficializando o surgimento do CREA-MG Júnior.

Atualmente são 45 núcleos no estado de Minas Gerais e em 2015, o CREA-MG Júnior completa 15 anos de atividade, afirmando cada vez mais o seu caráter como fórum em que os estudantes possam debater os temas nacionais e com isso contribuir para o desenvolvimento das suas profissões e para o futuro do país.

Dentre os objetivos do Crea Júnior estão: aproximar o CREA-MG dos estudantes, destacando sua função e sua importância na vida profissional; formar as futuras lideranças do CREA-MG; assessorar os estudantes e recém-formados em suas relações com o mercado de trabalho; apoiar movimentos empreendedores estudantis; enfatizar ética e valorização profissional; discutir o futuro e o papel social dos profissionais do CREA-MG; implementar ações sociais; estimular a capacidade de trabalhar em grupo, a criatividade, a iniciativa e a flexibilidade diante de situações

problemáticas tendo em vista a enorme deficiência das universidades.

Em Viçosa, o CREA-MG Júnior teve início em meados de 2005, e após um período de paralisação das atividades, houve uma reativação efetiva do núcleo em 2008. Desde então, o núcleo vem realizando projetos e atividades para cumprir o seu papel perante a comunidade acadêmica e a sociedade.

Este papel fundamenta-se em: propiciar a integração dos estudantes das áreas tecnológicas à realidade do mundo do trabalho; orientar os acadêmicos quanto à legislação que regulamenta suas profissões; inserir os acadêmicos dentro da vida institucional do sistema; oferecer serviços informativos e de complementação curricular técnica para valorizar o futuro profissional, como palestras e visitas técnicas para aperfeiçoamento profissional; disponibilizar para estes acadêmicos demais serviços e parcerias que o Conselho possa oferecer.

O CREA Júnior – Núcleo Viçosa possui sua sede atual no Laboratório de Engenharia de Agrimensura sendo composto por estudantes dos cursos superiores vinculados ao CREA-MG da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde (UNIVIÇOSA) e Faculdade de Viçosa (FDV), sendo que os membros do núcleo participam da comissão voluntariamente, através da realização de processos seletivos periódicos. Após o processo seletivo, os selecionados tornam-se trainees para que o núcleo possa avaliar a sua capacidade de trabalhar em grupo, a sua pró-atividade e motivação, além de analisar o seu perfil para encaixá-lo na coordenadoria mais adequada.

Estrutura Organizacional

O núcleo conta atualmente com 5 coordenadorias, que em conjunto ficam responsáveis pelo desenvolvimento e finalização das atividades desenvolvidas pelo núcleo. São elas:

- *Coordenadoria Geral*: Tem a responsabilidade de assumir, isolada ou solidariamente as funções de gerir a organização geral do núcleo, além de ficar responsável pelo cumprimento do Estatuto do CREA-MG Júnior e do Regimento do CREA-MG Júnior – Núcleo Viçosa.
- *Coordenadoria de Gestão de Pessoas e Qualidade*: Tem como função a

manutenção do clima organizacional e também o controle de qualidade do núcleo. Além disso, é a coordenadoria responsável por elaborar o processo seletivo e período trainee.

- *Coordenadoria de Comunicação e Marketing:* Tem como objetivo intermediar o contato entre o CREA-MG Júnior – Núcleo Viçosa e demais entidades/empresas parceiras, assim como com os estudantes vinculados ao Sistema CONFEA/CREA. É responsável pela divulgação da imagem do Núcleo, pela criação de artes, banners e panfletos durante a realização de eventos, atualização das redes sociais e confecção dos certificados dos eventos.
- *Coordenadoria Financeira:* A Coordenadoria Financeira baseia-se no controle de fluxo de caixa do núcleo, juntamente com planejamentos que andam paralelos à coordenadoria de projetos almejando uma ampliação do capital do mesmo. Além de que, as questões burocráticas também são tratadas por essa coordenadoria.
- *Coordenadoria de Projetos:* A Coordenadoria de Projetos e Eventos tem a missão de elaborar e planejar quando, como, onde e o que o CREA Jr. irá desenvolver durante a gestão (palestras, minicursos, dentre outras atividades). Procuramos ter um contato com profissionais das mais diversas áreas, para podermos correlacioná-los com os interesses do nosso público (graduandos dos cursos vinculados ao CREA) e assim realizar eventos que agradarão a todos em geral.

## Atividades e projetos

O CREA-MG Júnior – Núcleo Viçosa é responsável por promover discussões, debates, palestras, seminários, minicursos, cursos de capacitação e visitas técnicas sobre temas relacionados com as diversas profissões tecnológicas, envolvendo tanto o mercado de trabalho como a jornada universitária do futuro profissional, além de abordar conteúdos inerentes ao Sistema CONFEA/CREA. Os nossos principais projetos desenvolvidos são:

- SEAG (Semana das Engenharias, Agronomia e Geografia).
- Café Com Conhecimento.
- Se Liga: Fronteiras Universitárias.

- Palestra dos Formandos.
- Ações Sociais.

## 14.8. ENGENHEIROS SEM FROTEIRAS

Os Engenheiros Sem Fronteiras (ESF) compreendem um movimento mundial composto por várias organizações, formadas por grupos de engenheiros ou estudantes que têm como objetivo realizar projetos sustentáveis de engenharia direcionados ao desenvolvimento da sociedade, criando soluções para os problemas enfrentados por comunidades e pessoas carentes. Dessa forma, pretendemos melhorar a qualidade de vida da população, contribuindo de forma relevante para o desenvolvimento sustentável.

A Diretoria Nacional, sediada em Viçosa, tem como objetivo gerenciar os Núcleos que compõem o ESF-Brasil espalhados por todo o país, garantindo que eles possam realizar os projetos conforme a filosofia da organização. O ESF-Brasil conta hoje com dois setores principais, a Presidência e o Setor de Desenvolvimento, que trabalham a fim de promover o desenvolvimento do movimento no nosso país.

A Diretoria Nacional e os Núcleos são auxiliados pelos seus Conselhos Fiscal, Consultivo e Administrativo, que apoiam e facilitam o trabalho dos ESF. A organização conta ainda com parceiros como a DataCont e Centev/UFV. Os ESF ainda estabelecem parcerias com outras organizações, como ONGs locais com as quais os Núcleos realizam projetos de forma colaborativa. Instituições de Ensino Superior e a iniciativa privada também são essenciais para que o trabalho dos ESF seja possível, através de apoio, como o patrocínio, destacando-se os casos da Universidade Federal de Viçosa, Alcoa e CH2M Hill. Além disso, qualquer um pode se associar e auxiliar com doações mensais.

### História

A iniciativa surgiu na década de 80, na França, quando um grupo de Engenheiros, inspirados pelos Médicos Sem Fronteiras, decidiu utilizar o conhecimento adquirido para auxiliar pessoas e comunidades alheias

aos interesses e dedicação privado e governamental. Na França, os projetos eram cuidadosamente elaborados e, posteriormente, realizados em países em desenvolvimento, prática que é comum ainda hoje nos ESF de países desenvolvidos.

Com o passar do tempo, as ações ganharam notoriedade e grupos de engenheiros começaram a se reunir em outros países, replicando o modelo ao redor do mundo. Na década de 90, o ESF já estava em outros países da Europa e no início dos anos 2000 chegou aos Estados Unidos. Hoje, o movimento está presente em mais de 60 países, incluindo Brasil, Argentina, Canadá, Reino Unido, Itália, Alemanha, Serra Leoa, Gana, Iraque, Coreia do Sul e Austrália, trabalhando com um orçamento de milhões de dólares, que leva desenvolvimento a milhares de pessoas.

Devido ao surgimento de diversos grupos ao redor do mundo, foi criado o *Engineers Without Borders – International* para estimular a troca de experiências entre os diversos grupos dos ESF, conectar membros e contribuir para a criação de uma geração de engenheiros atuante e mais preocupada com a causa social.

## Os Engenheiros Sem Fronteiras no Brasil

Em 2009, o estudante Thiago Bedette, aluno de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Viçosa (UFV), estava em uma viagem de intercâmbio, nos Estados Unidos, quando por acaso, conheceu os ESF em uma apresentação da ONU em Nova York. Interessado, resolveu pesquisar sobre o movimento e decidiu reunir pessoas com ideais semelhantes para darem início às atividades dos ESF no Brasil. A iniciativa teve início em 2009, e logo, com projetos sendo executados, percebeu-se a necessidade de criar um órgão que coordenasse a organização, enquanto outro realizava projetos. Assim, em 2010 foram fundados o Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Viçosa, bem como o ESF – Brasil.

Os Núcleos são a parte da organização que tem contato direto com os beneficiados, realizando os projetos, ações sociais e campanhas. Já a Diretoria Nacional deve trabalhar na expansão dos ESF e no gerenciamento dos Núcleos. Todos os projetos são realizados de forma voluntária, reforçando o caráter solidário dos ESF.

Até 2015, os ESF já atuavam em mais de 20 cidades em quatro regiões do país, realizando projetos de melhoria de infraestrutura, programas de capacitação e campanhas direcionadas a comunidades e instituições menos favorecidas. Além disso, todos os dias, interessados entram em contato com a Diretoria Nacional, querendo atuar em Núcleos ou até mesmo fundá-los.

## Os ESF-Brasil

Sediados no Núcleo de Desenvolvimento Social e Educacional no Centro de Desenvolvimento Tecnológico de Viçosa, o Centev/UFV, os ESF-Brasil mantêm uma estreita relação com o Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica (DEP) da UFV. A relação estreita gera um relacionamento frutífero para ambas as partes, uma vez que a associação se beneficia do fato de estudantes da UFV fazerem parte da sua história, enquanto o DEP pode oferecer aos seus estudantes uma atividade extracurricular na maior rede organizada de estudantes de engenharia do país.

A Diretoria Nacional tem como função liderar, fundar, apoiar, integrar e representar os Núcleos. Ainda dentro de suas responsabilidades estão a captação de recursos, organização do Congresso Nacional dos Engenheiros Sem Fronteiras (CBESF), qualificação dos membros dos Núcleos e promoção da organização.

Fundada em 2010, ainda que possa ser considerada muito jovem, a organização já tem seu impacto percebido. Em 2012, Micael Jardim, então Presidente, assumiu a organização na iminência da fundação do segundo Núcleo dos ESF no Brasil, na cidade de Lavras. De lá pra cá, através de muito trabalho, estudo e com o auxílio de um grande número de voluntários, a organização já passa de 20 Núcleos espalhados pelo Brasil, e cresce cada vez mais. A organização já é mencionada em programas de TV, é notícia em jornais locais onde os Núcleos atuam e é convidada por instituições de todo o país para palestras e apresentações.

Durante a expansão, membros dos ESF-Brasil já visitaram diversas cidades do Brasil, como Gramado, Vassouras, Niterói, Juiz de Fora, Belo Horizonte, João Pessoa e Natal. Essas visitas resultam no nascimento de novos Núcleos, despertam o interesse de estudantes e profissionais

pelo voluntariado e apresentam a iniciativa a centenas de pessoas que ainda não conheciam o trabalho desenvolvido pela organização.

Com o crescimento do número de voluntários e do número de Núcleos atuantes os projetos ganham mais visibilidade, geram maior impacto social e proporcionam aprendizado e bem-estar, tanto para os voluntários quanto para os beneficiados. Com um volume maior de ações, a organização passa a ser percebida não apenas nacionalmente, mas também, internacionalmente.

Em outubro de 2014, o Presidente Micael Jardim representou os ESF-Brasil no Congresso Mundial dos Engenheiros Sem Fronteiras, em Washington, Virginia, nos Estados Unidos. Na sua apresentação, relatou o trabalho que vem sendo desenvolvido pela Diretoria Nacional e pelos Núcleos, inclusive auxiliando ESF de outros países e melhorarem suas práticas. E ainda, apresentou os principais projetos dos ESF-Brasil, mostrou o crescimento da organização e como ela começa a transformar o setor social no país e reforçou que os ESF ainda apresentam um imenso potencial a ser aproveitado no Brasil.

Também no ano de 2014, foi realizado o I Congresso Brasileiro dos Engenheiros Sem Fronteiras (I CBESF). O evento, realizado na UFV, reuniu mais de 100 membros de quatro regiões diferentes do país. Organizado pela Diretoria Nacional, o evento foi a primeira oportunidade oficial para que grupos de diferentes cidades do país pudessem trocar experiências, discutir dificuldades, apresentar seus projetos e ações aos demais Núcleos, e compartilhar de um ambiente que propiciasse um grande aprendizado a todos os presentes. Além disso, as relações entre Núcleos estreitaram-se, permitindo que a comunicação fosse mantida após o Congresso, o que torna a atuação dos ESF mais eficiente, uma vez que além do auxílio dado pela Diretoria Nacional, os Núcleos podem trocar informações entre si.

## Os Núcleos

Os Núcleos são formados por grupos de engenheiros ou estudantes de engenharia com o objetivo de realizar projetos sociais que proporcionem aprendizado para os membros e auxiliem na solução de pro-

blemas sociais, gerando bem-estar para os beneficiados e contribuindo para o desenvolvimento sustentável e crescimento econômico do nosso país. Além disso, os Núcleos realizam eventos, cursos e ações sociais – como campanhas de doação de sangue, de agasalhos, de brinquedos, tendo em vista a melhoria das condições de vida dos setores menos privilegiados da sociedade. Alguns Núcleos já estão envolvidos em projetos de melhoria de infraestrutura urbana, de capacitação profissional, de redução do impacto ambiental gerado por atividades humanas, e são livres para criar, atuar e apoiar projetos relacionados à engenharia que tragam benefícios para a sociedade.

A iniciativa dos ESF no Brasil é majoritariamente formada por estudantes de Engenharia. Porém, a atuação de Núcleos formados por profissionais já começa a ser notada. O Núcleo Joinville começou suas atividades recentemente e o Núcleo Rio de Janeiro já executa um projeto de grande porte financiado pela Alcoa Foundation, parceira dos ESF em todo o mundo.

Devido à sua atuação junto à comunidade, os Núcleos são fácil e rapidamente percebidos localmente. O auxílio e apoio, em geral, partem de alguma faculdade, mas em pouco tempo, empresários, políticos e outras associações percebem o trabalho realizado, e tornam-se parceiros, seja através de patrocínios, financiamento ou atuação conjunta. Núcleos como os de Lavras, Vitória, Viçosa e Itabira, já estão consolidados, enquanto outros mais recentes, como o Núcleo Unisinos (da cidade de São Leopoldo, no Rio Grande do Sul) e o Núcleo Vassouras e o Núcleo Rio de Janeiro, já chamam a atenção pela organização de suas ações.

## Os ESF – Núcleo Viçosa

O Núcleo viçosense da iniciativa conta com alunos da UFV, Univiçosa e da Faculdade de Viçosa. É o núcleo mais antigo do país, já está consolidado e realiza projetos diversos na cidade de Viçosa. Os voluntários estão presentes em diversos eventos da Prefeitura de Viçosa, de organizações parceiras e ações sociais organizadas na cidade, e promovem eventos como palestras de qualificação para os estudantes, oficinas, apresentação de projetos, e claro, executam projetos sociais.

Em reconhecimento ao trabalho realizado, o Núcleo ganhou em 2013, o Certificado de Utilidade Pública Municipal, concedido pela Câmara dos Vereadores de Viçosa, bem como um auxílio financeiro para a manutenção de uma sede, situada em um prédio comercial no centro da cidade.

O Núcleo realizou projetos diversos desde a sua fundação. Logo após sua fundação, foi realizado o projeto “Cadeia Produtiva de Juçara”. Juçara é uma fruta típica da Zona da Mata, e membros do projeto ajudaram a desenvolver um planejamento desde a colheita até a comercialização da polpa da fruta em uma cidade do interior de Minas Gerais. O projeto objetivou a exploração sustentável de recursos naturais, incentivou o crescimento da economia familiar e proporcionou aos alunos a aplicação de conhecimentos adquiridos na Universidade na prática.

Outro projeto interessante é o de “Gestão da Qualidade no Hospital São Sebastião”. O projeto foi realizado durante três anos, tendo objetivos diferentes em cada uma de suas fases. Estudantes puderam aplicar os conhecimentos na prática, auxiliando a comunidade Viçosense. Alguns dos resultados do projeto foram a redução do tempo de espera dos pacientes do hospital e a economia no uso de recursos médico-hospitais, devido à padronização dos processos. O Núcleo ainda possui outros projetos como o Programa de Capacitação Profissional (PROCAP), Aquecedor Solar de Baixo Custo e o Sabão Ecológico.

## Projetos

Os Núcleos dos ESF realizam atualmente diversos projetos. Desde campanhas mais simples, como campanhas de doações de agasalhos ou doação de sangue, até projetos que demandam maior planejamento e conhecimento técnico, como construção de abrigos ecologicamente sustentáveis e planejamento de condomínios populares. A seguir, apresentamos alguns dos projetos realizados pelo país.

Um projeto de fácil execução e que já é realizado em pelo menos três cidades é o Projeto Horta Solidária. Criado no Núcleo Lavras e padronizado para replicação pela Diretoria Nacional, o projeto consiste em levar os voluntários às escolas de rede pública em comunidades de baixa renda, onde alunos e professores aprendem sobre consciência e

impacto ambiental, criam uma horta dentro da instituição e consomem os alimentos obtidos na horta nas refeições oferecidas pela escola.

Outro projeto replicado pelos ESF-Brasil é o “Sabão Ecológico”. O projeto tem como objetivo utilizar óleo de cozinha usado para fabricar sabão, que pode ser utilizado na limpeza de utensílios e áreas domésticas comuns. Nas cidades onde o projeto acontece são realizadas oficinas a fim de ensinar a fabricar o Sabão Ecológico. O projeto já colabora para a redução do impacto ambiental, diminuindo o volume de óleo descartado de forma errada. No documento oficial do projeto, recomenda-se também que os Núcleos prestem um serviço de consultoria e treinamento para pessoas carentes, com o objetivo de ensiná-las a produzir e comercializar o sabão, aumentando sua renda e movimentando a economia local.

O Programa de Capacitação Profissional (PROCAP), entretanto, é o foco da organização, por apresentar grande potencial de impacto e transformação social. O Programa, que já vem sendo realizado no Núcleo Viçosa, e que será expandido para o todo Brasil em 2015 e 2016, tem como objetivo capacitar pessoas de áreas pouco privilegiadas, a fim de gerar uma oportunidade de emprego e de renda para aqueles que não possuem educação ou qualificação básicas. Estruturado por profissionais da área, professores universitários e estudantes de Engenharia, os cursos têm duração média de 60 horas, com teoria e prática, podendo ser finalizados com uma obra em uma instituição carente, a fim de reforçar o caráter solidário da associação e reforçar o aprendizado dos alunos. Atualmente, já foram realizados os cursos de “Pintor” e “Eletricista Residencial” no Núcleo Viçosa.

## Faça Parte

A Gestão 2015 foi formada pelo Presidente Micael Jardim, pelo Vice-Presidente Ricardo de Souza, pelo Diretor de Desenvolvimento Átila Santos e pelo Gerente de Desenvolvimento Rafael Castro. A equipe conta ainda com estagiários que auxiliam nas atividades da instituição.

Existem diversas formas de trabalhar nos Engenheiros Sem Fronteiras. Anualmente, são realizados processos seletivos para a Diretoria

dos Núcleos. Existem ainda, os processos seletivos para a execução dos projetos. No caso da Diretoria Nacional, o contato pode ser feito através do email [contato@esf-brasil.org](mailto:contato@esf-brasil.org), cadastro no site [www.esf-brasil.org](http://www.esf-brasil.org) ou ainda através de contato pessoal com os membros.

Para ser um “Sem Fronteiras” é necessário estar alinhado aos valores e ideias da associação e estar disposto a ensinar e aprender diariamente, com muito trabalho e estudo. É importante ressaltar que, profissionais de outras áreas podem também fazer parte, desde que tenham as características apresentadas anteriormente e possam contribuir de alguma forma.

Os ESF-Brasil permitem aos seus membros executar a engenharia em sua melhor forma: atendendo às demandas da sociedade, essencialmente, aqueles setores que não são atendidos de forma adequada pela iniciativa privada e por órgãos governamentais.

Por ser uma organização muito ligada a estudantes, torna-se interessante por possibilitar o desenvolvimento do estudante através do contato com diversos fatores, dentre eles: projetos de engenharia; trabalho em equipe; desenvolvimento de habilidades de gestão de projetos, financeira, de conhecimento e de recursos humanos; redação e apresentação de projetos para obtenção de financiamento e investimento; desenvolvimento de habilidades de venda; desafios que aumentam a capacidade de solucionar problemas de forma eficiente, mas simples; e também, a geração de uma visão empreendedora. Os Engenheiros Sem Fronteiras oferecem uma oportunidade única, onde é possível formar melhores engenheiros, utilizando a engenharia para construir um mundo melhor.

“Como todo jovem universitário apaixonado e que deseja retornar à sociedade um pouco do que ela lhe oferece, eu também queria fazer trabalho voluntário. Como vários outros membros, tive enorme satisfação de descobrir que poderia fazer dentro da minha própria área. Entrei, por meio de um processo seletivo, para a Diretoria Nacional, como Assessor de Comunicação. Apaixonei-me pela causa e trabalhei dia e noite. Em três meses, me tornei Presidente Nacional da ONG. Na época, éramos uma pequena organização. Al-

guns jovens apaixonados querendo mudar o mundo. Hoje, somos a maior ONG de engenharia do país. Contamos com mais de 300 voluntários e impactamos a vida de mais de mil pessoas por ano. O que nos motiva é o resultado que estamos gerando. Já conseguimos muito, e isso foi só a ponta do iceberg.”

Micael Jardim, Presidente dos ESF-Brasil