

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**FATORES DE INFLUÊNCIA E FUNÇÕES TÉCNICAS
NO PROJETO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS:
UMA CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Vinicius Kaster Marini

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**FATORES DE INFLUÊNCIA E FUNÇÕES TÉCNICAS
NO PROJETO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS:
UMA CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA**

por

Vinicius Kaster Marini

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng.

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**FATORES DE INFLUÊNCIA E FUNÇÕES TÉCNICAS
NO PROJETO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS:
UMA CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA**

elaborada por
Vinicius Kaster Marini

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng.
(Presidente/Orientador)



Prof. Nelson Back, Ph. D. (POSMEC/UFSC)



Prof. Alberto de Souza Schmidt, Dr. Eng.
(PPGEP/UFSM)

Santa Maria, 06 de junho de 2007

MARINI, Vinicius Kaster.

Fatores de Influência e Funções Técnicas no Projeto de Máquinas Agrícolas: Uma Contribuição Teórica.

– Santa Maria, RS: PPGEA/UFSM, 2007.

164p. : il. – (Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria)

Compilação, seleção de texto e imagens desta dissertação possuem direitos de reprodução reservados:

© **2007 Vinicius Kaster Marini;**

Onde citadas informações pertinentes e/ou associadas ao Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, os direitos de reprodução são reservados:

© **2007/2007 Vinicius Kaster Marini & Leonardo Nabaes Romano;**

As demais informações presentes no trabalho, pertinentes a outros autores, são utilizadas com propósito exclusivamente científico, não sendo aplicáveis para quaisquer fins lucrativos e/ou aplicações comerciais.

A reprodução total ou parcial do presente trabalho em mídia impressa é permitida somente para fins de pesquisa científica, mediante autorização formal dos proprietários dos direitos.

DEDICATÓRIA

À Deus Pai, Jesus Cristo, filho unigênito e a Maria, Mãe de toda criatura.

Por misericórdia, por amor e carinho, na graça do Espírito Santo.

“Não se ama o que não se conhece. Não se esquece de quem se ama.”

Aos meus pais, Ernani e Marlene, pelo amor,

pelos valores e pelo exemplo.

Sem vocês eu nada seria.

À minha esposa, Tatiana, por todo o carinho,
atenção e companheirismo que me tens dedicado.

Que Deus nos abençoe, para sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Leonardo Nabaes Romano, pela colaboração em orientar a realização deste trabalho com contribuições importantes, e pela perseverança no esforço em desenvolver conhecimento para o projeto de máquinas agrícolas.

Aos professores que colaboraram com material de acervo pessoal para a execução desta pesquisa, em especial ao orientador deste trabalho e aos professores Arno Udo Dallmeyer e Airton dos Santos Alonço (UFSM), e Ângelo Vieira dos Reis (UFPEL),

Aos demais professores da área de Máquinas e Mecanização Agrícola do PPGEA, pelo apoio na parte agrônômica e pelas lições aprendidas. Em especial ao Prof. José Fernando Schlosser, pelo incentivo e pelo rigor técnico que serve de exemplo.

Também ao Prof. Schlosser, e ao Prof. Reges Durigon pela gentileza de permitir o comparecimento às instalações de teste para a realização do estudo de caso. Ao colega e doutorando, Marcelino João Knob, pela participação e pelo auxílio.

À coordenação do PPGEA, pela assistência nos assuntos institucionais relevantes à conclusão deste trabalho e à continuidade dos estudos por este acadêmico.

Ao departamento de Engenharia Mecânica da UFSM, pela acolhida, e por entender as limitações e potencialidades de quem inicia. Em especial aos professores Paulo de Tarso Fontoura da Silva, Sérgio Sebalhos de Souza e Iberê Luiz Nodari.

À Stara S. A., nas pessoas dos colaboradores Lucas Arend, Cledir Colling e Cristiano Buss, por ter acreditado numa proposta inovadora de estudo em máquinas agrícolas, contribuindo para a relevância deste trabalho de pesquisa na solução de problemas reais de projeto em máquinas agrícolas.

Às irmãs calvarianas em Camobi, pela presença acolhedora e solidária.

À CAPES pelo suporte financeiro à pesquisa que resultou neste trabalho;
ao BRASIL, por uma vida de formação em ensino público de qualidade.

EPÍGRAFE

***“Como é que alguém pode descobrir o sentido das coisas que acontecem? Isso é profundo demais para nós e muito difícil de entender. Mas eu resolvi estudar e conhecer as coisas.”
(Eclesiastes, 7: 24-25)***

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

FATORES DE INFLUÊNCIA E FUNÇÕES TÉCNICAS NO PROJETO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: UMA CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA

AUTOR: VINICIUS KASTER MARINI
ORIENTADOR: LEONARDO NABAES ROMANO
SANTA MARIA, 22 DE ABRIL DE 2007.

Reconhecida a crescente complexidade das máquinas agrícolas atuais, e a tendência de progressão dessa característica para os novos desenvolvimentos, torna-se importante a implementação de modelos estruturados e sistemáticos para a abordagem das informações ligadas ao desenvolvimento de novas máquinas. O presente trabalho tem por objetivo definir uma plataforma de informação para o entendimento dos fatores de influência no projeto e sua colocação como diretriz para o desdobramento da estrutura de funções. Tal modelagem é realizada a partir da realização de uma pesquisa exploratória nas áreas de máquinas e mecanização agrícola, e de projeto de sistemas mecânicos; a implementação é feita com a utilização da estrutura de representação do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, na forma de tabelas em planilha eletrônica. Os fatores de influência no projeto são definidos a partir de características básicas das fases do ciclo de vida da máquina após a sua produção e manufatura, e configurados na forma de um modelo de classes e propriedades, possibilitando definir uma metodologia para o seu levantamento. A estrutura de funções é constituída a partir da abordagem de engenharia de sistemas, evoluída na forma da teoria de sistemas técnicos, e é desdobrada a partir do exame da operação agrícola. Tal exame constitui base para a declaração da função global e para o desdobramento das cadeias auxiliares em função dos tipos de efeitos auxiliares definidos na teoria de sistemas técnicos. A proposta de modelagem da estrutura de funções inclui a abordagem das ações de controle da máquina agrícola, tomando por base as definições já conhecidas de ação manual e de ação processada. Os resultados são examinados empregando a técnica de estudo de caso para um distribuidor centrífugo de fertilizantes. É proposto no trabalho um modelo de informação que reúne e classifica os fatores de influência no projeto em classes e propriedades, e estabelece considerações gerais para o desdobramento da estrutura de funções. Dessa forma, a declaração dos fatores de influência no projeto é formalizada e assim tomada em consideração para o desdobramento da estrutura de funções. Essa estrutura toma por base a definição da operação agrícola a ser executada pela máquina, é declarada na forma de uma função global, e é desdobrada mediante a utilização de heurísticas que envolvem interpretação semântica e física, conhecidas da literatura. A representação final da cadeia de funções envolve o entendimento físico das ações mecânicas necessárias à conclusão da transformação pretendida, e agrega considerações de controle, desenvolvidas a partir do entendimento do ciclo de laço fechado. Tais resultados compõem um modelo sistemático útil à melhoria da rastreabilidade das informações no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.

Palavras-chave:

Máquinas agrícolas, projeto de engenharia, fatores de influência, estrutura de funções.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Post-Graduation Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

INFLUENCING FACTORS AND TECHNICAL FUNCTIONS ON AGRICULTURAL MACHINERY DESIGN: A THEORETICAL CONTRIBUTION

AUTHOR: VINICIUS KASTER MARINI
SUPERVISOR: LEONARDO NABAES ROMANO
SANTA MARIA, 22 APRIL, 2007

Being aware of the increasing complexity of the current designs of agricultural machinery, and about the further progress of this characteristic that constitutes trend for the next developments, the implementation of structured and systematic models for approaching the design information on agricultural machinery becomes an issue. The present work intends to define an information platform for understanding the influencing factors on design and its placement as a set of directions for the deployment of the function structure. Such modeling is done from the undertaking of an exploratory research on the knowledge areas of agricultural machinery and mechanization, and engineering design of mechanical systems; its implementation is done using the representation structure of the agricultural machinery development process as main resource, in form of a set of tables resembling an electronic spreadsheet. The influencing factors on design are defined from basic characteristics of the agricultural machine lifecycle phases after its production and manufacturing, and are configured through a model of classes and attributes, which makes possible to define a methodology for their survey. The function structure is constituted from the systems engineering approach, in the form expressed by the theory of technical systems, and is deployed from the analysis of the agricultural operation. Such constitutes basis for declaring the global function and for deploying the auxiliary function chains taking the types of auxiliary effects defined in the theory of technical systems as criteria for their definition. The proposal on modeling the function structure includes considering the control actions of the agricultural machine, from the known definitions of manual action and processed action. The modeling results are evaluated using the case study technique with a centrifugal fertilizer spreader as case unit. An information model is proposed, which gathers and classifies the influencing factors on design by classes and attributes, and establishes general considerations for deploying the function structure. Through this approach, the declaration of the influencing factors on design is formalized and so it is taken in consideration for deploying the function structure. This structure is based upon the definition of the agricultural operation to be executed by the machine, is declared in form of a global function and is deployed by the usage of heuristics which involve semantic and physical interpretation, known from the literature. The final representation of the function chain involves the physical understanding of the necessary mechanical actions to accomplish the intended transformation, and includes control considerations, developed from the understanding of the closed loop cycle. Such results compose a useful systematic model for improving information traceability in the agricultural machinery development process.

Keywords:

Agricultural machinery, engineering design, influencing factors, function structure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Ilustração global da modelagem proposta neste trabalho.	5
Figura 2.1 – Panorama de conhecimento da revisão bibliográfica.	11
Figura 2.2 – Representação resumida do MR-PDMA (ROMANO, 2003).	12
Figura 2.3 – Domínios de conhecimento do MR-PDMA (ROMANO, 2003).	13
Figura 2.4 – Representação resumida da macrofase de projeção do MR-PDMA.	14
Figura 2.5 – Fase de Projeto Informacional do MR-PDMA (ROMANO, 2003).	14
Figura 2.6 – Fase de Projeto Conceitual do MR-PDMA (ROMANO, 2003).	15
Figura 2.7 – Fases, atividades e domínios do MR-PDMA que compõem o foco da pesquisa.	16
Figura 2.8 – Enfoque da leitura do escopo da definição de fatores de influência no projeto.	19
Figura 2.9 – Ciclo de produção-consumo (BACK, 1983).	20
Figura 2.10 – Ciclo de vida dos produtos industriais (PAHL E BEITZ, 1996).	20
Figura 2.11 – Seqüência de fases no ciclo de vida de um projeto (PMI, 2004).	21
Figura 2.12 – Relação entre os ciclos de vida do projeto e do produto (PMI, 2004).	21
Figura 2.13 – Interações entre as Características da MA (MIALHE, 1996).	22
Figura 2.14 - Meio operatório da MA (interpretado de MIALHE, 1996).	23
Figura 2.15 - Relações entre informações de projeto no PDMA e características de uso da MA.	23
Figura 2.16 – Proposta de definição unificada do ciclo de vida da MA.	25
Figura 2.17 – Definição de fatores de influência no projeto para esta dissertação.	26
Figura 2.18 - Modelagem da atividade de definição dos fatores de influência (ROMANO, 2003).	27
Figura 2.19 – Categorias de informações levantadas como fatores de influência no projeto.	28
Figura 2.20 – Abrangência de cada categoria e influência sobre o processo de desenvolvimento.	29
Figura 2.21 – Origem das especificações de projeto no desenvolvimento de máquinas agrícolas.	31
Figura 2.22 – Modelo IDEF0 (NIST, 1993) e modelo de tarefa para o MR-PDMA (ROMANO, 2003).	35
Figura 2.23 – Elementos da estrutura de representação do MR-PDMA (ROMANO, 2003).	36
Figura 2.24 – Sentido de leitura na planilha eletrônica do MR-PDMA (ROMANO, 2003).	37
Figura 2.25 – Etapas de execução da produção agrícola (adaptado de MIALHE, 1974).	39
Figura 2.26 – Modelo de caracterização da operação agrícola (MIALHE, 1974).	39
Figura 2.27 – Tecnologias para a colheita de grãos (KANAFOWSKI E KARWOWSKI, 1976).	40
Figura 2.28 – Ciclos de controle e <i>feedback</i> da MA (MIALHE, 1974).	41
Figura 2.29 – Laço de controle fechado (KARRELMeyer, 2005).	42
Figura 2.30 – Modelo Geral de Processo Técnico (HUBKA e EDER, 1992).	43
Figura 2.31 – Transformações dentro de um processo técnico (HUBKA e EDER, 1992).	44
Figura 2.32 – Situação dos elementos do sistema de execução.	44
Figura 2.33 – Interpretação da operação agrícola como processo técnico.	46
Figura 2.34 – Correspondência entre função e ação (interpretado de PAHL e BEITZ, 1996).	47
Figura 2.35 – Formulação de “caixa preta” para a função global (PAHL e BEITZ, 1996).	49
Figura 2.36 – Desdobramento da estrutura de funções (PAHL e BEITZ, 1996).	50
Figura 2.37 – Fluxo principal de funções necessárias para colher batatas (PAHL e BEITZ, 1996).	51
Figura 2.38 – Tipos de estruturas de funções (BACK, 1983).	51
Figura 2.39 – Diagrama de atividades para o uso de um prendedor de grampos (VAN WIE, 2002).	53
Figura 2.40 – Função global de um prendedor de grampos para madeira (VAN WIE, 2002).	53
Figura 2.41 – Estrutura de funções de um grampeador para madeira (VAN WIE, 2002).	54
Figura 3.1 – Áreas de interesse para a pesquisa em máquinas e mecanização.	61
Figura 3.2 – Áreas de interesse para a pesquisa em projeto de sistemas mecânicos.	63
Figura 3.3 – Tipos de informação e abrangências para os fatores de influência.	64
Figura 3.4 – Tipo de operação agrícola executada pela máquina avaliada.	67

Figura 4.1 – Mapeamento das categorias e das classes de informações.	70
Figura 4.2 – Elementos parciais da categoria de escopo do projeto.	74
Figura 4.3 – Modelo de procedimento para o exame do escopo do projeto nos fatores de influência.	81
Figura 4.4 – Propriedades do escopo do projeto e classes do ambiente operacional.	82
Figura 4.5 – Modelo de procedimento para a caracterização do ambiente operacional.	88
Figura 4.6 – Roteiro de busca de informações sobre segurança (ALONÇO, 2004).	89
Figura 4.7 – Propriedades do escopo do projeto e classes dos requisitos de homologação.	90
Figura 4.8 – Modelo de procedimento para o levantamento dos critérios de homologação.	94
Figura 4.9 – Características da MA que interessam à análise comparativa.	95
Figura 4.10 – Classes de avaliação comparativa e grupos de características da MA.	96
Figura 4.11 – Propriedades do escopo do projeto e classes de avaliação comparativa.	97
Figura 4.12 – Modelo de procedimento para o a análise comparativa das máquinas existentes.	107
Figura 4.13 – Modelagem geral do levantamento dos fatores de influência no projeto.	108
Figura 4.14 - Processo para a definição global da operação agrícola.	109
Figura 4.15 – Modelagem das ações desempenhadas durante o andamento da operação agrícola.	110
Figura 4.16 – Sistemas de execução possíveis para a realização das operações.	110
Figura 4.17 – Proposta de modelo de referência para a declaração da função global.	112
Figura 4.18 – Modelagem do fluxo principal da estrutura de funções a partir do processo técnico.	114
Figura 4.19 – Modelagem das cadeias auxiliares em função dos elementos processados.	115
Figura 4.20 – Implementação do laço de controle fechado para a as funções de ajuste e controle.	116
Figura 4.21 – Proposta de modelagem matricial da estrutura de funções.	116
Figura 4.22 – Modelo de representação genérica da estrutura de funções.	117
Figura 4.23 – Modelo de procedimento para o desdobramento da estrutura de funções.	118
Figura 5.1 – Distribuidor centrífugo de fertilizantes.	120
Figura 5.2 – Estrutura de decomposição parcial do distribuidor de fertilizantes.	125
Figura 5.3 – (a) Colheita de aveia e (b) preparo do campo em arroz irrigado. (COOPLANTIO, 2006)	127
Figura 5.4 – Representação básica do processo técnico de distribuição de fertilizantes.	139
Figura 5.5 – Representação do processo técnico de distribuição de fertilizantes e seus agentes.	140
Figura 5.6 – Processo técnico de distribuição de fertilizantes com tecnologia de taxa variável.	141
Figura 5.7 – Declaração da função global do distribuidor de fertilizantes, caso de taxa fixa.	143
Figura 5.8 – Declaração da função global do distribuidor de fertilizantes, caso de taxa variável.	144
Figura 5.9 – Derivação das funções da cadeia principal a partir das operações parciais.	145
Figura 5.10 – Consolidação das funções da cadeia principal para o distribuidor de fertilizantes.	145

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Formatação básica das classes e das propriedades de fatores de influência.	65
Quadro 3.2 – Modelo de representação funcional das informações.	66
Quadro 4.1 – Planejamento de marketing, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).	71
Quadro 4.2 – Envolvidos no projeto, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).	72
Quadro 4.3 - Declaração do escopo, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).	72
Quadro 4.4 - Detalhamento do escopo, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).	73
Quadro 4.5 - Informações do sistema de cultivo para a categoria de escopo do projeto	75
Quadro 4.6 - Informações do processo operacional para a categoria de escopo do projeto	76
Quadro 4.7 - Informações das interferências e limites para a categoria de escopo do projeto.	77
Quadro 4.8 - Informações dos requisitos energéticos para a categoria de escopo do projeto.	78
Quadro 4.9 - Informações dos subsistemas para a categoria de escopo do projeto.	79
Quadro 4.10 - Informações da tipologia de projeto para a categoria de escopo do projeto.	80
Quadro 4.11 - Informações de clima e ambiente para a categoria de ambiente operacional.	83
Quadro 4.12 - Informações do solo para a categoria de ambiente operacional.	84
Quadro 4.13 - Informações da planta para a categoria de ambiente operacional.	85
Quadro 4.14 - Informações do insumo para a categoria de ambiente operacional.	86
Quadro 4.15 - Informações do campo para a categoria de ambiente operacional.	87
Quadro 4.16 - Informações dos acoplamentos para a categoria de ambiente operacional.	88
Quadro 4.17 - Informações de dimensões e acoplamentos para a categoria de homologação.	91
Quadro 4.18 - Informações de adequação ao processo para a categoria de homologação.	92
Quadro 4.19 - Informações de adequação ao controle para a categoria de homologação.	93
Quadro 4.20 - Informações de adequação à segurança para a categoria de homologação.	94
Quadro 4.21 - Informações de dimensões físicas para a categoria de avaliação comparativa.	98
Quadro 4.22 - Informações dos acoplamentos para a categoria de avaliação comparativa.	99
Quadro 4.23 - Informações de conversão primária para a categoria de avaliação comparativa.	100
Quadro 4.24 - Informações de conversão secundária para a categoria de avaliação comparativa.	101
Quadro 4.25 - Informações de capacidade de suprimento para a avaliação comparativa.	102
Quadro 4.26 - Informações de capacidade de processo para a categoria de avaliação comparativa.	103
Quadro 4.27 - Informações de adequação ao processo para a categoria de avaliação comparativa.	104
Quadro 4.28 - Informações de adequação ao controle para a categoria de avaliação comparativa.	105
Quadro 4.29 - Informações de adequação ao controle para a categoria de avaliação comparativa.	106
Quadro 4.30 - Informações de análise operacional para a categoria de estrutura de funções.	111
Quadro 4.31 - Informações da função global para a categoria de estrutura de funções.	113
Quadro 4.32 - Informações da função global para a categoria de estrutura de funções.	114
Quadro 5.1 – Sistema de cultivo para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.	121
Quadro 5.2 – Processo operacional para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.	122
Quadro 5.3 – Interferências e limites para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.	123
Quadro 5.4 – Requisitos energéticos para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.	124
Quadro 5.5 – Subsistemas para o exame do escopo do distribuidor de fertilizantes.	126
Quadro 5.6 – Propriedades do clima e do ambiente na classe de ambiente operacional.	128
Quadro 5.7 – Caracterização do solo no ambiente de operação do distribuidor de fertilizantes.	129
Quadro 5.8 – Caracterização da planta no ambiente de operação do distribuidor de fertilizantes.	130
Quadro 5.9 – Caracterização do insumo para o distribuidor de fertilizantes.	131
Quadro 5.10 – Caracterização do campo para a operação do distribuidor de fertilizantes.	132
Quadro 5.11 – Propriedades do acoplamento da máquina no ambiente operacional.	133

Quadro 5.12 – Dimensões físicas para a homologação do distribuidor de fertilizantes.	134
Quadro 5.13 – Adequação ao processo para a homologação do distribuidor de fertilizantes.	135
Quadro 5.14 – Adequação ao controle para a homologação do distribuidor de fertilizantes.	136
Quadro 5.15 – Adequação à segurança para a homologação do distribuidor de fertilizantes.	137
Quadro 5.16 – Propriedades da análise operacional para a definição funcional do distribuidor.	139
Quadro 5.17 – Propriedades da função global para a definição funcional do distribuidor.	142
Quadro 5.18 – Propriedades da estrutura de funções para a definição funcional da MA.	147
Quadro A.1 – Mecanismos de prática de agrimensura e georeferenciamento.	161
Quadro A.2 – Mecanismos para o levantamento dos fatores de influência no projeto.	162
Quadro A.3 – Mecanismos de práticas de projeto para o desenvolvimento de produtos.	163
Quadro A.4 – Mecanismos de práticas gerenciais para o desenvolvimento de produtos.	164

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AF	Administrativo-Financeiro
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ASABE	<i>American Society of Agricultural and Biological Engineers</i> Sociedade Norte-Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos
BDASMA	Banco de Dados sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas
CAD	<i>Computer Aided Design</i> : Projeto Assistido pelo Computador
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i> : Engenharia Assistida pelo Computador
CV	Coefficiente de Variação
DP	Dependabilidade
DSM	<i>Design Structure Matrix</i> : Matriz da Estrutura do Projeto
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EN	<i>European Norm</i> Norma da Comunidade Econômica Européia
GP	Gerenciamento de Projeto
ISO	<i>International Standardization Organization</i> : Organização Mundial de Padronização
MA	Máquina Agrícola
MK	Marketing
MR	Modelo de Referência
NBR	Norma BRasileira
NEMA	Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i> : Instituto Nacional de Padronização e Tecnologia – Estados Unidos
NR	Norma Regulamentadora – Ministério do Trabalho
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PDMA	Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas
PMI	<i>Project Management Institute</i> : Instituto de Gerenciamento de Projetos
PP	Projeto do Produto
SE	Segurança
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i> : Vantagens, Desvantagens, Oportunidades e Ameaças
SDP	Sistema de Documentação do Projeto
VDI	<i>Verein Deutsche Ingenieure</i> : Associação de Engenheiros da Alemanha
VRT	<i>Variable Rate Technology</i> : Tecnologia de Taxa Variável

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
SUMÁRIO	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problemática da pesquisa	2
1.1.1 Competitividade na agricultura	2
1.1.2 A indústria de máquinas agrícolas no Brasil.....	3
1.1.3 Motivações do trabalho.....	4
1.1.4 Justificativa da pesquisa	5
1.2 Definição da pesquisa	6
1.2.1 Introdução	6
1.2.2 Ação de pesquisa	6
1.2.3 Objetivos	7
1.3 Estrutura da pesquisa	7
1.3.1 Áreas de pesquisa	7
1.3.2 Metodologia empregada	9
1.3.3 Estrutura de apresentação.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Introdução.....	11
2.1.1 Panorama da revisão bibliográfica	11
2.1.2 Temática e escopo da pesquisa	12
2.2 Fatores de influência no projeto	17
2.2.1 Introdução	17
2.2.2 Ciclos de vida dos produtos industriais	19
2.2.3 Caracterização da máquina agrícola	22
2.2.4 Contexto dos fatores de influência	24
2.2.5 Caracterização dos fatores de influência.....	26
2.2.6 Fatores de influência no projeto no PDMA.....	27
2.2.7 Contribuição à definição das especificações de projeto.....	30
2.2.8 Considerações complementares	32
2.3 Modelagem de informações	33
2.3.1 Requisitos de modelagem e representação	33

2.3.2	Fundamentos para a análise de processos.....	34
2.3.3	Estrutura de representação do MR-PDMA.....	36
2.3.4	Considerações complementares	37
2.4	Funções técnicas em máquinas agrícolas.....	38
2.4.1	Definições básicas	38
2.4.2	O processo técnico	42
2.4.3	Operações principais e sistema de execução	43
2.4.4	Interpretando a operação agrícola.....	45
2.4.5	Fundamentos de modelagem funcional	47
2.4.6	Linhas-guia para o desdobramento	50
2.4.7	Contribuições ao desdobramento da função	55
2.4.8	Considerações complementares	57
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	58
3.1	Introdução.....	58
3.1.1	Delineamento da pesquisa	58
3.2	Pesquisa exploratória.....	59
3.2.1	Recursos materiais	59
3.2.2	Recursos de acesso lógico	60
3.2.3	Recursos de processamento	60
3.2.4	Metodologia.....	61
3.3	Pesquisa descritiva	64
3.3.1	Modelagem de informações	64
3.3.2	Representação das informações	65
3.4	Estudo de caso	66
3.4.1	Caracterização da unidade-caso	67
3.4.2	Metodologia de execução	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO: MODELAGEM.....	69
4.1	Introdução.....	69
4.1.1	Mapeamento das classes de informações	69
4.2	Fatores de influência no projeto	71
4.2.1	Plano do projeto	71
4.2.2	Exame do escopo do projeto	74
4.2.3	Características do ambiente operacional	82
4.2.4	Critérios de homologação	89
4.2.5	Análise comparativa das máquinas	95
4.2.6	Abordagem geral de procedimento	108

4.3	Estrutura de funções da MA	109
4.3.1	Definição global e análise da operação	109
4.3.2	Declaração da função global	111
4.3.3	Desdobramento da estrutura	113
4.3.4	Procedimento geral	118
4.4	Considerações complementares	119
4.4.1	Modelo de fatores de influência	119
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO: ESTUDO DE CASO	120
5.1	Escopo do projeto	120
5.1.1	Distribuição de fertilizantes	120
5.2	Características do ambiente operacional	127
5.2.1	Elementos do ambiente de cultivo	127
5.3	Crerérios de homologação	134
5.3.1	Introdução	134
5.3.2	Conclusão	137
5.4	Desdobramento das funções da MA	138
5.4.1	Definição do processo	138
5.4.2	Definição da função global	142
5.4.3	Definição da estrutura de funções	144
6.	CONCLUSÃO	150
6.1	Validação dos objetivos	150
6.1.1	Fatores de influência no projeto	150
6.1.2	Estrutura de funções	151
6.2	Inferências do trabalho	152
6.2.1	Avaliação dos resultados	152
6.2.2	Lições aprendidas	152
6.2.3	Oportunidades futuras	153
6.3	Encerramento	156
	REFERÊNCIAS	157

APÊNDICES

A.	MECANISMOS	161
A.1.1.	Práticas agrícolas	161
A.1.2.	Práticas e recursos de desenvolvimento de produtos	163
A.1.3.	Características básicas dos mecanismos	164

Nos últimos tempos, a agricultura passou por uma evolução sem precedentes na competência de planejar e executar as atividades envolvidas, aumentando a capacidade de realizar os trabalhos de produção.

(...) o avanço técnico-científico das Ciências Agrárias possibilita mudanças radicais: da aceitação passiva do infortúnio à predição probabilística de ocorrências restritivas, do empirismo prático ao planejamento técnico e do conformismo com desempenho medíocre à exigência de qualidade e eficiência (MIALHE, 1996, pg. xxiii).

Tal citação demonstra o estado atual de conhecimento e de prática incorporado à produção de gêneros agrícolas. Apesar disso, o progresso tecnológico no setor parece ocorrer de forma desigual. Enquanto se percebe a influência clara da biotecnologia, os aspectos operacionais parecem relegados em segundo plano, principalmente em relação aos meios pelos quais as operações são realizadas.

Por multiplicar o potencial de trabalho do ser humano (FRANK, 1977 *apud* MACHADO, 2002, p.9), as máquinas agrícolas colaboraram para o alcance dos níveis atuais de produtividade. Utilizando-as, o homem assume os encargos de verificar a ação executada e de controlar os fatores inerentes ao processo, realizando as correções eventualmente necessárias (MIALHE, 1974). Isso determina o papel das máquinas em assistir à conclusão bem-sucedida das atividades de produção dos cultivos. Por conta disso, afirma-se a importância de investir esforços em favor do desenvolvimento de concepções mais eficazes, que sirvam à execução das tarefas com melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

De pouco servem os avanços nas Ciências Agrônômicas se não estiverem disponíveis ferramentas e sistemas eficientes e seguros que permitam efetuar, no momento e na forma corretos, a implantação, a manutenção, a colheita e o processamento dos cultivos (...) No que tange à transformação produtiva, a mesma deve obrigatoriamente apoiar-se em uma progressiva mudança tecnológica das maquinarias, bem como das técnicas de trabalho (DELAFOSSÉ, R., In: DE SOUZA, L. F. C., 2003, pg. 15).

Dessa forma, existe a necessidade de desenvolver tecnologia com apoio científico no setor de máquinas agrícolas. E isso vem, em grande parte, da influência exercida pelas exigências de produtividade e de sanidade que os mercados consumidores vêm impondo ao agronegócio. Respeitando a terminologia definida na literatura, a máquina agrícola (MA) é analisada nesta abordagem em um enfoque de sistema. Tal enfoque requer sua consideração como um todo que se relaciona com o meio externo e se caracteriza pela presença de interações entre suas partes. Por isso, a MA é tratada mediante um enfoque genérico neste trabalho.

1.1 Problemática da pesquisa

1.1.1 Competitividade na agricultura

Como já acontece no setor industrial, a palavra competitividade começou nos últimos anos a fazer parte também do vocabulário usado na gestão da agricultura. Em acordo com Mialhe (1998) tal palavra é associada, na prática, ao casamento da produtividade com o baixo custo. As restrições dos mercados consumidores em custo, tempo e qualidade impõem pressões significativas sobre a dinâmica da produção. O produtor rural obriga-se então a perseguir soluções que lhe permitam reduzir os custos de manutenção da lavoura.

As tomadas de decisão na agricultura, e também as práticas agrícolas mecanizadas, vêm se tornando cada vez mais complexas e exigentes em informação (MIALHE, 1996). Tais práticas certamente exigirão uma adequação das máquinas aos novos requisitos de capacidade e desempenho. Além de atender a esses requisitos, as máquinas agrícolas deverão ser projetadas para reduzir outros custos associados à manutenção das operações no campo. Aquelas cujas características ofereçam melhor qualidade, maior segurança e menor incômodo em manutenção podem determinar a tendência dos desenvolvimentos futuros.

Apesar do pós-venda e do preço justo serem considerados, está surgindo um tipo diferenciado de exigência dessa categoria de usuários - a tecnologia. Essa inovação veio de forma tão rápida e trouxe tantas vantagens que o fator competitividade na agricultura está parecendo mais uma corrida contra o tempo. Nos dias atuais, fabricantes, revendedores, distribuidores, engenheiros, técnicos e professores universitários precisam acompanhar essa evolução. (MIALHE, 1998)

A palavra tecnologia, nesse caso em particular, está associada ao advento das tecnologias de informação na agricultura. Mas pode estar associada também, de forma geral, ao desenvolvimento de meios de auxílio à produção. O acompanhamento dessa evolução não deve se restringir ao aprendizado das tecnologias disponíveis. É preciso entender como desenvolvê-las, para possibilitar ao setor agrícola a autonomia tecnológica. Dessa necessidade, apresenta-se um desafio: criar condições para desenvolver máquinas mais adequadas às necessidades da produção agrícola.

1.1.2 A indústria de máquinas agrícolas no Brasil

Do montante de 47 milhões de hectares em área plantada, previstos para a temporada de 2006 (BRASIL, 2005), as principais culturas de mecanização intensiva (algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo) perfazem 45,2 milhões. Então, os cultivos de grãos dependem, como um todo, da utilização de máquinas agrícolas, produzidas por um setor industrial já tradicionalmente estabelecido neste país (ROMANO, 2000).

O aumento da complexidade dos produtos dessa indústria implica em crescente desverticalização do processo de manufatura (Ibid.). É possível ir além: a complexidade crescente das máquinas começa a demandar maior conhecimento embarcado em seu desenvolvimento. Alcançar a possibilidade de usar esse conhecimento adicional é fundamental no ensejo de “domar” o processo de inovação tecnológica. Entretanto, por conta de vários fatores, boa parte da indústria de máquinas agrícolas (principalmente das empresas de capital nacional) tem carências na coleção e na criação de conhecimento para o desenvolvimento de novas soluções. Nesse aspecto, o desafio de desenvolver novas máquinas vai além da prática costumeira de realizar adaptações marginais, conforme relata Pinheiro (1999).

Apesar das empresas apresentarem importante qualificação tecnológica, elas permanecem ainda incapacitadas para criar qualquer inovação mais radical em seus produtos ou processos. A capacidade obtida está limitada à criação de inovações incrementais. (...) Todavia, está evidente que é preciso ultrapassar a capacidade tecnológica alcançada até então, pois esta deve ser suficiente para colocar tais empresas em condições não apenas de absorver novas tecnologias, mas acima de tudo, em condições de criar novas tecnologias. (PINHEIRO, 1999, pg. 91-92, passim)

A presente citação permite inferir que, para atingir esses resultados, é fundamental aumentar a inovação tecnológica embarcada em novas máquinas.

Essa deve servir a dois objetivos principais: atender às novas necessidades das culturas mais promissoras; e, reduzir os custos do ciclo de vida das máquinas atuais. Segundo Pinheiro (1999), o desenvolvimento de novas máquinas é muitas vezes feito com base na relação entre os representantes das empresas e os produtores vistos como potenciais clientes.

Pequena parte desse capital contribui para melhorar a adequação das máquinas através de soluções com maior grau de originalidade. Tal dinâmica só tem sido possível atualmente a partir da busca de tecnologias inovadoras no exterior. Essa aquisição tem sido feita atualmente mediante dois mecanismos: a realização de visitas por membros de empresas brasileiras em feiras estrangeiras do setor; e, a realização de contratos de licenciamento ou de joint-ventures com empresas estrangeiras (Ibid.).

1.1.3 Motivações do trabalho

O cenário apresentado permite concluir que a indústria tem tido dificuldades em transformar conhecimento para desenvolver soluções técnicas com tecnologia própria, muitas vezes mais eficazes e mais adaptadas às necessidades dos usuários. O aumento da complexidade dos produtos ganhou força nos últimos anos com o advento do paradigma de agricultura de precisão. Resultante dessa característica, a 'transversalização' do conhecimento envolvido no projeto e no desenvolvimento de novas máquinas requer a utilização de modelos de caráter sistemático. Tais recursos guiam o andamento dos processos de projeto e criam melhores condições para o desenvolvimento de soluções originais "dentro de casa".

Dada a complexidade das novas aplicações, é importante utilizar esses modelos para o desenvolvimento de máquinas agrícolas. Considerando a instabilidade do ambiente de utilização da MA (KEPNER et al., 1972), necessita-se que os processos sejam mais estruturados e robustos. Conhecer as características e as necessidades operacionais de forma organizada deve constituir diferencial para reduzir os custos de desenvolvimento da MA. Essa assertiva motiva à realização deste esforço em oferecer uma contribuição teórica na forma de um modelo estruturado. Implementado na prática, este deverá possibilitar à indústria melhor capacidade para entender as demandas cada vez mais complexas do setor agrícola.

1.1.4 Justificativa da pesquisa

O conhecimento do conceito funcional é importante para configurar as tarefas executadas pelos conjuntos mecânicos, em adequação às necessidades dos usuários. Apesar de se observar seu emprego em vários trabalhos acadêmicos, o projeto baseado na função ainda não explicita as condições que influenciam no estabelecimento da configuração das máquinas. Se as características dos ambientes de operação da MA nem sempre são entendidas adequadamente, é então necessária a tradução delas em informações que possam ser interpretadas pelos projetistas.

Isso será feito em se entendendo as propriedades dos respectivos elementos como partes de um processo a ser modelado. Essa modelagem servirá ao propósito de constituir uma visão compartilhada e referencial, guiando a ação dos agentes diretamente envolvidos no processo e a comunicação entre eles. Sua configuração deverá possibilitar que os fatores de influência sirvam como diretrizes para o desdobramento da função da MA conforme mostra a Figura 1.1.



Figura 1.1 – Ilustração global da modelagem proposta neste trabalho.

Os elementos que compõem fatores de influência serão organizados em estrutura hierárquica, com o objetivo de melhorar a rastreabilidade das informações ao longo do projeto; serão também estudados quanto às relações entre si, para o reconhecimento das respectivas dependências de informações, e assim, da seqüência lógica para a realização da atividade. Investem-se assim esforços em serviço ao melhoramento das práticas correntes do desenvolvimento de máquinas agrícolas. Tal resultado criará condições importantes para transferir conhecimento qualificado da academia para a indústria, o que deve aperfeiçoar as competências atuais e melhorar a capacidade de inovação das organizações do setor.

1.2 Definição da pesquisa

1.2.1 Introdução

Este trabalho busca contribuir em tornar explícito, e sistematizado, um conjunto parcial de conhecimento para desenvolver novas soluções em máquinas agrícolas. Primeiramente, é descrita a ação de pesquisa, que define a maneira de explicitar o problema a ser resolvido. Explicitado o problema, são demarcados os objetivos pretendidos com a realização deste projeto, e é definida então a abordagem metodológica básica para sua execução.

1.2.2 Ação de pesquisa

O tipo de problema tratado em uma abordagem de engenharia origina-se de necessidades práticas, que muitas vezes são expressas por fatores econômicos. Tais necessidades motivam ao conhecimento do estado da arte para a proposição de uma concepção que deve ser analisada quanto à viabilidade técnica e econômica (BAZZO & PEREIRA, 1996). Por esse aspecto, os autores definem trabalhos desse tipo como ações tecnológicas. O desenvolvimento de máquinas agrícolas é um exemplo de atividade que se dá mediante processos de solução de problemas em engenharia. Assim sendo, as questões ligadas a si não são resolvidas de forma apropriada mediante o estabelecimento de uma hipótese sujeita a validação.

Trata-se de realizar uma intervenção no estado da arte a respeito do processo pelo qual uma MA é desenvolvida. Utiliza-se, para isso, de método e conhecimentos científicos, e de ferramentas e conhecimentos empíricos, que atendem ao escopo da necessidade estabelecida. Discorrendo este trabalho a respeito de uma ação tecnológica, este deve ser definido como uma pesquisa tecnológica. Assim sendo, a maneira de declarar o problema que mais se adapta às condições deste trabalho não se trata de uma hipótese, mas sim de uma questão de pesquisa. Este estudo será realizado tendo em vista as seguintes questões:

- ***Como é possível obter melhor entendimento dos fatores que influenciam na definição da configuração da MA?***
- ***De que forma esses fatores devem ser considerados no desenvolvimento do conceito técnico da MA?***

1.2.3 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um modelo sistemático, parcial, para a definição dos fatores de influência no projeto da MA como diretrizes para o desdobramento de sua estrutura de funções. Devem ser consideradas como objetivos específicos, as tarefas parciais que contribuem para o alcance da meta declarada:

- Propôr um modelo para a classificação dos fatores de influência;
- Modelar o processo de levantamento dos fatores de influência;
- Formalizar a declaração dos fatores de influência no projeto da MA;
- Estabelecer metodologia para desdobrar a estrutura de funções da MA;
- Considerar aspectos de controle na definição das funções da MA.

1.3 Estrutura da pesquisa

1.3.1 Áreas de pesquisa

A metodologia empregada para executar esta pesquisa tomou como ponto de partida a identificação de duas áreas de conhecimento que constituem domínio para a solução dos objetivos declarados:

- Máquinas e mecanização agrícola; e,
- Projeto de sistemas mecânicos.

Essas grandes áreas constituem base para a solução do problema em estudo pela característica que cada uma tem de abordar um enfoque distinto no tratamento das máquinas agrícolas. Pelo fato de que ambas constituem elementos dependentes de um mesmo domínio, caracterizando a MA sob pontos de vista diferenciados, as definições pertinentes serão abordadas em conjunto no trabalho. Isso significa que a revisão do conhecimento se dará tomando em consideração os enfoques e as definições das duas áreas. A primeira observa a MA tomando como enfoque a análise de sua utilização no ambiente operacional para buscar informações sobre seu desempenho e seu rendimento; a segunda trata a MA a partir de um enfoque de síntese, em que o conjunto mecânico que a constitui é desenvolvido a partir de informações pertinentes às necessidades manifestas pelos usuários.

A área de máquinas e mecanização agrícola constitui foco de interesse de pesquisa, a partir de sua divisão em dois tópicos diferenciados:

- Mecânica agrícola: abrange o estudo da constituição das máquinas agrícolas quanto à definição das suas partes e das ações físicas; e,
- Mecanização agrícola: trata do aproveitamento das máquinas para a execução de operações agrícolas, e de sua otimização para a melhoria do rendimento, do desenvolvimento, e da produtividade dos cultivos.

Outra grande área do conhecimento que constitui interesse do presente trabalho é a que reúne métodos e ferramentas adotados para o projeto e desenvolvimento de sistemas mecânicos. Foi adotado um enfoque centralizado no conhecimento do estado da arte para estabelecer de metas de desempenho do sistema, nos seguintes âmbitos:

- Especificações de projeto: são critérios específicos, mensuráveis, que definem os resultados esperados do projeto e/ou previnem eventos ou efeitos prejudiciais ao interesse de utilização da MA; e,
- Teoria dos sistemas técnicos: aborda os processos executados pelas máquinas para definir as respectivas funções, definindo as transformações pretendidas sobre os elementos como relações de entradas e saídas.

Outro corpo de conhecimento que merece atenção neste trabalho se trata da modelagem de informações. Esta tem papel importante em auxiliar na definição de critérios sistemáticos em relação aos seguintes quesitos:

- Para a execução das tarefas pertinentes ao projeto mecânico;
- Para o registro das informações transformadas; e,
- Para o estabelecimento de relações de causa e efeito entre elas.

Tais resultados contribuem em consolidar o papel dessas informações em constituir premissas para a realização de atividades de análise e síntese no desenvolvimento de sistemas mecânicos. Além disso, propiciam que as informações sejam armazenadas como conhecimento disponível ao longo do projeto, de forma organizada, rastreável e inteligível por todos os agentes envolvidos.

Esses conjuntos de conhecimento norteiam a realização dos esforços de pesquisa mediante abordagens que serão identificadas a seguir.

1.3.2 Metodologia empregada

Tal esforço de pesquisa constitui intervenção técnica sobre um processo de já consolidado em um modelo de referência, como é o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA) (ROMANO, 2003).

Assim sendo, este trabalho pode ser qualificado como pesquisa aplicada, pois envida esforços para a declaração explícita de elementos específicos desse processo. Esse conjunto de esforços tem por base a associação de significados de fontes externas como elementos pertinentes ao escopo deste trabalho. Com isso, o mesmo pode ser designado como uma pesquisa qualitativa. De acordo com a classificação das abordagens de pesquisa proposta por Gil (2002), este trabalho se caracteriza por empregar duas classes básicas:

- Pesquisa exploratória: trata da coleta de conhecimento previamente estabelecido para melhorar o grau de definição do problema;
- Pesquisa descritiva: descreve os entes que compõem um universo de conhecimento e as respectivas relações.

A pesquisa bibliográfica compreende o exame de conhecimento já processado mediante abordagens técnico-científicas na forma de publicações de extensões variadas. Coletadas, as informações são selecionadas em função de sua pertinência. Constituindo elementos de um conjunto, estas são agregadas e conformadas em um modelo que descreve as relações entre esses conhecimentos.

Buscando complementar e consolidar os resultados obtidos dessa fase de pesquisa, o presente trabalho emprega a técnica do estudo de caso. Com ela, é feita a abordagem de um objeto cujo estado atual confirma a problemática exposta. Este estudo de caso, em particular, pode ainda ser definido como uma análise instrumental, já que intenta verificar a validade de um conjunto de instrumentos para conhecer e explicitar a eficácia da modelagem proposta.

1.3.3 Estrutura de apresentação

A presente dissertação de mestrado está estruturada de maneira a tornar propício ao leitor o entendimento de um conjunto de conhecimentos cuja natureza é bastante complexa, em razão da quantidade de interações entre seus elementos.

O segundo capítulo trata da revisão do conhecimento vigente. Primeiramente, apresenta os fatores de influência no projeto e discorre sobre elementos que contribuem para constituir uma abordagem sistemática. Na seqüência, trata sobre as abordagens conhecidas para o desdobramento da definição funcional de sistemas mecânicos, que podem ser aplicadas para o projeto de máquinas agrícolas.

O terceiro capítulo aborda as etapas envolvidas na realização deste trabalho de pesquisa. Começa descrevendo o processo de coleta e de seleção das referências bibliográficas. Procede mostrando o processo de definição dos elementos e de modelagem das relações. Por fim, conclui tratando sobre o estudo de caso.

O quarto capítulo descreve a proposta de modelagem. Inicia descrevendo o modelo proposto para o levantamento e a consideração dos fatores de influência no projeto da MA, as dimensões envolvidas e as considerações que lhe dão base. Na segunda parte, trata da modelagem de informações pertinentes ao estabelecimento do conceito funcional da MA. Em ambos os tópicos, são apresentadas considerações que definem a metodologia de procedimento para a execução das tarefas.

O quinto capítulo exhibe os resultados obtidos a partir do estudo de caso, que é realizado mediante a abordagem de um conjunto parcial de informações da sistemática proposta. Trata dos fatores de influência no projeto e do desdobramento das funções, pertinentes a uma MA existente, e demonstra o grau de conhecimento do problema de projeto que pode ser alcançado.

O sexto capítulo trata das considerações finais a este trabalho de pesquisa. Descreve sumariamente os resultados obtidos e avalia a consecução dos objetivos estabelecidos para a pesquisa. Reconhece, a seguir, as potenciais lacunas da contribuição proposta, refletindo sobre as possíveis formas de superá-las. Por fim, sugere contribuições futuras que possam ser trabalhadas por outros pesquisadores.

2.1 Introdução

2.1.1 Panorama da revisão bibliográfica

Tendo em mente os elementos do tema de pesquisa, e as áreas de conhecimento envolvidas, é possível traçar uma visão panorâmica do conteúdo abordado nesta revisão. As áreas de conhecimento pertinentes são examinadas em termos dos conhecimentos que constituem o foco de interesse. Esse panorama pode ser observado na Figura 2.1.

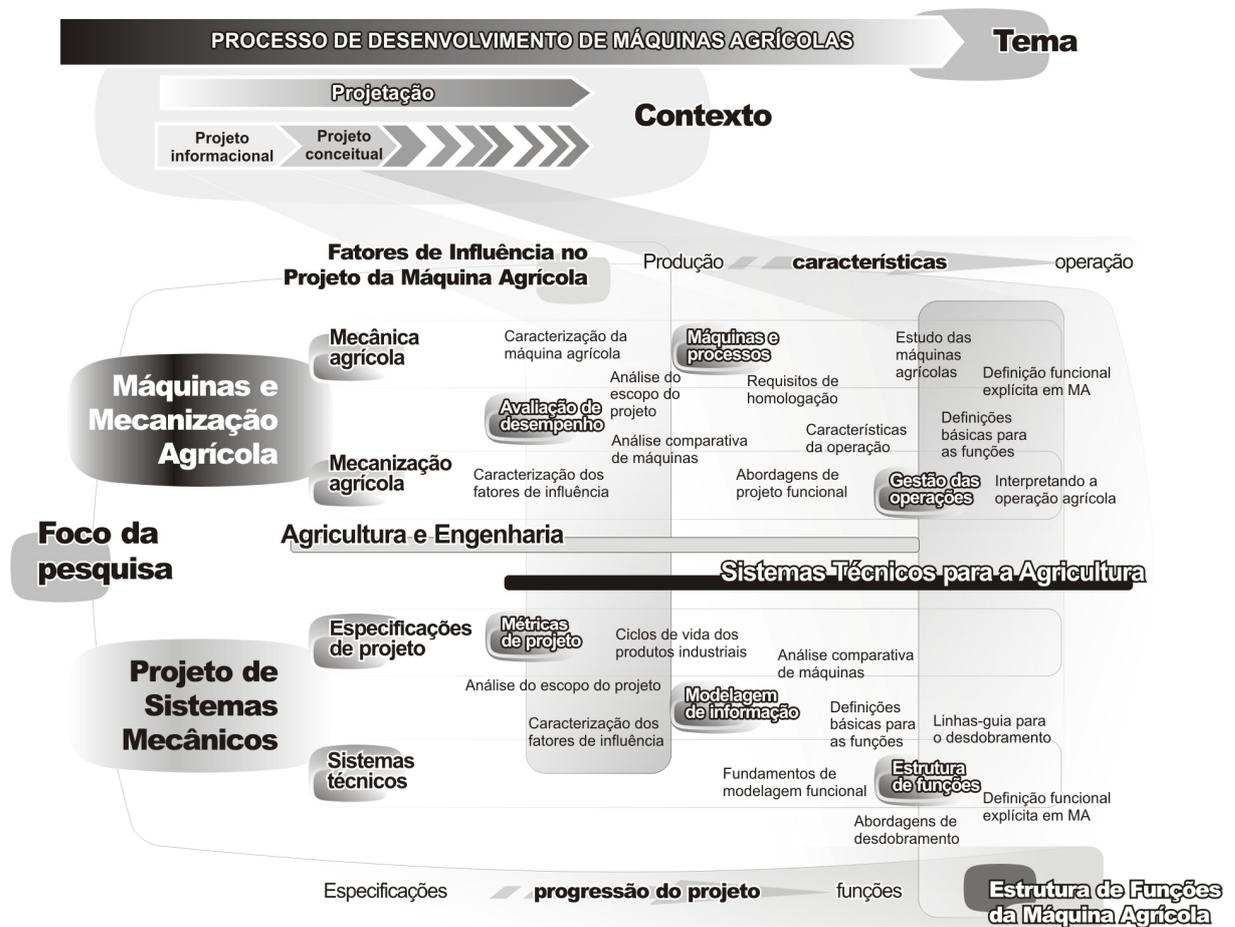


Figura 2.1 – Panorama de conhecimento da revisão bibliográfica.

As áreas de conhecimento, visíveis nos eixos horizontais, são examinadas quanto à definição de considerações para as atividades do desenvolvimento de máquinas agrícolas que constituem o foco desta pesquisa. Os elementos mostrados no panorama, próximos aos critérios de pesquisa, constituem base para a apresentação das definições nesta revisão. Examinando esses elementos¹ é possível dividir essa análise em dois eixos principais: o primeiro examina os conhecimentos que embasam o levantamento dos fatores de influência no projeto; o segundo, por sua vez, trata do saber fazer ligado à definição do conceito funcional da máquina agrícola.

2.1.2 Temática e escopo da pesquisa

O tema desta pesquisa é o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (PDMA), constituído de um conjunto de práticas e métodos específicos para desenvolver soluções que atendem aos cultivos agrícolas de interesse econômico. Romano (2003) apresenta o modelo de referência (MR-PDMA), que reúne e seqüencia as práticas e os métodos conhecidos para o projeto de produtos industriais, aplicáveis para o desenvolvimento de máquinas agrícolas.

Tal modelo prevê a introdução de melhores práticas de engenharia, gerando produtos e conhecimento em favor do sucesso do negócio de produzir máquinas agrícolas. De acordo com o autor, o MR-PDMA é dividido em três macrofases, considerando o ciclo de vida do projeto de desenvolvimento da MA. Essa proposta é apresentada sumariamente pela Figura 2.2.



Figura 2.2 – Representação resumida do MR-PDMA (ROMANO, 2003).

¹ Alguns tópicos estudados para esta revisão, presentes no panorama apresentado, são omitidos do corpo do texto deste trabalho em razão de sua complexidade.

São as macrofases:

- Planejamento – corresponde à elaboração do plano do projeto da MA, que envolve a coleta das primeiras informações, declara a condução do projeto que será executado e determina as prioridades de gestão;
- Projetação – corresponde à elaboração progressiva do projeto da MA, em seus princípios de ação e em sua construção, bem como do plano de manufatura, que prevê a maneira e os recursos para fabricá-la; e,
- Implementação – envolve a realização do plano de manufatura, bem como os procedimentos de apresentação da MA ao mercado, e de verificação do seu desempenho real em campo.

O modelo de referência envolve a participação de domínios de conhecimento, ligada à necessidade que se possa ter das competências por eles abrangidas. Os domínios são mostrados na Figura 2.3.



Figura 2.3 – Domínios de conhecimento do MR-PDMA (ROMANO, 2003).

Essas competências são ligadas às funções dos departamentos necessários à manutenção dos processos de negócio em uma organização de manufatura.

Esses domínios servem à participação de várias funções da empresa em uma mesma tarefa de projeto, em acordo com a perspectiva organizacional de engenharia simultânea (ROMANO *et al.*, 2006). Tal organização facilita a definição dos eventos de controle e de tomada de decisão, e contribui para a rastreabilidade das atividades realizadas e dos conhecimentos utilizados no processo de desenvolvimento. Este trabalho é contextualizado dentro da temática proposta nas fases de projeto informacional e de projeto conceitual do PDMA, conforme mostrado na Figura 2.4.



Figura 2.4 – Representação resumida da macrofase de projeção do MR-PDMA.

A fase de projeto informacional, organizada conforme a Figura 2.5, consiste em um refino das informações de mercado coletadas na fase de planejamento do projeto. Tais informações, contidas no plano do projeto, devem ser analisadas primeiramente para verificar vários aspectos a considerar durante o desenvolvimento da MA, os fatores de influência no projeto (ROMANO, 2003).

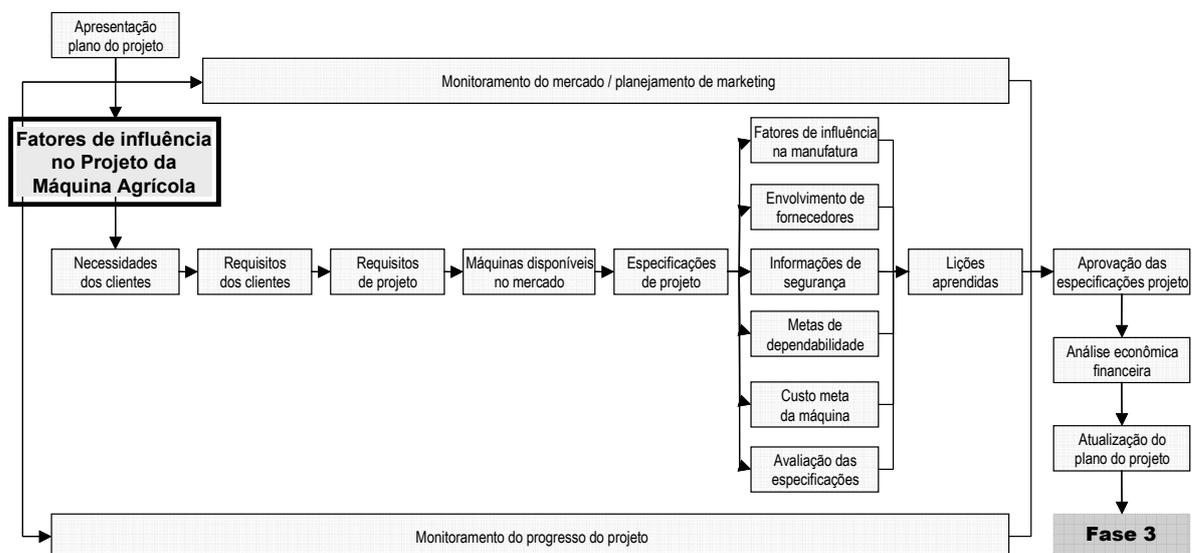


Figura 2.5 – Fase de Projeto Informacional do MR-PDMA (ROMANO, 2003).

Conforme definidos, estes são relacionados tanto ao projeto da solução como às restrições que devem ser atendidas pela configuração física resultante. A seguir, é realizado um processo de coleta e processamento de informações relacionadas aos critérios e índices de desempenho que satisfazem os interesses dos agentes envolvidos nas fases do ciclo de vida da MA. Tais informações deverão resultar em um conjunto de especificações de projeto.

A fase de projeto conceitual é organizada conforme a representação exibida na Figura 2.6. Na primeira parte da fase, estabelece-se o propósito global de utilização da máquina, a sua função global. Essa declaração mostra os elementos envolvidos no processo, que configuram grandezas de entrada e de saída para a transformação principal. As respectivas subfunções serão definidas e organizadas como um conjunto de tarefas parciais que deverá cumprir a função global. Tais funções, e seus respectivos efeitos, servirão como critério de organização para a proposição de princípios de solução.

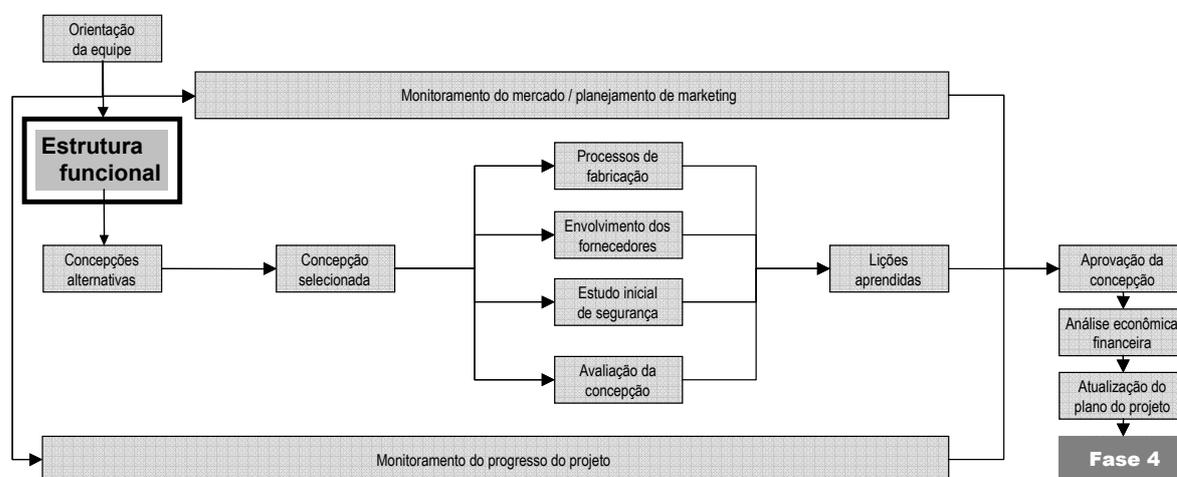


Figura 2.6 – Fase de Projeto Conceitual do MR-PDMA (ROMANO, 2003).

Esses princípios serão, a seguir, colecionados em uma matriz morfológica e então combinados seletivamente, compondo então as alternativas de solução. Estas, podendo ser designadas também como concepções, deverão ser comparadas entre si a partir de critérios específicos determinam o atendimento ou não às especificações de projeto. Em conjunto, o MR-PDMA sugere a análise prospectiva da concepção selecionada quanto a considerações dos processos de fabricação, da disponibilidade de fornecedores e de suprimentos e da segurança de operação.

As fases previstas para a seqüência dos trabalhos no PDMA na projeção, de projeto preliminar e de projeto detalhado, utilizam-se permanentemente das informações coletadas nas fases iniciais. Tais informações podem ser atualizadas ao longo do projeto através da função de monitoramento do mercado, presente nas fases prescritas no modelo até o lançamento da MA no mercado.

A Figura 2.7 demonstra as atividades do PDMA que constituem o foco de interesse da pesquisa empreendida neste trabalho, representando a participação dos respectivos domínios de conhecimento.

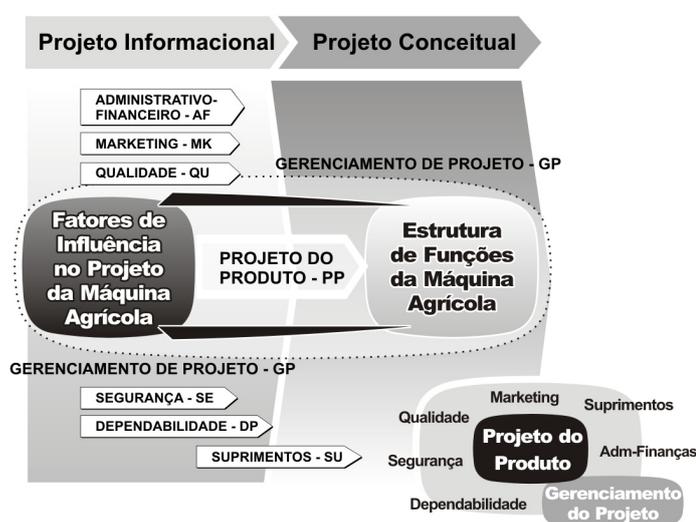


Figura 2.7 – Fases, atividades e domínios do MR-PDMA que compõem o foco da pesquisa.

É importante frisar que o domínio de projeto do produto participa em todas as atividades. Por isso, centraliza a responsabilidade de receber informações dos demais domínios, registrando-as no sistema de documentação de projeto mediante auxílio do domínio de Gerenciamento do Projeto. O foco deste trabalho abrange:

- A consideração dos fatores de influência no projeto da MA, na fase de projeto informacional, como diretrizes para a caracterização das condições que influenciam sobre o projeto na definição da estrutura de funções.

Os fatores de influência no projeto são considerações pertinentes a aspectos do desenvolvimento ou da utilização da MA que direcionam o estabelecimento de especificações de projeto e devem servir de diretrizes para estabelecer a estrutura funcional da MA. Dentre os domínios envolvidos na condução dessa atividade, as considerações que definem os fatores de influência são oriundas de várias fontes.

A análise detalhada da tarefa que deve ser realizada pela MA é feita no MR-PDMA através da atividade abaixo citada:

- O desdobramento da estrutura de funções da MA, na fase de projeto conceitual do PDMA, com sua função global e suas respectivas subfunções parciais e elementares, utilizado para induzir melhor conhecimento a respeito da tarefa que atende às necessidades dos usuários.

A estrutura de funções trata da organização interdependente, em cadeia, dessas capacidades que, somadas, garantem a satisfação das necessidades dos seres humanos. Dado isso, é possível afirmar que, qualquer que seja a definição, a estrutura de funções serve para a abstração e o desdobramento da tarefa realizada pelo produto. (HUBKA e EDER, 1992; 1995).

2.2 Fatores de influência no projeto

2.2.1 Introdução

Erros na definição do problema têm causado frustração e desperdícios de tempo em processos de desenvolvimento de máquinas agrícolas. A necessidade deve ser interpretada na forma de informações básicas para a condução do projeto. Inicialmente formatadas em declarações qualitativas, essas são então derivadas em grandezas e valores mensuráveis, possibilitando verificar a satisfação dos atributos definidos. Os objetivos de projeto tratam dos atributos que a MA deve satisfazer; e os critérios de projeto tratam de índices de desempenho que devem ser atingidos pela MA em operação (CHRISTIANSON e ROHRBACH, 1986).

Essas definições se assemelham às utilizadas para o projeto informacional de produtos industriais na derivação das especificações de projeto (FONSECA, 2000). Tais informações² são de importância fundamental para o estabelecimento de metas quantitativas, quanto à configuração e/ou ao desempenho do produto, a partir das necessidades de seus usuários.

² Neste caso, a definição de “Critérios de Projeto” (CHRISTIANSON e ROHRBACH, 1986) pode ser interpretada a partir das definições de “Necessidades dos Clientes” e de “Requisitos de Projeto” (FONSECA, 2000). A diferença entre as duas últimas definições é o grau de relacionamento com diferentes grupos de características do produto. As primeiras apresentam os atributos do produto que são facilmente perceptíveis pelo cliente, enquanto as seguintes tratam de convertê-las parcialmente para uma linguagem ligada aos atributos de engenharia a partir dos quais o mesmo é projetado.

Se esses parâmetros definem, inicialmente, a percepção de qualidade da MA em função de suas propriedades como sistema técnico (HUBKA & EDER, 1995), eles podem ser afetados por fatores originados externamente ao contexto do processo de desenvolvimento. Não só é importante determinar os parâmetros de desempenho e de configuração na forma de requisitos de projeto. Também importa levantar os fatores que influem na definição das especificações de projeto da MA. Isso significa conhecer, além dos requisitos de projeto derivados das necessidades dos clientes, as propriedades dos elementos do ciclo de vida que podem influenciar no alcance dos objetivos do projeto. Os fatores de influência consistem em elementos cuja análise cria bases seguras para a realização de ações e de tomadas de decisão na fase de projeção do PDMA (ROMANO, 2003).

Definindo os fatores de influência no projeto, Romano (Ibid.) revela que vários deles podem tomar a forma de medidas. Nessa interpretação em particular, seguindo a conceituação de Mialhe (1996), tratam-se das medidas que constituem informação considerada relevante para as tomadas de decisão dos agentes interessados no ciclo de vida da MA. Dessa forma, é possível interpretar que os fatores de influência, adequadamente derivados na forma de medidas, dão origem a um conjunto parcial de especificações de projeto. É importante salientar que a definição "fatores de influência no projeto" deve ser estabelecida dentro do campo específico da mecânica agrícola, como elemento auxiliar no estabelecimento das especificações de projeto.

Isso significa que a definição original de Christianson e Rohrbach (1986) deve ter seu escopo reavaliado³. A partir da interpretação da sentença 'fatores de influência no projeto', é possível definir que tratam de constituintes do ciclo de vida cujas propriedades induzem à definição de considerações específicas no projeto da solução técnica. A definição dos fatores de influência deve então ser relida tomando por base as definições existentes (CHRISTIANSON e ROHRBACH, 1986; ROMANO, 2003) para que seja possível estabelecer um conceito consolidado para sua abordagem no desenvolvimento de máquinas agrícolas.

³ Essa reavaliação do escopo deve ser feita por existir sobreposição entre a definição de Christianson e Rohrbach (1986) para os fatores de influência e a definição de Fonseca (2000) para o processo de estabelecimento das especificações de projeto. Esse conflito se dá na definição dos requisitos que definem a conformidade da solução à necessidade estabelecida. A leitura do escopo proposta deve definir os fatores de influência apenas em função das características dos constituintes ambientais do ciclo de vida (Marini et al., 2006b), em conjunto com as informações do escopo do projeto.

A Figura 2.8 mostra as considerações básicas que servirão a esse objetivo.

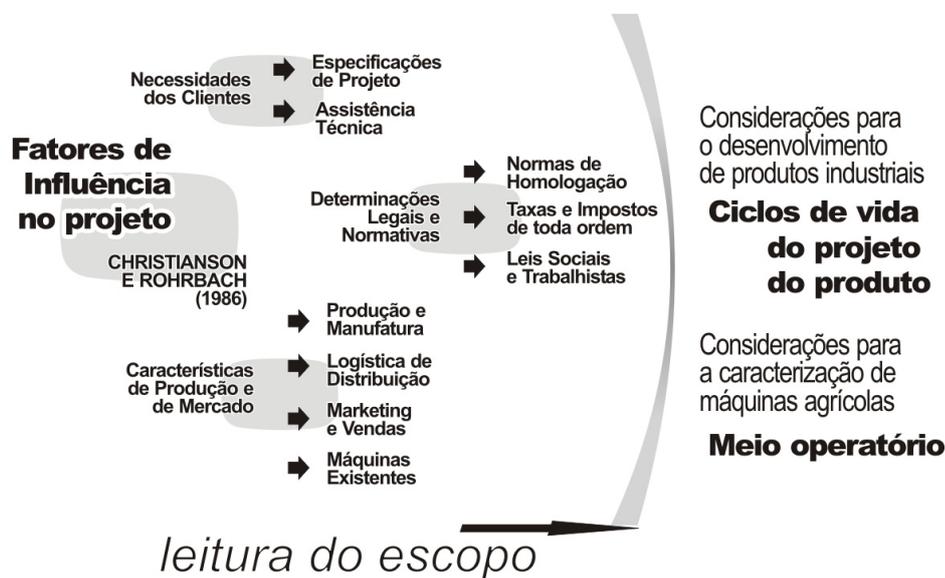


Figura 2.8 – Enfoque da leitura do escopo da definição de fatores de influência no projeto.

O interesse, aqui, é focalizado nas propriedades que estão fora do controle do processo de desenvolvimento da solução, e que influenciam em suas tomadas de decisão quanto ao projeto.

2.2.2 Ciclos de vida dos produtos industriais

Muitos processos têm por objetivo a entrega e/ou a criação de um elemento único em benefício de um grupo de pessoas e/ou organizações. Por conta dessas características principais, podem ser definidos como projetos. Os produtos industriais são desenvolvidos mediante esforços que podem ser caracterizados dessa maneira.

Por causa dessas características, é possível dizer que o projeto do produto industrial possui um ciclo de vida, assim como esse produto passa a ter um ciclo de vida após entregue ao mercado. Esses ciclos são divididos em fases com o objetivo de fornecer melhores possibilidades para o controle de seu andamento. (PMI, 2004). É importante entender as etapas em que se caracteriza o ciclo de vida do produto, para reconhecer a origem dos fatores que influenciam sobre as características técnicas da MA. Back (1983) define o ciclo de vida do produto em uma perspectiva das fases por que este passa após seu desenvolvimento, como exibido na Figura 2.9.

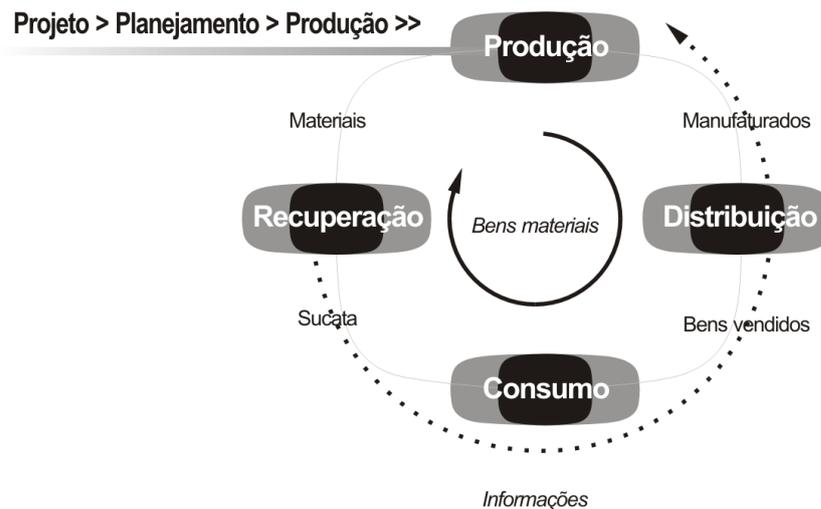


Figura 2.9 – Ciclo de produção-consumo (BACK, 1983).

A partir das atividades de produção, o autor define um ciclo de produção-consumo pelo qual passa o produto quando entra no mercado. Esse ciclo é organizado em sentido horário em função do fluxo de materiais, desde a produção do bem manufaturado até a etapa de descarte ou recuperação. Por outro lado existe um fluxo de informações, em sentido anti-horário, transferidas de um agente a outro em acordo com sua situação e seus interesses no ciclo.

Pahl e Beitz (1996, p. 2) apresentam uma abordagem do ciclo de vida do produto, mostrada na Figura 2.10, definindo-o como um "processo de conversão da matéria-prima em produtos de alto valor agregado". As dependências entre as fases do ciclo são indicadas na forma de fluxos de materiais e de informações. Em acordo com o argumento dos autores, é possível entender que o processo de gestão do ciclo de vida do produto garante à organização a capacidade de conhecer as características do objeto que produz em cada uma das fases do ciclo de vida.

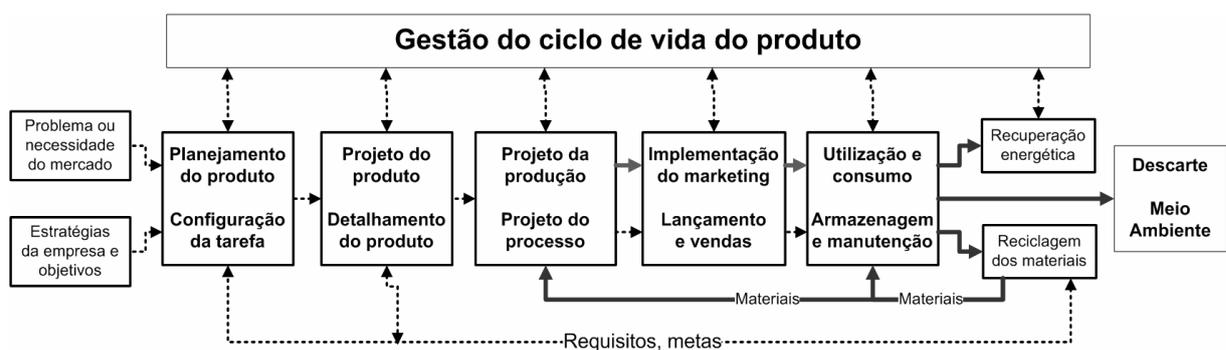


Figura 2.10 – Ciclo de vida dos produtos industriais (PAHL E BEITZ, 1996).

Nessa abordagem, o ciclo de vida é retratado como um laço aberto, que inicia no reconhecimento da oportunidade de mercado e termina com a disposição do produto ao ambiente no fim da vida. Isso permite interpretar que os processos que transformam informações e materiais são vistos em uma perspectiva unificada. O ciclo de vida, nesse caso, se refere à solução projetada.

Examinando seu desenvolvimento como um projeto gerencial é possível dizer que existe um ciclo de vida do projeto (Figura 2.11), desde sua abertura, passando pelas atividades e passagens determinadas até chegar a seu fechamento (PMI, 2004).

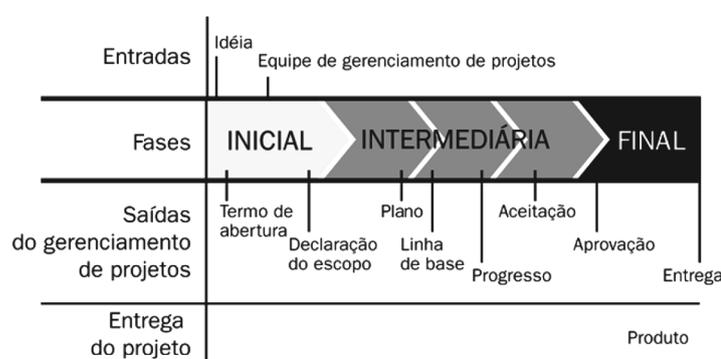


Figura 2.11 – Seqüência de fases no ciclo de vida de um projeto (PMI, 2004).

Além das atividades, o ciclo de vida do projeto envolve a determinação dos trabalhos, das entregas, dos agentes envolvidos e dos procedimentos de transição. É possível observar uma separação bem clara entre o ciclo de vida do projeto, que trata da elaboração progressiva de um produto ou serviço até sua entrega ao mercado, e o ciclo de vida do produto, que trata da vida útil do produto no mercado. A Figura 2.12 exhibe a relação recíproca entre ambos.

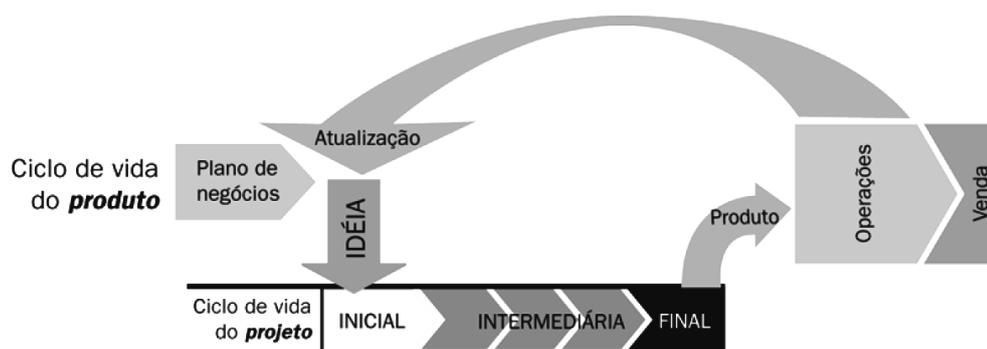


Figura 2.12 – Relação entre os ciclos de vida do projeto e do produto (PMI, 2004).

É possível observar que o ciclo de vida do produto no mercado tem seu início na situação correspondente à conclusão do projeto, e que este inicia no instante em que o ciclo de vida do produto é finalizado. Na prática, as transições entre ambos podem ocorrer não exatamente no final de cada um deles. É possível entender que ocorrência delas se dá, na maioria das vezes, em momentos avançados para a conclusão de suas atividades.

2.2.3 Caracterização da máquina agrícola

Segundo Mialhe (1996), a interação entre as características operacionais e de produção é efetuada tendo em mente a consideração do "meio operatório", que trata do local onde a MA será utilizada. Este ambiente pode ser entendido como um conjunto de elementos que fazem a mediação entre as características de produção (fabricação e construção) e as características operacionais (desempenho da operação). Esta consideração é representada na Figura 2.13.



Figura 2.13 – Interações entre as Características da MA (MIALHE, 1996).

O meio operatório, pode ser considerado em dois âmbitos complementares segundo a definição exibida na Figura 2.14:

- **Âmbito físico e técnico:** envolve os elementos físicos que tomam parte na operação, suas finalidades e as prescrições envolvidas; e,
- **Âmbito operacional e gerencial:** trata das competências envolvidas quanto à instrução educacional, o grau de qualificação e o nível de gerenciamento em prol do andamento dos processos de produção agrícola.

Tomando por base a definição original do autor, a maneira com que a máquina interage com os elementos do meio operatório tem influência decisiva no alcance da satisfação dos usuários quanto ao desempenho da operação agrícola.

Isso significa que o conceito de meio operatório guarda uma relação estreita com as especificações de projeto em dois aspectos: o primeiro é a definição dos requisitos de projeto ligados às necessidades dos agentes interessados do ciclo de vida da MA; o segundo é o estabelecimento de informações relativas às propriedades dos ambientes do mesmo ciclo de vida, principalmente após a produção da MA.



Figura 2.14 - Meio operatório da MA (interpretado de MIALHE, 1996).

Marini *et al.* (2006b) reconhecem esse argumento e relacionam os grupos de características de uso da MA com a terminologia utilizada em vários trabalhos da linha de projeto de sistemas mecânicos. As relações da proposição dos autores entre as informações de projeto e de utilização da MA são revistas e exibidas na Figura 2.15.

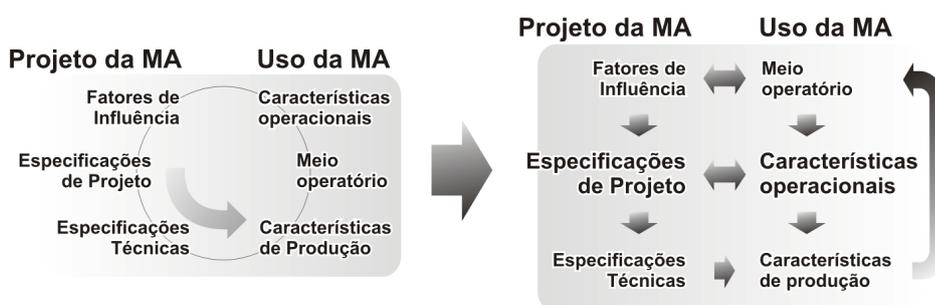


Figura 2.15 - Relações entre informações de projeto no PDMA e características de uso da MA.

É possível então estabelecer nexos entre as características de uso e de projeto, de forma que os enfoques apresentados se demonstram complementares. No projeto da MA, são abordadas as relações entre as características básicas manifestadas durante seu desenvolvimento. Na utilização, por sua vez, são abordadas as características de eficácia com que a MA cumpre a função pretendida. Dessa forma, é possível caracterizar a MA em projeto tomando por base as informações do enfoque de utilização, visando definir as especificações de projeto.

2.2.4 Contexto dos fatores de influência

O conceito de meio operatório deve ser utilizado para definir um cenário onde a MA se insere, não somente na fase de consumo (utilização), como também nas outras fases do ciclo de vida. Além disso, seus âmbitos – conforme definidos a partir do conhecimento para a utilização da MA – devem dar origem a informações úteis, em serviço ao estabelecimento das especificações de projeto.

Para cada uma dessas fases, após a conclusão da manufatura, existirá um “meio operatório” em função das características funcionais do processo executado e das características físicas dos elementos envolvidos. Dessa forma, é possível definir um ‘meio de inserção’, composto de vários “meios operatórios”. Este meio de inserção *“é o conjunto de ambientes operacionais das fases do ciclo de vida da MA a partir de sua entrega ao mercado, dos quais é possível derivar fatores de influência no projeto”*. Aqui, o propósito é conhecer quais fases e/ou situações fazem parte desse meio, originando fatores de influência. Para explicitar tal definição, deve-se alcançar um modelo de ciclo de vida que possa ser tratado adequadamente no desenvolvimento de máquinas agrícolas. Nesta revisão, existem duas definições básicas de ciclo de vida:

- A primeira considera o ciclo de vida do produto como um único processo, desde o lançamento da idéia e o planejamento de seu desenvolvimento até o fim da vida útil do produto, em que este deve ser reciclado ou liquidado;
- A segunda, por sua vez, trata o ciclo de vida do produto na forma de dois ciclos separados: o ciclo de vida do projeto de desenvolvimento e o ciclo de vida do produto em consumo.

Essa última abordagem permite separar as fases que envolvem a entrega do produto e sua utilização pelo cliente, favorecendo a definição do escopo dos fatores de influência. O ciclo de vida do produto em consumo inicia a partir do processo de produção do produto e termina ao final do processo de reciclagem ou de descarte. O ciclo de vida do projeto inicia com o planejamento do projeto e pode terminar após a entrega do produto ao mercado. Por sua vez, o processo de desenvolvimento considera as informações que, adquiridas a partir do ciclo de produção-consumo, são reprocessadas e transformadas na forma de novos produtos. Uma proposta para a abordagem dos ciclos de vida no desenvolvimento de máquinas agrícolas é mostrada na Figura 2.16, reunindo as considerações de Back (1983) e Romano (2003).

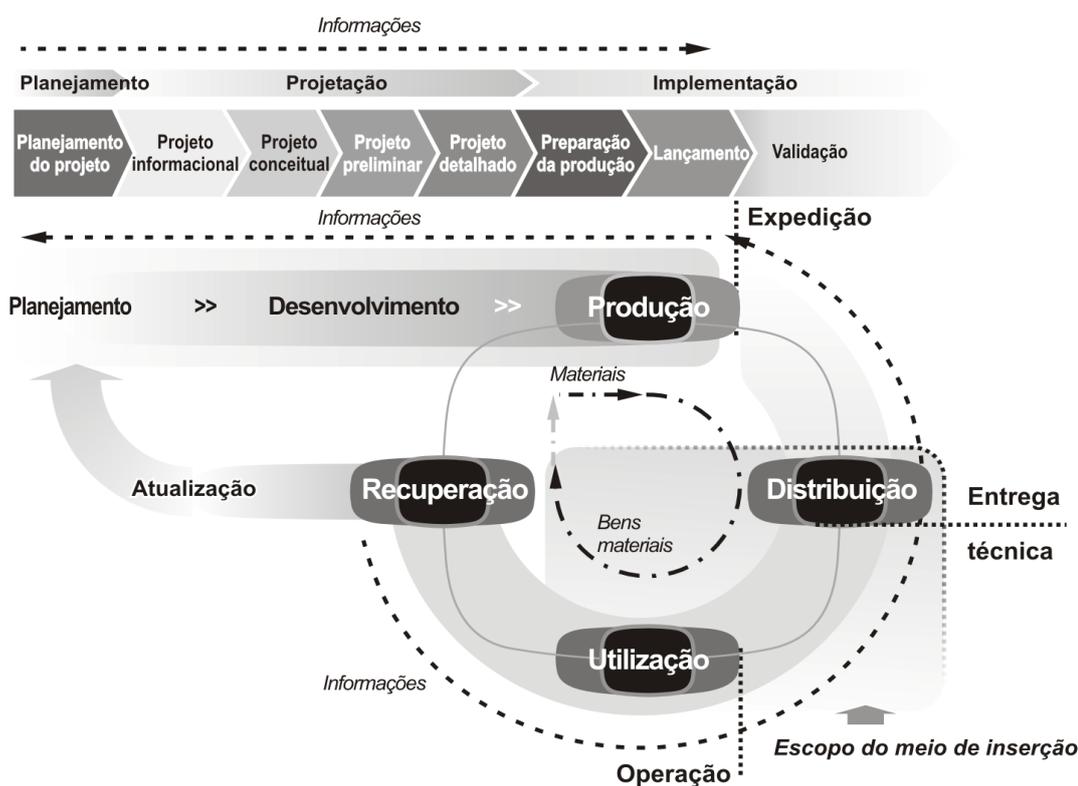


Figura 2.16 – Proposta de definição unificada do ciclo de vida da MA.

A abordagem do processo de produção-consumo considera as etapas pelas quais passa o produto manufaturado, a começar pela etapa de produção. Esta etapa inclui a aquisição de matéria-prima, o seu processamento em peças e a montagem das mesmas até a entrega do produto. A partir desse evento, o produto acabado é distribuído e exposto no ponto de venda para o cliente. Nesse ponto inicia o escopo do meio de inserção abordado no presente trabalho, conforme definido por Marini et al. (2006b), que reúne a soma de ‘meios operatórios’ pelos quais passa a MA.

Essa etapa é retratada na figura como o evento de entrega técnica. Tendo sido a máquina vendida, ela é deslocada para a propriedade rural e preparada para utilização. Essa preparação marca o evento de operação, no qual a função pretendida é executada pelo produto (consumo). O final da vida útil da MA marca o término da fase de consumo e também o limite final do escopo do meio de inserção abordado nesse trabalho. É possível então definir quais elementos podem influenciar sobre o projeto técnico, tendo em mente as informações de interesse definidas na atividade de levantamento dos fatores de influência no projeto (ROMANO, 2003). Dessas informações de interesse parte o processo de consolidação da definição do conceito de fatores de influência no projeto.

2.2.5 Caracterização dos fatores de influência

Os fatores de influência no projeto da MA se tratam de atributos e propriedades do meio de inserção que influenciam sobre a definição da solução desenvolvida. É importante então determinar quais os grupos de elementos que possuem influência sobre a definição do projeto técnico da máquina. O conjunto de entregas realizado na conclusão da projeção se trata de informações que definem a configuração física da máquina e a conformação de suas peças. Tais informações definem as características da MA, conforme a Figura 2.17.

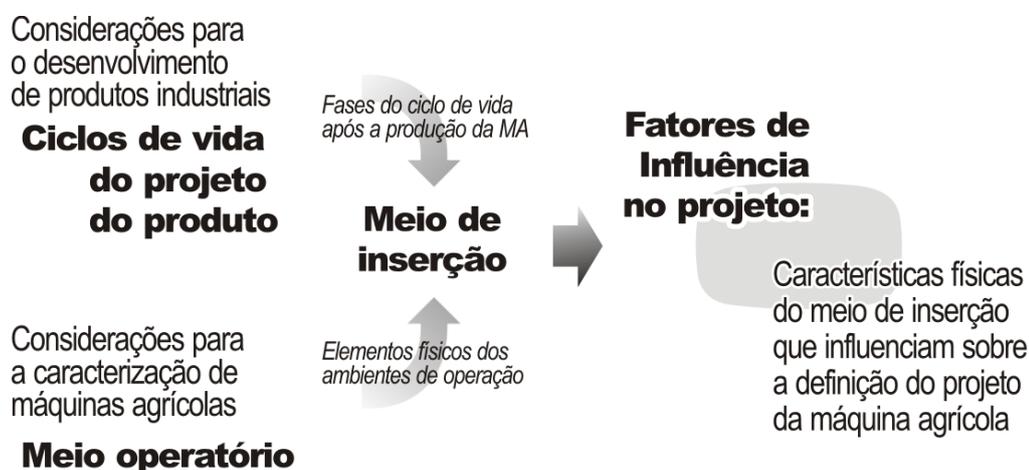


Figura 2.17 – Definição de fatores de influência no projeto para esta dissertação.

Essas características interagem com o meio operatório em seus dois âmbitos: o âmbito gerencial e o âmbito técnico. O âmbito gerencial define critérios para acompanhar do desempenho da máquina. Satisfeitos, esses critérios servem para determinar a adequação da máquina às necessidades dos clientes de utilização. Dessa forma, acabam por servir de base para a definição dos requisitos de cliente, conforme a definição proposta por Fonseca (2000). O âmbito técnico, por sua vez, envolve os elementos físicos envolvidos na operação, cujas propriedades básicas só podem ser controladas a partir da execução da transformação física que atende ao propósito da máquina. Fora disso, não podem ser controlados por quem executa a operação e muito menos pelos projetistas da MA. Assim sendo, servem de base ao levantamento dos fatores de influência no projeto. São então as características físicas do meio de inserção que constituem objeto de análise para o levantamento dos fatores de influência no projeto da MA.

2.2.6 Fatores de influência no projeto no PDMA

Romano (2003) propõe uma configuração inicial da atividade quanto às principais tarefas que devem ser realizadas. As atividades definidas para o levantamento dos fatores de influência no projeto são exibidas na Figura 2.18.

Fase 2 - Projeto Informacional da MA						
Entradas	Atividades	Tarefas	Dominios	Mecanismos	Controles	Saídas
Declaração do escopo do projeto Estrutura de decomposição do projeto (EDP) 1ª Avaliação das MA disponíveis no mercado	Definir os fatores de influência no projeto da MA	1 Analisar a declaração do escopo do projeto e a estrutura de decomposição do projeto	PP	Análise de especialista	Planejamento de marketing	Fatores de influência no projeto da MA
		2 Analisar a 1ª avaliação das MA disponíveis no mercado	PP	Benchmarking	Restrições	
		Considerar as normas (leis, regulamentações governamentais, etc.) necessárias à homologação da MA e da produção	MK, PP, QU, AF	Julgamento de especialista	Legislação	
		3 Definir os ensaios e/ou inspeções necessários à homologação da MA	PP, QU, DP		Normas para homologação	
		Identificar os itens exigidos à homologação da MA	PP, QU, DP		Exigências governamentais para homologação de MA	
		Identificar as normas técnicas de segurança que se relacionam com o projeto da MA	SE, QU		Normas de segurança	
		4 Levantar as informações relacionadas à operação agrícola a ser executada (parâmetros agrônômicos e mecânicos)	MK, PP, DP	Ensaios (laboratório, campo, simulados) Levantamentos (estudos de caso, avaliação de campo) Registros (controles operacionais, assistência técnica, programas de garantia)	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)	
Anexar os fatores de influência no projeto da MA ao sistema de documentação do projeto	GP	Sistema de documentação do projeto	Plano de gerenciamento da qualidade Plano de gerenciamento das comunicações			

Figura 2.18 - Modelagem da atividade de definição dos fatores de influência (ROMANO, 2003).

Tais informações, de acordo com o autor, resultam da realização de um conjunto de análises sobre diversos elementos. O levantamento dos fatores de influência no projeto deve ser realizado como parte do processo de coleta de informações que, agregadas ao projeto, definem linhas-guia para a atuação dos projetistas no projeto da MA. Para cada uma delas, são estabelecidas as competências necessárias para sua execução (domínios de conhecimento), as maneiras ou métodos pelas quais elas devem ser feitas e os dados que devem ser utilizados para validar as informações.

Marini *et al.* (2006a) delimitam os principais conjuntos de informações que tomam parte no levantamento dos fatores de influência no projeto. Segundo os autores, o conjunto de fatores de influência no projeto pode ser dividido em quatro categorias básicas de informações a ser consideradas. Essa divisão é feita conforme o elemento principal que determina sua origem: escopo do projeto, máquinas existentes, normas de homologação e características da operação. A relação dessas categorias com a definição proposta no presente trabalho é exibida na Figura 2.19.



Figura 2.19 – Categorias de informações levantadas como fatores de influência no projeto.

A numeração exposta identifica as categorias de levantamento, em relação com as respectivas tarefas indicadas na Figura 2.18. Cada uma delas contribui com informações que colaboram progressivamente para a definição dos fatores de influência no projeto da MA. Cada uma dessas categorias possui relação com o ciclo de vida do produto, conforme sugere a Figura 2.20. Nela, as categorias são caracterizadas quanto à sua abrangência e à utilidade de suas informações para o levantamento dos fatores de influência dentro do ciclo do PDMA.

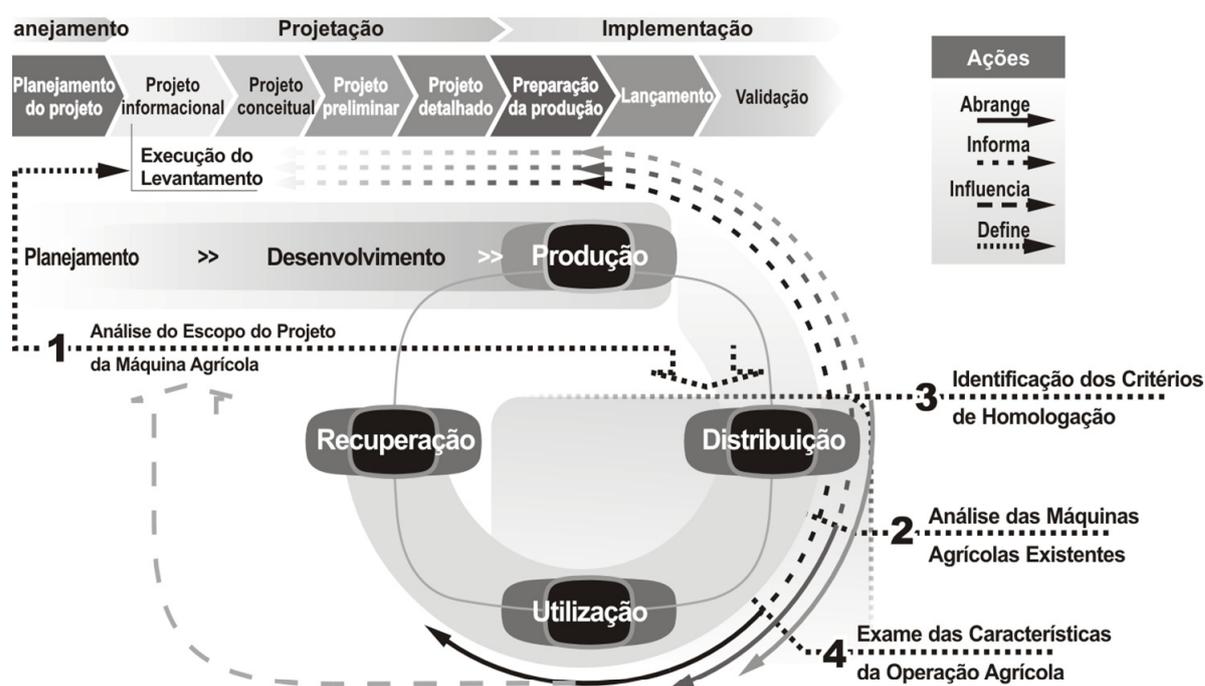


Figura 2.20 – Abrangência de cada categoria e influência sobre o processo de desenvolvimento.

A análise do escopo do projeto tem influência global sobre o projeto da MA, pois tem entre suas informações aquelas que definem as características essenciais da MA. Tais considerações determinam qual deve ser a direção tomada para realizar o levantamento das demais categorias. A análise das informações das máquinas existentes abrange o exame do conhecimento e das soluções disponíveis para a realização da tarefa desejada. Sua execução envolve o estudo orgânico das máquinas de propósito similar, buscando comparar parâmetros construtivos que possam trazer contribuição significativa ao nível de informação para a realização do projeto.

A categoria de normas de homologação envolve a busca e o processamento de informações relacionadas a critérios adotados pelos mercados consumidores quanto à homologação da MA. Esses critérios são definidos inicialmente por leis e normas técnicas que regulam as atividades de produção e de utilização da máquina. O exame das características da operação trata da análise das características de execução da operação, bem como de seus parâmetros físicos. Seu estudo trata de levantar informações a respeito do meio em que a MA é utilizada, em conformidade com a definição original de meio operatório, proposta por Mialhe (1996). Tais grupos de informações encontram-se em conformidade com o escopo do meio de inserção proposto na Figura 2.16.

Cada uma das categorias tem sua abrangência determinada dentro do meio de inserção da MA, definida pela caracterização das informações que são tomadas. A análise das características operacionais é feita no contexto de utilização do produto. Dessa forma, sua abrangência se dá nessa fase de forma intrínseca.

O exame das máquinas agrícolas existentes abrange as informações relevantes à aquisição da máquina pelo cliente. A identificação dos critérios de homologação abrange os requisitos para autorizar a distribuição da MA no mercado. As características da operação influenciam na definição do escopo: esta constitui critério fundamental na definição do tipo de máquina. Por sua vez, a análise do escopo processa essa dependência através da definição de linhas-guia para a execução de todas as outras tarefas. Conhecendo então as dependências entre as características das etapas do ciclo de produção-consumo, é possível entender o levantamento dos fatores de influência, conforme definidos por Romano (2003).

2.2.7 Contribuição à definição das especificações de projeto

Tomando em consideração as definições existentes, é possível entender que tais fatores, quando derivados em medidas, constituem elementos que por definição podem ser considerados como especificações de projeto. Tal afirmação é baseada na observação das seguintes definições:

- Do conjunto de elementos da fase de projeto informacional, conforme proposto por Fonseca (2000), que considera o processo de maturação das necessidades dos clientes para as especificações de projeto; e,
- Da definição estabelecida por Romano (2003) para os fatores de influência no projeto, que constitui base para esta revisão e se consolida a partir do conhecimento examinado e apresentado.

O presente trabalho intenta contribuir para a evolução do conhecimento em projeto de máquinas agrícolas num enfoque de síntese. Embora a definição de Christianson e Rohrbach (1986) apareça em uma publicação cujo tema trata de projeto, ela parte de um enfoque de análise. Nessa abordagem, seguida pela maioria das publicações em máquinas e mecanização, o conhecimento e os termos relativos ao desenvolvimento de produtos são praticamente ignorados.

Por conta disso, tendo em mente os objetivos desse trabalho, a definição dos fatores de influência proposta por Romano (2003) para o MR-PDMA constitui ponto de partida e objeto de reflexão. Tal definição é consolidada com base na revisão do escopo do termo original proposto por Christianson e Rohrbach (1986) utilizando como filtro o conceito de meio operatório (MIALHE, 1996), contextualizado no exame das interpretações de ciclo de vida para o desenvolvimento de produtos.

Se as especificações de projeto, conforme Fonseca (2000), partem inicialmente da consideração das necessidades dos agentes interessados no projeto ao longo do ciclo de vida, ocorre que os fatores de influência vem a complementar tal definição. Sendo que estes consistem em características físicas do meio de inserção, ocorre que acrescentam conhecimento, aparecendo como informações complementares que dão origem a um conjunto parcial de especificações.

Os elementos que dão origem às especificações de projeto são examinados a partir da interpretação do conceito de meio operatório, como mostrado na Figura 2.21



Figura 2.21 – Origem das especificações de projeto no desenvolvimento de máquinas agrícolas.

Nessa definição o âmbito gerencial, que abrange o conhecimento empregado para a manutenção das atividades agrícolas e a realização de tomadas de decisão induz à configuração das necessidades que a MA deve atender em sua utilização. Em razão disso, origina os requisitos de cliente que configuram critérios de desempenho que a máquina deve manifestar em seu ciclo de vida.

O âmbito físico, que abrange o conhecimento dos recursos materiais e dos meios de produção, induz à definição de fatores que influenciam sobre o alcance, pela solução projetada, dos atributos necessários para a satisfação das necessidades dos usuários. Nesse aspecto, tais fatores pertencem a uma porção limitada do ciclo de vida da MA, constituindo influência importante a partir do ponto de vista do ambiente em que esta irá se inserir para o cumprimento de suas funções pretendidas.

Em razão disso, importa a releitura da definição dos fatores de influência no projeto (ROMANO, 2003; MARINI et al., 2006b) como *“características de diversos elementos do meio onde a máquina agrícola se insere que interagem direta ou indiretamente com sua configuração física, e influenciam sobre o grau de satisfação das especificações de projeto que versam sobre o desempenho da máquina agrícola em uso”*. Estes fatores passam a constituir um conjunto parcial de especificações de projeto, já que informam à equipe de desenvolvimento sobre características que influenciam sobre a percepção de qualidade da MA pelos usuários.

2.2.8 Considerações complementares

A revisão do conhecimento sobre os fatores de influência no projeto foi realizada através da reunião de considerações ligadas a duas grandes áreas, conforme apresentado no item 1.3.1.

A área de máquinas e mecanização agrícola guarda um enfoque centrado na análise do desempenho e do rendimento das máquinas durante sua utilização. Isso significa que o foco de interesse dessa linha de estudo concentra-se com mais ênfase no uso, deixando pouco espaço para informações ligadas ao desenvolvimento das máquinas agrícolas. Por outro lado, a área de projeto de sistemas mecânicos tem foco de interesse sobre as práticas necessárias ao desenvolvimento de produtos industriais, incluindo a MA. Com uma visão fortemente orientada às necessidades dos agentes interessados do ciclo de vida, é possível que a consideração dos elementos ambientais mereça maior atenção, o que ocorre em particular para a MA.

Se o interesse deste trabalho é concentrado no desenvolvimento da MA, é importante a atenção ao meio em que ela é operada e utilizada. Por conta disso, busca-se conciliar os termos utilizados em ambas as áreas de conhecimento, criando relações objetivas entre as respectivas definições (ver Figura 2.15).

Com isso, define-se não somente o conceito dos fatores de influência no projeto dentro do PDMA, mas também seu posicionamento dentro do ciclo de vida da MA a partir de uma unificação entre as perspectivas de projeto e de produto.

2.3 Modelagem de informações

2.3.1 Requisitos de modelagem e representação

Berio e Vernadat (1999) definem os requisitos básicos para as arquiteturas de modelagem de processos em empresas, em função das capacidades que são necessárias para definir a adequação dos modelos à realidade prática de execução. Em função da complexidade freqüentemente encontrada nesses processos, a partir de seus componentes e das respectivas relações, uma abordagem modular e incremental constitui recomendação importante para modelar esses sistemas.

Na maioria dos casos, as linguagens utilizadas para a modelagem de sistemas utilizam um número limitado de componentes – blocos construtivos – definidos na forma de classes ou de conjuntos básicos pré-definidos (*templates*) que podem ser montados e personalizados em acordo com as necessidades de cada processo. Os critérios básicos para a definição dos recursos necessários de modelagem de sistemas organizacionais são abordados pelos autores. São requisitos mínimos de representação para reconstituir as estruturas e os processos empresariais. Esses são definidos pelas características dos processos, e consistem em:

- Fluxos de entidades: os processos devem ser descritos quanto aos elementos que os caracterizam, na forma de fluxos de materiais, informações e de controles e/ou decisões;
- Visões de modelagem: a organização deve ser caracterizada em quatro visões básicas, considerando o que tem de ser feito, quais são os elementos processados, quem ou o que deve fazer cada coisa, e as unidades de responsabilidade e suas dependências; e,
- Níveis de modelagem: os processos e/ou sistemas modelados podem ser analisados considerando os níveis de requisitos dos usuários, de especificações de projeto (soluções que satisfazem os requisitos) e de descrição da implementação dessas soluções.

Romano (2003) define vários requisitos de representação para esses modelos. Em função deles, houve a necessidade de elaborar uma estrutura específica para representar os processos que compõem o MR-PDMA. Daqueles requisitos, os que trazem maiores contribuições à definição da modelagem de informações para os fatores de influência seguem:

- Representar o desenvolvimento com base na visão de processo;
- Possibilitar o entendimento a partir da unificação da identidade de representação gráfica e descritiva dos componentes;
- Declarar as subdivisões do modelo nos respectivos componentes e indicar a seqüência lógica envolvida para sua elaboração;
- Indicar os domínios de conhecimento envolvidos para realizar as tarefas; e,
- Indicar as informações necessárias à realização das atividades.

Tais requisitos motivam à necessidade de utilizar uma estrutura semelhante, com abordagem descritiva apropriada, para representar os processos de elaboração das informações para definir os fatores de influência no projeto e utilizá-los como recurso auxiliar ao desdobramento da estrutura de funções da MA.

2.3.2 Fundamentos para a análise de processos

O modelo IDEF0 (NIST, 1993), em que é baseada a estrutura de representação do PDMA, consiste em uma abordagem de engenharia de sistemas que descreve, em cada nível de decomposição do sistema, o que o sistema faz, quais agentes o controlam, quais os elementos trabalhados, quais os meios utilizados e quais são seus produtos. Alguns propósitos da sua utilização sistemática são:

- Desempenhar a análise de sistemas em todos os níveis de decomposição;
- Produzir documentos de referência em paralelo ao desenvolvimento;
- Propiciar a comunicação entre os agentes envolvidos no projeto; e,
- Contribuir para o consenso das decisões pelo entendimento compartilhado;
- Gerenciar projetos complexos e de grande porte, medindo o andamento; e,
- Fornecer uma arquitetura de referência para a análise de empresas e a engenharia e gestão de informações.

As definições funcionais e as respectivas interfaces que o caracterizam contribuem para a segurança na tomada de decisão nos processos de engenharia. A análise mediante o uso dessa técnica pode ser realizada em vários enfoques, dependendo das características do sistema estudado. Malmström *et al.* (1999) comparam os modelos IDEF0 e DSM para a representação de processos.

Os autores concluem que o primeiro é mais útil à descrição formal de processos, enquanto o segundo tem melhores recursos para descrever objetivamente as interdependências entre as partes de um sistema. Os autores descrevem a importância da abordagem IDEF0 quando os modelos de sistema abordados necessitam ser implementados na prática e estão sujeitos a refinamentos. Uma das limitações encontradas é a sua característica de foco nos produtos, deixando de lado as metas e os custos envolvidos.

Os aspectos vantajosos da modelagem IDEF0 podem ser confirmados para o desenvolvimento de máquinas agrícolas, a partir da modelagem da estrutura de representação para o PDMA (ROMANO, 2003). A modelagem original e a proposta do autor para embasar a construção da estrutura são comparadas na Figura 2.22.

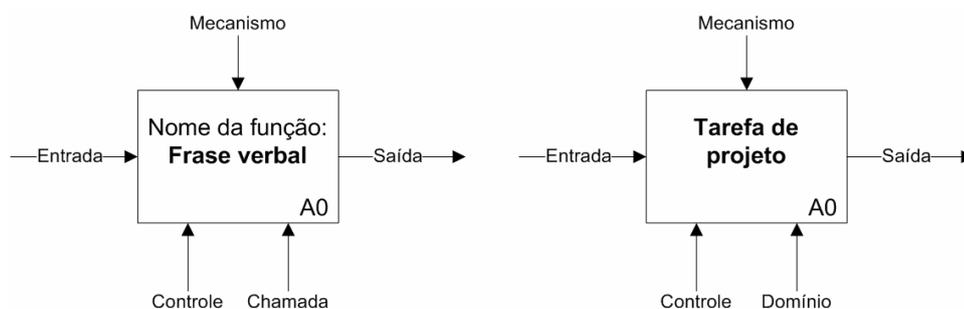


Figura 2.22 – Modelo IDEF0 (NIST, 1993) e modelo de tarefa para o MR-PDMA (ROMANO, 2003).

A diferença entre o modelo original IDEF0 e o modelo básico de tarefa para a estrutura de representação do PDMA trata da adição do domínio de conhecimento para a caracterização da tarefa de projeto. A consideração de chamada existente no modelo original torna-se supérflua, porque muitas vezes nos processos de empresa as informações são automaticamente relacionadas e acabam servindo como mecanismos ou controles na realização de outras tarefas. Com isso, torna-se possível a elaboração de uma modelagem estruturada para as tarefas e as informações pertinentes ao projeto de máquinas agrícolas.

2.3.3 Estrutura de representação do MR-PDMA

Dessa forma, a definição de um modelo de informações para os fatores de influência no projeto toma como ponto de partida a proposta de modelagem da realização da atividade de definição desses fatores, apresentada pelo MR-PDMA (ROMANO, 2003). A modelagem dos fatores de influência, baseada na estrutura de representação do PDMA, inclui as considerações do modelo IDEF0 (NIST, 1993), para a representação de processos. Com o auxílio dessa estrutura de modelagem, torna-se possível definir critérios para a modelagem das tarefas:

- Entradas: que informações são necessárias para iniciar cada tarefa;
- Domínios: quais áreas funcionais da empresa devem atuar;
- Mecanismos: quais os métodos e ferramentas que devem ser utilizados;
- Controles: quais as informações que possibilitam validar os resultados; e,
- Saídas: Quais as informações que devem ser apresentadas.

A estrutura de representação do PDMA é implementada a partir de um modelo de planilha eletrônica cuja identidade visual é unificada para todos os conjuntos de informações. Tais conjuntos são caracterizados mediante os mesmos critérios, determinados a partir do modelo de representação básica de tarefa. A representação das informações da planilha é exibida pela Figura 2.23.

Fase 3 - Projeto Conceitual da MA						
Entradas	Atividades	Tarefas	Domínios	Mecanismos	Controles	Saídas
Ficha de aprovação de passagem de fase	Comunicar início da fase de projeto conceitual	Comunicar a aprovação das especificações de projeto da MA à equipe de desenvolvimento do produto	GP	Correio eletrônico	Plano de gerenciamento das comunicações	Comunicado de aprovação da EPMA
		Convocar equipe de desenvolvimento do produto para 1ª reunião da fase de projeto conceitual para apresentação do plano do projeto	GP	Correio eletrônico	Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	Convite para a 1ª reunião
Plano do projeto	Atualizar necessidade de capital		GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orçamento de desenvolvimento da MA	Recursos financeiros

Figura 2.23 – Elementos da estrutura de representação do MR-PDMA (ROMANO, 2003).

A partir desses elementos, o autor elabora as informações pertinentes às atividades e às tarefas de cada fase do modelo, conforme os elementos básicos da estrutura de representação. A disposição das atividades e das tarefas no modelo é definida em função da seqüência lógica de dependências entre as informações.

Estando o modelo de referência organizado dessa maneira, torna-se possível o entendimento visual da complexidade das informações abordadas. Para isso, o autor coloca instruções para a leitura das informações da planilha eletrônica, que auxiliam no correto entendimento das informações envolvidas em cada tarefa em razão dos critérios adotados para sua representação, conforme representadas na Figura 2.24.

Fase 3 - Projeto Conceitual da MA						
Entradas	Atividades	Tarefas	Dominios	Mecanismos	Controles	Saídas
Ficha de aprovação de passagem de fase	Comunicar início da fase de projeto conceitual	Comunicar a aprovação das especificações de projeto da MA à equipe de desenvolvimento do produto	GP	Correio eletrônico	Plano de gerenciamento das comunicações	Comunicado de aprovação da EPMA
		Convocar equipe de desenvolvimento do produto para 1ª reunião da fase de projeto conceitual para apresentação do plano do projeto	GP	Correio eletrônico	Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	Convite para a 1ª reunião
Plano do projeto	Atualizar necessidade de capital		GP, AF	Fluxo de caixa Curva S	Orcamento de desenvolvimento da MA	Recursos financeiros
Convite para a 1ª reunião	Conduzir orientação da equipe e apresentar o plano do projeto atualizado	Apresentar a lista das atividades do projeto atualizada	GP, Todos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto	Lista das atividades do projeto	Plano do projeto apresentado
Especificações de projeto da MA (EPMA)		Apresentar os novos membros da equipe de desenvolvimento do produto	GP		Relação dos membros da equipe de desenvolvimento do produto	
Plano do projeto atualizado		Apresentar o cronograma de desenvolvimento atualizado	GP, Todos		Cronograma de desenvolvimento	
Sistema de documentação do projeto		Esclarecer dúvidas, acertar detalhes e encerrar reunião	GP, Todos		Plano do projeto	
Plano do projeto	Executar atividades do plano do projeto	Prover os recursos para executar o plano do projeto	GP		Orcamento de desenvolvimento da MA	Recursos físicos e financeiros
Recursos financeiros						

Figura 2.24 – Sentido de leitura na planilha eletrônica do MR-PDMA (ROMANO, 2003).

Isso significa que é possível obter controle sobre a condução dos processos e a confiabilidade das informações, pelo fato de que a estrutura de modelagem proposta identifica os relacionamentos entre as entidades envolvidas em cada processo ou conjunto de informações. Com esse controle, é possível garantir a confiabilidade da execução dos processos de transformação das informações e de seu armazenamento para recuperação nos processos de projeto.

2.3.4 Considerações complementares

A modelagem de informações é possível a partir da utilização da estrutura de representação do PDMA. Isso se dá porque cada elemento pertinente aos fatores de influência pode resultar de uma transformação de informações. Assim sendo, é possível definir cada característica pode ser tratada como uma função que constitui na verdade um elemento parcial de um processo. Dessa forma, pode-se definir os relacionamentos entre as informações e a seqüência de seu levantamento.

Assim sendo, é possível então definir o conjunto de informações que compõem os fatores de influência no projeto em torno dos seguintes critérios:

- Os elementos que constituem informação relevante;
- As relações de dependência entre esses elementos;
- As informações necessárias para processar os elementos;
- A seqüência lógica para a realização do levantamento;
- As maneiras pelas quais as informações são levantadas e transformadas;
- As competências necessárias para o procesamento dos elementos; e,
- Os critérios pelos quais as informações são transformadas e validadas.

Dessa forma, torna-se possível estabelecer um modelo estruturado para o levantamento dos fatores de influência que resulta em informações relevantes para o desenvolvimento de máquinas agrícolas. Estas devem servir de diretrizes para o estabelecimento da função da MA, bem como originar especificações de projeto.

2.4 Funções técnicas em máquinas agrícolas

2.4.1 Definições básicas

Kepner *et al.* (1972) colocam o estabelecimento de um conjunto de requisitos funcionais como um dos passos fundamentais do desenvolvimento da MA. Para esclarecer o que deve ser feito, é importante considerar os efeitos desejados da ação da máquina sobre o campo de cultivo. Por exemplo:

- Em semeadura, pode ser a distribuição e o posicionamento ótimo das sementes em função dos espaçamentos agronomicamente prescritos;
- No preparo do solo, se trata do efeito que deve ser exercido pelos órgãos ativos da máquina sobre o solo, prescrito em acordo com as necessidades do sistema de cultivo adotado;
- Em colheita, pode ser a separação entre os grãos e o restante da matéria vegetal visando obter o mínimo de perdas de produto por origem mecânica.

Segundo os autores, o resultado do projeto da MA muitas vezes não será o ideal, mas sim uma solução de compromisso entre requisitos conflitantes que atenderá às especificações definidas, em acordo com as limitações de ordem prática.

Mialhe (1974) apresenta uma abordagem para o gerenciamento sistemático das operações de produção agrícola. Os trabalhos agrícolas são descritos nas seguintes características: o processo produtivo é realizado em etapas; cada etapa se distingue das outras quanto ao instante de realização; e, é cada etapa é feita em função caráter periódico das condições de clima e de desenvolvimento dos cultivos.

O ciclo de produção agrícola é definido em uma seqüência de etapas que abrangem a execução de operações básicas, conforme representado na Figura 2.25.

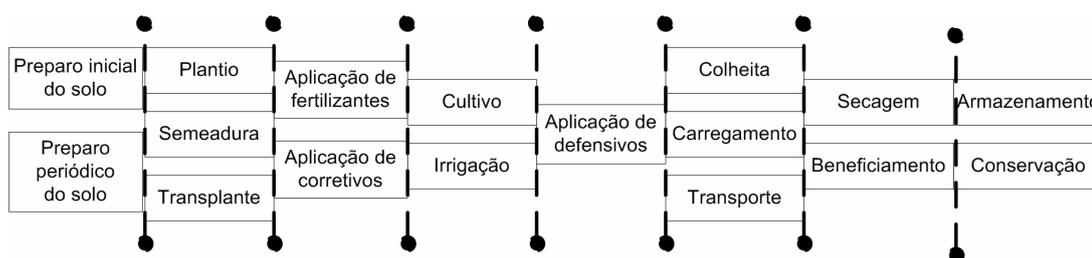


Figura 2.25 – Etapas de execução da produção agrícola (adaptado de MIALHE, 1974).

Cada operação pode ser vista como uma cadeia de eventos que inicia a partir de um estado inicial até chegar a um estado final satisfatório, que permita prosseguir com o ciclo produtivo (Ibid.). Esse ponto de vista é representado na Figura 2.26.

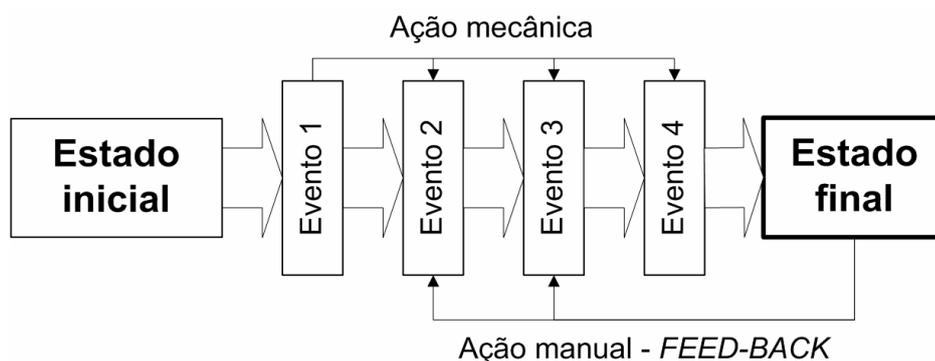


Figura 2.26 – Modelo de caracterização da operação agrícola (MIALHE, 1974).

A definição conceitual proposta pelo autor considera o exercício de uma ação mecânica em cada evento da operação, quando esta é executada com o auxílio de máquinas. Cada uma das ações alimenta à execução de um dado evento quando se caracteriza a operação agrícola. Com isso, é possível dizer que cada ação executada sobre os elementos agrícolas pode ser vista de maneira equivalente a uma função.

Kanafojski e Karwowski (1976) mostram uma comparação entre o desempenho de sistemas sem mecanização, sistemas parcialmente mecanizados e sistemas totalmente mecanizados para a colheita. A demonstração das etapas para a colheita de grãos, na Figura 2.27, é de interesse para as considerações de projeto.



Figura 2.27 – Tecnologias para a colheita de grãos (KANAFUJSKI E KARWOWSKI, 1976).

Tais etapas constituem tarefas que devem ser realizadas para a conclusão das atividades de colheita, consonante com a definição de Mialhe (1974) para a análise operacional. Segundo indica essa comparação, três aspectos importantes do projeto de sistemas para a agricultura podem ser percebidos:

- Primeiramente, houve uma multiplicação da energia disponível para a realização dos trabalhos de colheita;
- A seguir, as máquinas expandiram seu papel de atuação no sistema de colheita, executando várias operações de forma combinada; e,
- Essa tendência de combinação prosseguiu até que todas as operações pudessem ser realizadas por uma única máquina, quase ao mesmo tempo.

Outros indicadores apontados pelos autores foram a diminuição dos requisitos de mão-de-obra e a diminuição progressiva das perdas na colheita.

A contribuição mais importante das máquinas foi em acelerar as operações, possibilitando a colheita de uma maior quantidade de produto em menor tempo. Um aspecto importante é a multiplicação das ações de controle para o funcionamento adequado das máquinas, em vista às necessidades operacionais.

Tal processo motiva à consideração de como pode ser feito o controle na operação agrícola, em se considerando sua definição como uma cadeia de eventos. Para que seja possível executar essas ações, é importante entender os ciclos de realimentação. Esse tipo de ciclo envolve avaliar o desempenho da ação da máquina e verificar a necessidade de se executar uma ação corretiva. Existem duas abordagens pelas quais se dá esse processo (MIALHE, 1974).

- A primeira considera a ação humana como meio de controlar a ação da máquina em vista da informação sobre o estado final obtido; e,
- A segunda mostra como um sistema processador intervém na ação da MA para controlar o resultado obtido em função de parâmetros armazenados.

As ações de controle, na forma de *feedback*, realizam correções para que a máquina faça com que o estado final do elemento agrícola fique de acordo com o resultado desejado para a operação. A função do operador (ser humano ou sistema de processamento e controle) é comparar informações entre impressões distintas: a primeira é o conhecimento sobre o estado final desejado para a operação; a segunda é a informação a respeito do resultado do trabalho no momento em que opera a máquina. As definições dos ciclos de controle são exibidas na Figura 2.28.

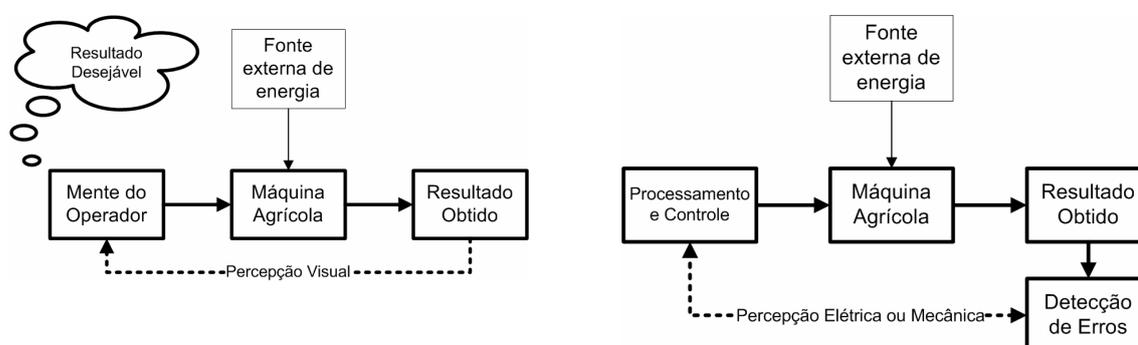


Figura 2.28 – Ciclos de controle e *feedback* da MA (MIALHE, 1974).

De acordo com Sudduth (1999), o controle de equipamentos em aplicações agrícolas de precisão normalmente se dá mediante um laço fechado.

Nesse sistema, um sinal de realimentação, proporcional ao comportamento real de uma variável, é comparado com uma informação sobre o comportamento desejado. Karrelmeyer (2005) descreve como um sistema desses acompanha as variações de funcionamento e determina a resposta a ser dada, em acordo com a Figura 2.29. Nessa abordagem de controle, a variável 'x' é a variável cuja característica é passada ao controlador, que entrega a variável 'y' para o sistema.

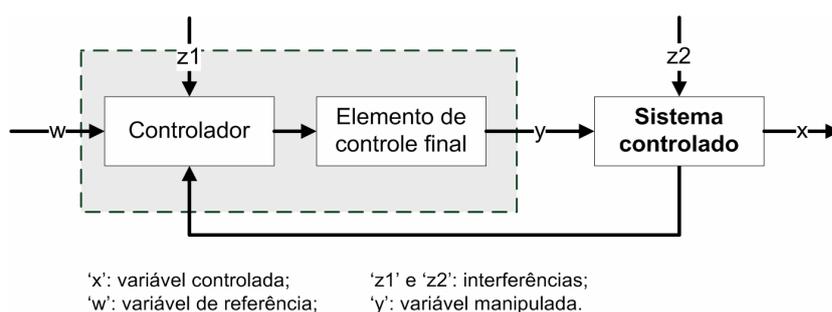


Figura 2.29 – Laço de controle fechado (KARRELMAYER, 2005).

Isso significa que o controlador se baseia no valor real da variável de saída 'x' (taxa de distribuição, p.ex.) para intervir no sistema controlado. Nessa intervenção, as interferências externas são consideradas para determinar o funcionamento do atuador e corrigir o comportamento do sistema para o melhor desempenho, em função da variável de entrada 'w'. Dessa forma, minimiza-se o erro entre o comportamento real e o estado desejado do sistema controlado.

2.4.2 O processo técnico

Hubka e Eder (1992) definem um processo técnico como a soma das operações executadas para transformar de elementos de entrada em resultados úteis.

Nessa visão, os operandos consistem nos elementos transformados pelo processo, e abrangem os elementos cuja transformação é pretendida. As entradas e saídas secundárias são os elementos que de uma forma ou de outra interferem no processo. São considerados operadores os agentes que exercem influência ativa e deliberada sobre o processo, controlando-o para que sejam obtidas as saídas desejadas a partir dos operandos. Os principais elementos que realizam tais ações são os seres humanos e os sistemas técnicos (HUBKA e EDER, 1992).

Interagindo com o processo e também com seus agentes executores, o ambiente ativo se trata da conjunção dos elementos ambientais, dos sistemas de informação e dos sistemas de gerenciamento que tomam parte na execução do processo. A consideração do processo técnico é mostrada na Figura 2.30.

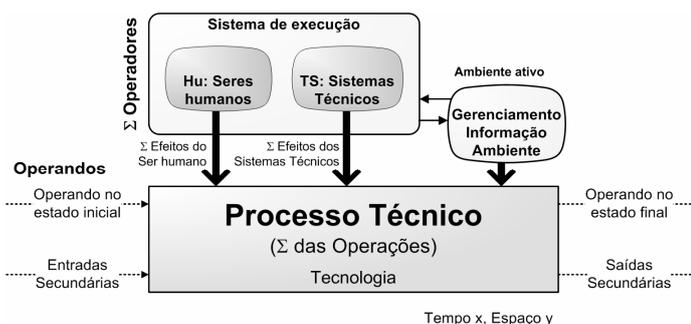


Figura 2.30 – Modelo Geral de Processo Técnico (HUBKA e EDER, 1992).

Os processos técnicos podem ser derivados em cadeias de operações, a partir das quais são obtidos efeitos que, combinados, contribuem para a utilidade da transformação. Esses efeitos devem ser entregues a partir de dispositivos cuja constituição executa uma transformação parcial no processo, em locais e de maneiras planejadas (HUBKA e EDER, 1992).

As operações principais serão acompanhadas de operações auxiliares para controlar, regular, propelir e ajudar. Além dessas, outros processos de conexão e de suporte derivados de vínculos físicos, concorrem para realizar a transformação pretendida. Por conta disso, os elementos auxiliares à cadeia principal também passam por transformações. Tais ações têm por propósito converter outras entradas a partir de estados naturais para estados transformados úteis. Esses últimos entregam os efeitos pretendidos para as transformações principais (Ibid.).

2.4.3 Operações principais e sistema de execução

Esses efeitos devem contribuir para a operação principal, da forma desejada, no instante de tempo pretendido e dentro do intervalo de tempo tolerado. O sistema de execução se trata do conjunto de ações executadas por sistemas técnicos e seres humanos que resulta nos efeitos apropriados ao funcionamento do processo. Seu contexto no processo técnico é representado na Figura 2.31.

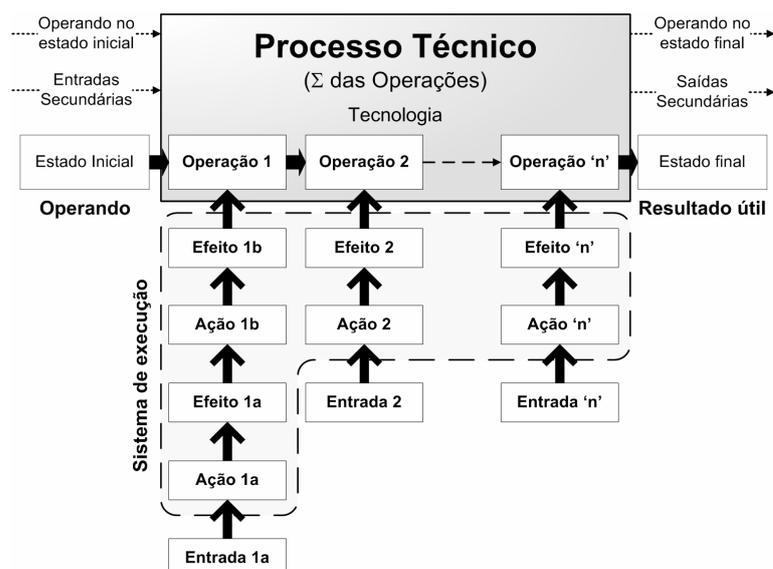


Figura 2.31 – Transformações dentro de um processo técnico (HUBKA e EDER, 1992).

Várias ações dessas cadeias do sistema de execução podem ocorrer sem a intervenção direta do ser humano. Para interpretar e reconhecer os elementos que tomam parte na execução de um processo técnico, utiliza-se a abordagem gráfica representada na Figura 2.32.

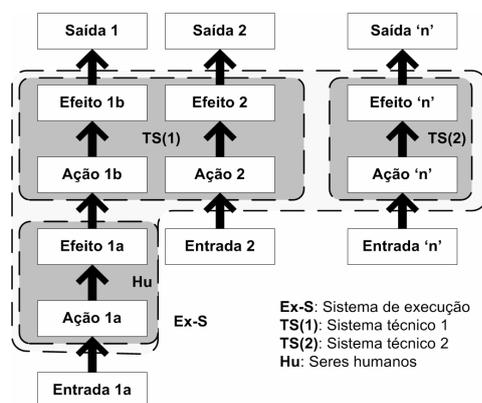


Figura 2.32 – Situação dos elementos do sistema de execução.

As entradas podem assumir as formas de energia, material e informação. As ações podem ser realizadas por seres humanos ou por sistemas técnicos. O que acontece no uso dos sistemas técnicos é a otimização do trabalho humano, que se dá pela multiplicação de sua capacidade a partir da transformação planejada de energia, material e sinal. É possível que as necessidades estabelecidas pelos usuários para o desempenho do sistema impeçam que o ser humano possa agir diretamente.

Reconhecidas as tendências de evolução tecnológica, isso pode acontecer pela magnitude de energia envolvida; pela dificuldade de realizar controle e ação exatos; ou, pela complexidade intrínseca das informações envolvidas. O ser humano, com sua capacidade reflexiva e decisória, pode participar quanto à ação do sistema técnico: pode empregar sua capacidade física, utilizando o sistema para multiplicar seu trabalho; e, pode empregar sua percepção e seu raciocínio, para ajustar a condição de funcionamento pela qual o sistema age, ou agir, na realização do processo.

Entretanto, há um ponto em que as capacidades requeridas do sistema acabam por ser bastante complexas, a ponto de fazer com que algumas de suas ações necessitem de autocontrole como auxílio ao raciocínio e à decisão humanas. Considerando essas informações, cada vez mais a execução dos processos será baseada na ação de sistemas que processam energia, material e informação. Isso implica que a abordagem de desenvolvimento de produtos pela teoria dos sistemas técnicos ganha importância para o desenvolvimento de máquinas em geral.

2.4.4 Interpretando a operação agrícola

Comparando os conceitos de operação agrícola e de processo técnico, existem semelhanças que justificam a interpretação da primeira abordagem para a segunda. Isso é justificado a partir das seguintes definições:

- A operação agrícola é definida como uma cadeia de eventos desde um estado inicial até um estado final que satisfaça os propósitos da produção agrícola (MIALHE, 1974); e,
- O processo técnico pode ser desdobrado em um conjunto de operações que transformam elementos de um estado inicial para um estado final útil (HUBKA e EDER, 1992);

Torna-se possível então interpretar a operação agrícola na forma de um processo técnico, conforme mostrado na Figura 2.33. Nesse processo em particular é efetuada uma seqüência de operações parciais sobre os elementos agrícolas cuja transformação é de interesse para a continuidade do ciclo de produção. Esses elementos constituem os operandos de um processo técnico na agricultura, sendo que os eventos podem ser interpretados na forma de operações parciais.

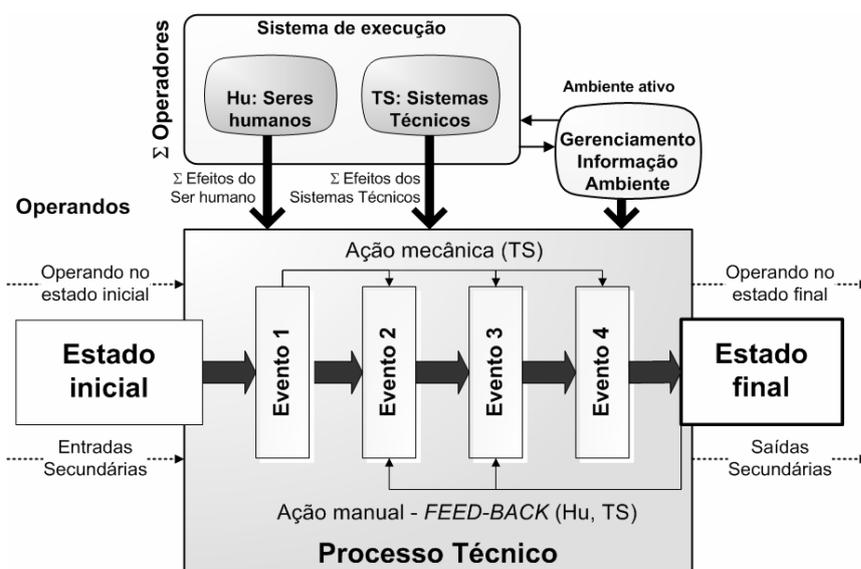


Figura 2.33 – Interpretação da operação agrícola como processo técnico.

O sistema de execução do processo técnico é responsável por efetuar as ações de intervenção⁴. Estas podem ser efetuadas na forma de: (1) ações mecânicas, diretamente responsáveis pelo andamento das operações parciais do processo; e, (2) ações de realimentação (*feedback*), responsáveis pelo controle de cada operação parcial. As demais informações do processo técnico devem ser consideradas a partir da interpretação proposta por Hubka e Eder (1992) na teoria dos sistemas técnicos.

A interpretação da operação agrícola em processo técnico faculta a definição de uma abordagem para estabelecer as ações que a MA deve desempenhar em operação. Essas devem ser definidas tendo por base o conjunto de especificações de projeto alimentado pelos requisitos de cliente e pelos fatores de influência. Com isso, preenche-se a lacuna entre a definição das características das práticas agrícolas e o estabelecimento das operações parciais dos processos técnicos. A partir dessa interpretação, é possível afirmar que estes constituem meios de realizar as transformações pretendidas no meio agrícola para uma dada operação no ciclo de produção.

⁴ A representação da interpretação da operação agrícola como sistema técnico é mostrada como uma composição das ilustrações mostradas nas figuras 2.26 e 2.30. Por conta disso, essa representação incorpora a terminologia operacional da operação agrícola (MIALHE, 1974).

Essa notação deve ser traduzida para a terminologia dos processos técnicos conforme segue: cada evento corresponde a uma operação parcial do processo técnico; cada ação mecânica corresponde a uma ação direta do sistema técnico sobre cada operação parcial; cada ação de realimentação (*feedback*) deve corresponder a uma ação de controle efetuada por seres humanos ou sistemas técnicos.

2.4.5 Fundamentos de modelagem funcional

Pahl e Beitz (1996) identificam os artefatos técnicos como estruturas capazes de realizar tarefas para converter energia, material, e sinal, na forma de efeitos que devem ser entregues a um processo. Os artefatos técnicos são identificados e classificados em razão de sua complexidade, que guarda um caráter de proporção mais ou menos direta com seu porte. Apesar disso, são admitidas exceções. Muitas vezes, certos equipamentos são considerados mais complexos do que plantas inteiras, dependendo da especialidade tecnológica e do tipo de processo realizado.

A análise desses artefatos permite entender que todos envolvem processos nos quais energia, material, e sinal são convertidos e/ou transportados. É possível então abstrair sua definição usando a abordagem de sistemas técnicos. Nessa abordagem, cada ação induz um efeito necessário à conclusão do processo técnico. Para imprimir tais efeitos, tem-se a necessidade de transformar as grandezas de entrada em saídas desejadas. Dessa forma, cada ação corresponde a uma função e cada resultado corresponde a um efeito (PAHL e BEITZ, 1996). É possível observar esse conceito na representação da Figura 2.34.

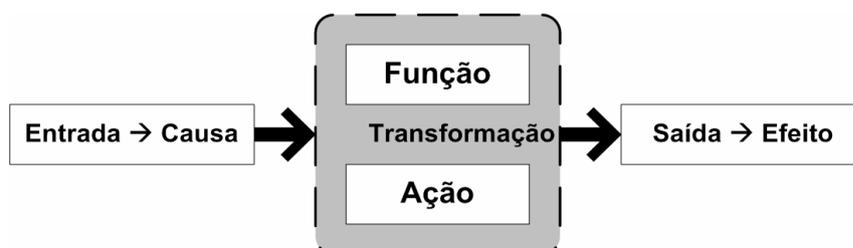


Figura 2.34 – Correspondência entre função e ação (interpretado de PAHL e BEITZ, 1996).

A soma dessas ações, em seqüência ou em cadeia, irá entregar ao processo técnico os efeitos pretendidos para seu desempenho adequado (HUBKA e EDER, 1992). A cadeia de ações que entrega os efeitos necessários à realização do processo técnico é denominada *fluxo principal*. Conforme pode ser interpretado, este se compõe das funções cujos efeitos agem diretamente sobre o processo técnico. Dessa maneira, agem realizando cada uma das operações responsáveis pela transformação dos operandos. Nenhum fluxo principal prevalece sem que haja outros fluxos para alimentar a transformação principal com qualquer das outras entidades auxiliares (PAHL e BEITZ, 1996).

Segundo os autores, os fluxos de sinal associados possuem papel importante no controle e no ajuste das condições em que os efeitos principais do sistema são entregues ao processo. Em acordo com Hubka e Eder (1995), é possível montar um modelo de estrutura funcional para o sistema técnico, definido a partir de utilidades gerais para as funções. Tais utilidades, cuja definição deve amadurecer de forma progressiva, devem fazer parte de um sistema técnico em desenvolvimento.

Ainda, esse modelo funcional deve ser estabelecido em vários níveis de realidade e de completeza, dependendo do estágio do progresso do projeto, conforme demonstrado por Ferreira (1997). Tais níveis são considerados na forma de estruturas básicas do sistema técnico, classificadas em acordo com os critérios para os níveis do modelo geral (HUBKA e EDER, 1995). As estruturas são:

- Estruturas de componentes: designam a totalidade dos elementos construídos do sistema, que executam as cadeias de ações mediante arranjos físicos estabelecidos;
- Estruturas de órgãos: tratam-se das unidades físicas que têm por propósito a execução das funções pretendidas, os portadores de funções, através das interações estabelecidas entre os grupos de componentes; e,
- Estruturas de funções: são as cadeias de tarefas parciais que o sistema técnico executa para cumprir o propósito para o qual foi projetado, em consequência das necessidades estabelecidas para o processo técnico;

O propósito do sistema é representado a partir do modelo geral de processo técnico exposto na Figura 2.30. A estrutura de processo, segue uma relação de correspondência direta com a estrutura de funções, em que cada uma implementa a capacidade de executar uma operação parcial. Em nível de abstração, a decomposição das tarefas do processo técnico segue o processo de desdobramento das funções necessárias em consonância com seu propósito de utilização.

A progressão em completeza da definição das funções pode ser feita em acordo com a abordagem proposta por Pahl e Beitz (1996) para o desdobramento da estrutura de funções. A partir da definição em “caixa preta”, conforme demonstra a Figura 2.35, é possível determinar qual a função principal que deve ser desdobrada. Essa função deve ser definida como uma formulação da tarefa principal, independente de qualquer solução particular.



Figura 2.35 – Formulação de “caixa preta” para a função global (PAHL e BEITZ, 1996).

Esse entendimento deve ser obtido através de abstração – prevenindo a influência de soluções pré-concebidas – que pode ser feita de forma sistemática ampliando-se o sentido da formulação do problema. Os requisitos quantitativos estabelecidos devem ser convertidos, de um ponto de vista técnico, em sentenças que identifiquem progressivamente qual processo pode satisfazer todas as necessidades dos usuários do produto (PAHL e BEITZ, 1996).

Numa segunda etapa, a formulação semântica do problema deve ser convertida para uma forma tal que, declarada, permita obter um entendimento genérico do problema (Ibid.). No escopo deste trabalho, a função global⁵ define a relação entre as entradas e as saídas de todo o sistema. Entendendo os elementos envolvidos, e suas propriedades no início e no fim da transformação, é possível especificar uma função para tratar o problema. Conforme expõem os autores, o diagrama de blocos constitui o modelo funcional do sistema técnico.

Nesse diagrama, é possível subdividir a transformação principal e entender as ações necessárias para alcançar as saídas desejadas. Esses elementos devem ser identificados de maneira a prevenir a ocorrência de ambigüidades no entendimento do problema. Esse tipo de representação é exposto em seu formato típico na Figura 2.36. Para representar as funções impedindo a ocorrência de ambigüidades, utiliza-se uma notação escrita típica⁶: função (verbo + substantivo); tal deve declarar cada ação executada no sistema. A função global pode ser então dividida em subfunções que correspondem a tarefas parciais para a consecução da tarefa global do sistema.

⁵ Vários conceitos são utilizados para denotar essa relação entre entradas e saídas:

Tjalve (1979) define o termo *função principal* para a maneira pela qual as saídas são determinadas pelas entradas; Back (1983) usa o termo *função geral* para denotar a formulação escrita do objetivo do sistema como uma relação entre condições e resultados; Hubka e Eder (1992, 1995) definem uma relação desse tipo como o *propósito* de um sistema técnico; Pahl e Beitz (1996) definem o termo *função total* para abordar a relação geral entre entradas e saídas de um problema de projeto.

⁶ Hubka *et al.* (1988) sugerem a inversão do posicionamento das palavras na declaração funcional e o destaque da ação exercida (verbo) através da grafia em maiúsculas: função (substantivo + VERBO).

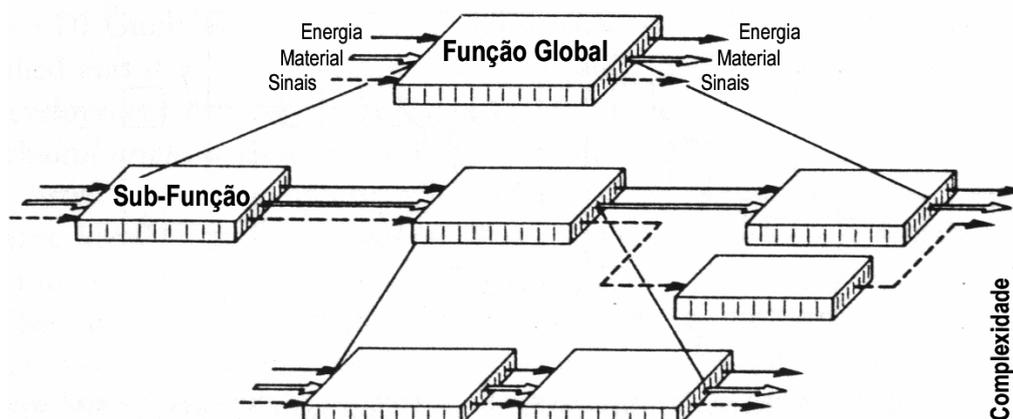


Figura 2.36 – Desdobramento da estrutura de funções (PAHL e BEITZ, 1996).

As relações entre essas subfunções são definidas de forma que é possível entender que algumas delas devem ser executadas antes das outras. De acordo com os autores, a complexidade do problema a ser resolvido determina o grau de elaboração que deve ser utilizado no desdobramento da estrutura de funções.

2.4.6 Linhas-guia para o desdobramento

O desdobramento de funções não deve ser feito ao acaso, como pode parecer. É necessário ao projetista obter entendimento claro sobre as funções que realmente compõem os passos pelos quais se dá a execução de um dado processo técnico. Esse fluxo, por compreender as funções fundamentais executadas pelo sistema, tem relações mais concretas com os requisitos e tem maior influência sobre a definição da configuração física do produto (PAHL E BEITZ, 1996).

Então, o fluxo principal pode compreender, de forma aproximada, as funções diretamente derivadas das operações do processo técnico.

Hubka *et al.* (1988) apresentam casos de execução de projetos para mostrar a aplicação da abordagem de sistemas técnicos no desenvolvimento de novos produtos. A proposta para a definição do fluxo principal apresentada pelos autores parte do entendimento total do processo técnico e da sua derivação em uma seqüência de operações adequada aos propósitos do sistema. Um exemplo do fluxo principal pode ser observado na Figura 2.37. A figura mostra quais são as funções principais que devem ser executadas para colher batatas.

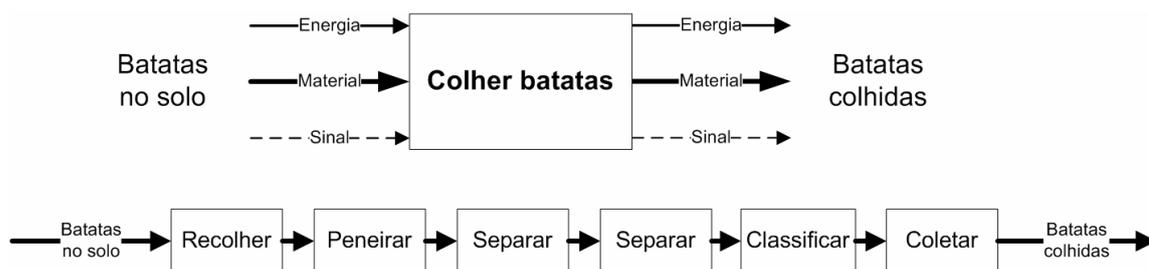


Figura 2.37 – Fluxo principal de funções necessárias para colher batatas (PAHL e BEITZ, 1996).

Trata-se, então, do conjunto de ações que devem ser executadas pela máquina para que seja alcançado o resultado desejado do processo técnico ao seu final: batatas colhidas. Na verdade, a cadeia principal pode ser vista como uma seqüência de operações considerando a principal grandeza que é transformada no processo.

Back (1983) define três tipos básicos de estruturas de funções, em razão do caráter temporal das transformações executadas pelo sistema técnico para a execução de um processo. A cadeia aberta, em série, tem configuração análoga à da seqüência principal estabelecida para a colheita de batatas (Figura 2.37). A cadeia em paralelo pode ser definida pela existência de mais de um fluxo de entidade em paralelo ou a partir da divisão/união de fluxos de entidades a partir de uma transformação parcial. Essa configuração pode ainda ser definida pela existência de dois fluxos em paralelo, cada um considerando um processo técnico específico ou quando um deles tem caráter auxiliar em relação à transformação principal. Esses tipos de cadeia funcional são mostrados na Figura 2.38.

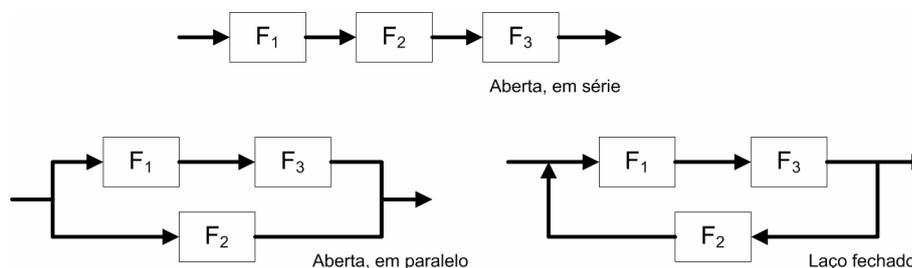


Figura 2.38 – Tipos de estruturas de funções (BACK, 1983).

Tendo completado a etapa de reconhecimento da cadeia de funções principais, é possível reconhecer que outras cadeias auxiliares podem fornecer entidades transformadas às funções principais. As cadeias de funções auxiliares devem ser desdobradas a partir da consolidação do fluxo principal da estrutura de funções.

Esse fluxo está relacionado diretamente à definição do processo técnico para executar uma transformação de entidades para satisfazer necessidades humanas. Hubka e Eder (1992) definem critérios básicos para o desdobramento das cadeias auxiliares da estrutura de funções. Segundo os autores, os efeitos principais que compõem a transformação global executada no processo técnico devem ser acompanhados de outros tipos de efeitos para que cada operação parcial seja realizada em acordo com as considerações pretendidas de desempenho. Os tipos de efeitos que devem acompanhar as ações principais são:

- Efeitos auxiliares: tratam dos efeitos entregues pelo sistema técnico em complemento aos efeitos da ação principal, para a conclusão de uma dada operação parcial;
- Efeitos de propulsão: são os efeitos entregues pelo sistema para ativar os princípios de ação responsáveis pela execução das operações parciais, onde estas dependam de movimento relativo entre órgãos;
- Efeitos de regulação: são os efeitos que tratam de adaptar o sistema técnico a variações dos elementos processados que podem afetar o andamento da operação parcial considerada; e,
- Efeitos de controle: são os efeitos imprimidos para intervir sobre o andamento da operação parcial, considerando os resultados pretendidos a partir do processo executado pelo sistema.
- Efeitos de acoplamento: são os efeitos transmitidos através do vínculo físico entre os órgãos do sistema, servindo à aplicação dos efeitos anteriores; e,
- Efeitos de suporte: são os efeitos imprimidos pelo sistema que mantém o posicionamento relativo dos órgãos físicos do sistema em consideração aos resultados pretendidos da transformação.

Tais tipos de efeitos compõem critérios para a definição das cadeias auxiliares da estrutura de funções, quanto ao seu propósito dentro do sistema técnico. Segundo Stone *et al.* (2000), deve ser gerado um fluxo individual para cada grandeza que alimenta o sistema, desde a entrada até a saída. Os autores recomendam que a cadeia siga com a grandeza transformada até o final, mesmo que haja mudança. As grandezas de material e energia podem estar associadas a partir da massa do material e sua respectiva energia associada à inércia (PAHL e BEITZ, 1996).

Outro critério importante para definir as cadeias auxiliares, além dos propósitos básicos das cadeias, são os elementos que acabam por ser processados pelo sistema, constituindo entradas para as transformações auxiliares. Um exemplo que mostra a definição de cadeias auxiliares em função dos elementos processados é o exame das funções do grampeador para madeira, realizado por Van Wie (2002). Para definir de forma adequada as funções, o autor lança mão de uma análise dos eventos que ocorrem durante o uso, representada pelo diagrama da Figura 2.39.

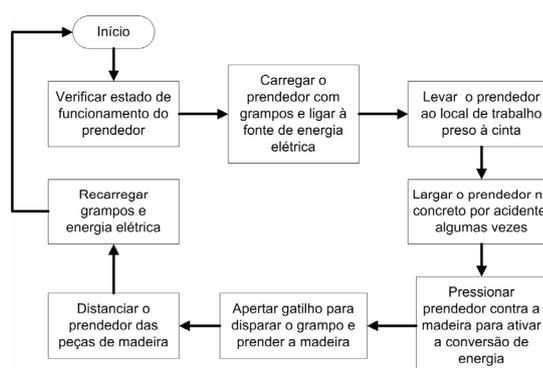


Figura 2.39 – Diagrama de atividades para o uso de um prendedor de grampos (VAN WIE, 2002).

Dessa forma, foi possível chegar ao desdobramento das funções do equipamento, analisando as transformações realizadas sobre cada elemento envolvido no processo. A função global do aparelho, conforme declarada pelo autor, é “Fixar peças em madeira com grampos”. Nessa declaração de função global, o autor reconhece os elementos envolvidos que são processados na operação de prender peças em madeira com um grampeador. Sua declaração é exibida na Figura 2.40.

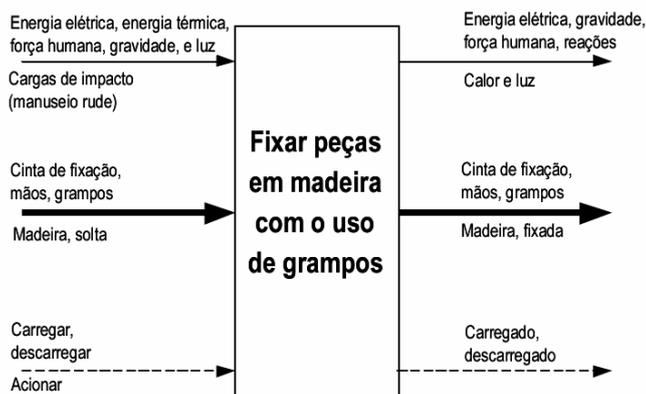


Figura 2.40 – Função global de um prendedor de grampos para madeira (VAN WIE, 2002).

2.4.7 Contribuições ao desdobramento da função

Observando as definições pertinentes à operação agrícola e aos processos técnicos, é possível compará-las e encontrar semelhanças entre elas. Tal afirmação é baseada nas seguintes características manifestadas em ambas as abordagens:

- Tratam a respeito de transformações de entidades, a partir de um estado inicial insatisfatório para um estado final útil;
- Consideram as transformações na forma de seqüências de eventos ou operações que, somadas, conduzem à obtenção do resultado desejado;
- Definem as unidades parciais dessas transformações como suscetíveis à intervenção por agentes que executam e/ou controlam cada elemento; e,
- Atribuem a seres humanos ou sistemas artificiais o papel de intervir sobre as transformações para manter o seu funcionamento.

É necessário considerar que, apesar das semelhanças, há diferenças fundamentais de enfoque entre a definição das operações agrícolas e a abordagem de sistemas técnicos. A operação agrícola, conforme definida por Mialhe (1974), se caracteriza por um enfoque concentrado no serviço à análise operacional. Os propósitos desse tipo de análise consideram o planejamento da mecanização agrícola e a análise de desempenho de conjuntos mecanizados na agricultura. Por outro lado, a teoria de sistemas técnicos proposta por Hubka e Eder (1992, 1995) tem maior interesse nas considerações relativas ao desenvolvimento de novos conjuntos mecânicos. Essas, a partir da análise da transformação principal na forma de um processo, definem uma espécie de roteiro a ser seguido para a concepção de sistemas mecânicos.

Essas diferenças fazem com que haja certa complementaridade entre ambos os enfoques, com interesse na definição da execução de práticas agrícolas. O modelo de operação agrícola analisa tais práticas para o gerenciamento das operações, ao mesmo tempo em que elas também podem ser analisadas na forma de um processo técnico para definir as ações realizadas por um conjunto mecânico, a MA. Considerando as similaridades entre os modelos de operação agrícola e de processo técnico e o caráter complementar dos enfoques empregados em ambas as abordagens, foi possível propôr a interpretação da operação agrícola em processo técnico, que é realizado através de ações imprimidas por um sistema de execução.

Entregando efeitos necessários à conclusão das operações parciais a partir de uma relação entre entradas e saídas físicas, tais ações, podem ser definidas na forma de funções. A partir da função global, estas são então desdobradas e arranjadas em um diagrama que exprime os fluxos de energia, material e sinal (informação) dentro de um sistema técnico. Na verdade, é possível estabelecer uma progressão na definição da estrutura de funções da MA através de três passos definidos:

- A definição do processo técnico a partir da análise operacional;
- O estabelecimento da função global do sistema em entradas e saídas, e demais interações com os agentes externos envolvidos; e,
- O desdobramento da estrutura de funções a partir da cadeia do processo técnico e das ações auxiliares necessárias às funções principais.

A partir da consideração de diretrizes conhecidas, baseadas em critérios físicos e semânticos, torna-se possível estabelecer um processo para criar informações relevantes para o desenvolvimento da MA. Tais diretrizes podem ser reunidas em mediante critérios básicos, conforme segue:

- A derivação do fluxo principal da estrutura de funções a partir das operações parciais do processo técnico;
- A definição de cadeias auxiliares em função dos efeitos necessários à conclusão das operações parciais, e das grandezas que os alimentam;
- O arranjo das cadeias auxiliares em razão da finalidade que cumprem em auxiliar ao andamento do fluxo principal; e,
- A definição das cadeias funcionais de controle do sistema em função das abordagens conhecidas para os respectivos processos.

Com o emprego dessas diretrizes, é possível criar uma forma que garante robustez ao método de desdobramento da estrutura de funções para uso no desenvolvimento de máquinas agrícolas. O projeto baseado na função guarda então potencial para consolidar-se como ferramenta importante para desenvolver de soluções com maior grau de confiabilidade a partir de tecnologia própria. Tal importância será reconhecida a partir do momento em que, reproduzida essa abordagem em casos reais de projeto, o desdobramento da função puder ser difundido para transformar-se em prática corrente com contribuições efetivas ao desenvolvimento da indústria de máquinas agrícolas deste País.

2.4.8 Considerações complementares

A revisão do conhecimento sobre a definição das funções da MA, da mesma forma que foi feita para os fatores de influência, reuniu considerações associadas às grandes áreas de conhecimento em que foi feita a pesquisa, conforme o item 1.3.1.

Tendo em mente as considerações feitas no item 2.2.8, é possível dizer que este tópico em particular reúne conhecimento de ambas as áreas. Foi possível, neste item, traduzir a análise operacional das práticas agrícolas em ferramenta importante para a definição de processos técnicos. Tais processos constituem base fundamental para o estabelecimento das funções da MA na forma de ações que transformam grandezas físicas para processar elementos agrícolas.

Essa tradução possibilita sintetizar os requisitos operacionais para novas máquinas agrícolas, a partir de um procedimento considerado corriqueiro. Assim sendo, simplifica-se a forma de definir as funções pretendidas da MA, tornando o projeto baseado na função mais acessível ao entendimento corrente dos agentes envolvidos em favor do desenvolvimento e da inovação no setor.

3.1 Introdução

Segundo Gil (2002), a execução do trabalho de pesquisa pode ser delineada em acordo com dois critérios: o primeiro é definido em função dos objetivos de execução do trabalho; e, o segundo é definido a partir das técnicas utilizadas.

3.1.1 Delineamento da pesquisa

Quanto aos resultados a alcançar, dois tipos de pesquisa são empregados para a conclusão deste trabalho:

- Pesquisa exploratória: para melhorar o nível de informação a respeito do problema, foi feita uma busca de conhecimento para dar base à formação do modelo de fatores de influência no projeto;
- Pesquisa descritiva: a partir do conhecimento agregado, realizou-se a caracterização dos fatores de influência do projeto, definindo os elementos que os compõem e firmando relações entre eles.

Em suma, a abordagem de pesquisa empregada explora o conteúdo, descreve os seus entes e aborda as relações entre eles. A abordagem em função das técnicas empregadas para a execução da pesquisa é descrita a partir dos seguintes tipos:

- Pesquisa bibliográfica: a pesquisa bibliográfica envolveu a busca de conhecimento na forma de conteúdo elaborado e declarado publicamente, na forma de livros, artigos e outras publicações; e,
- Estudo de caso: envolve a aplicação parcial do modelo desenvolvido em uma unidade-caso, para avaliar o grau de contribuição obtido em favor das qualidades necessárias para o seu uso na prática de projeto.

Cada uma dessas etapas é descrita a seguir em função dos materiais utilizados e dos métodos empregados em seu andamento.

Os materiais consistem ferramentas, disponibilizadas a partir de infra-estrutura física, que possibilitaram a execução de cada uma das etapas; os métodos descrevem a sistemática pela qual as informações foram obtidas, processadas e transformadas para constituir base de conhecimento. Sobre essa base são então desenvolvidas as considerações pertinentes ao tema da presente pesquisa.

3.2 Pesquisa exploratória

3.2.1 Recursos materiais

As atividades relacionadas a essas etapas foram executadas a partir da utilização da estrutura física⁷ e dos equipamentos de informática disponibilizados pelo PPGEA/UFSM e pelo DEM/UFSM. Além dessa infra-estrutura, a realização do trabalho envolveu também a utilização de recursos próprios.

A infra-estrutura consiste nos meios físicos cujo uso contribuiu para a conclusão das atividades de pesquisa exploratória. Tais recursos possibilitaram a busca das informações, seu processamento e sua eleição para utilização como base de conhecimento para a realização do trabalho de pesquisa. Os recursos físicos utilizados para a realização da pesquisa são descritos conforme segue:

Sistema de Bibliotecas da UFSM: as publicações ali armazenadas compõem acervo documental importante no auxílio à realização de tarefas de pesquisa. As publicações selecionadas para a realização da pesquisa consistem em livros técnicos, artigos em periódicos científicos, entre outros, que constituíram recurso importante para a sua realização.

Sistema de Comutação Bibliográfica (COMUT): a utilização desse sistema configurou-se em ferramenta importante para solucionar as lacunas do acervo próprio da UFSM, como suporte à realização dos esforços de pesquisa. Tal recurso possibilitou a obtenção de artigos e capítulos de livros cujas informações davam contribuição importante à constituição do conhecimento deste trabalho.

⁷ Dentre os recursos de estrutura física foram utilizados uma sala de computadores oferecida pelo PPGEA/UFSM para fins de pesquisa acadêmica e um escritório de trabalho disponibilizado pelo DEM/UFSM a partir da filiação do autor como professor contratado em regime temporário. Nessas instalações, foi possível a coleta e o processamento de informações pertinentes à pesquisa, bem como a realização de reuniões para orientar os trabalhos de pesquisa.

3.2.2 Recursos de acesso lógico

Estes recursos constituíram elemento importante para a busca de documentos e de publicações em meio eletrônico cujas informações pudessem ser elegíveis à constituição da base de conhecimento para a realização da pesquisa. Essas publicações foram baixadas a partir da conexão à internet e agregadas ao acervo eletrônico para a constituição da base de conhecimento. Os recursos de acesso lógico são descritos na seqüência:

Conexão à internet: a conexão disponível possibilitou acessar várias bases de conhecimento nas quais estavam disponíveis documentos e publicações relacionados ao tema da pesquisa. Os documentos foram acessados, lidos, interpretados e baixados para armazenamento na estação de trabalho local.

Base de periódicos: a base de periódicos disponibilizada pela CAPES em convênio com as organizações editoras de publicações técnicas e científicas, acessível a partir da faixa de endereços do domínio de rede da UFSM, possibilitou a busca de informações pertinentes ao tema da pesquisa, contidas em publicações científicas nacionais e internacionais editadas periodicamente.

Google acadêmico: a busca por esse mecanismo possibilitou o acesso de publicações científicas disponíveis publicamente a partir do acervo pessoal de pesquisadores renomados nas áreas de conhecimento pertinentes ao domínio da pesquisa. Dentre tais publicações é possível citar artigos em revistas científicas e congressos, que normalmente não são acessíveis pelo uso do portal de periódicos.

3.2.3 Recursos de processamento

Os recursos de processamento constituíram elemento importante para a leitura, interpretação e a transcrição das informações pertinentes à pesquisa para formatos eletrônicos. Os recursos de processamento das informações são descritos:

Sistemas de digitalização de mídia impressa: essas ferramentas se configuram na forma de um dispositivo digitalizador (scanner) e de um *software* interpretador e processador de imagens, de modo a armazenar tais informações em formatos de meio eletrônico, como arquivos de imagens (TIF, JPG) ou arquivos de documentos (DOC, PDF), para incorporação à base de conhecimento.

Softwares de processamento de textos, diagramas e imagens: tais ferramentas, embutidas em um microcomputador, serviram à leitura e ao processamento das informações relacionadas ao tema da pesquisa, armazenadas em meio eletrônico. A sua utilização possibilitou um exame mais criterioso das informações contidas na base de conhecimento, de modo a selecionar os elementos mais relevantes à constituição do conhecimento sobre o estado da arte das práticas projetuais.

3.2.4 Metodologia

A metodologia empregada para a realização da pesquisa exploratória envolveu as áreas descritas no item 1.3.1. Através dos recursos mencionados nos itens anteriores, foi possível realizar consultas a diversas publicações em formato físico e eletrônico. Tais publicações incluíram livros-texto, artigos de periódicos indexados e de congressos, dissertações e teses, relatórios técnicos, entre outras publicações.

A grande área de máquinas e mecanização agrícola foi explorada tendo por base dois tópicos, examinados mediante outros três critérios, conforme representados na Figura 3.1.



Figura 3.1 – Áreas de interesse para a pesquisa em máquinas e mecanização.

No critério ‘máquinas e processos’, foi pesquisada a descrição geral das máquinas agrícolas em função dos órgãos mais importantes para a execução da operação pretendida. Essa descrição inclui instruções de manuseio e de regulagem das máquinas, em acordo com as diferentes exigências de operação, e especificações técnicas indicando a capacidade de dada máquina em executar um processo.

Ainda considerando o tópico de mecânica agrícola, foram encontrados vários trabalhos mediante o critério 'avaliação de desempenho', cujo enfoque consiste na avaliação dos efeitos da máquina e de seu rendimento para dado trabalho em campo. Outras considerações encontradas são: o tipo de efeito que é pretendido em vista das considerações agronômicas para o sucesso das operações agrícolas; e, o desempenho da máquina em executar uma operação frente às condições ambientais. No interesse da área de mecanização agrícola, foram encontrados elementos básicos para a definição dos critérios de avaliação do desempenho operacional das máquinas.

Mediante o critério 'gestão das operações', foi possível estudar a análise do rendimento operacional em função de variáveis, de modo a direcionar as práticas de gestão da mecanização agrícola para a execução das etapas do processo de cultivo. As contribuições dessa área são úteis ao conhecimento dos processos que transformam os elementos agrícolas em resultados úteis de uma operação agrícola:

- As definições básicas dos principais órgãos que constituem as máquinas;
- Os critérios que definem a capacidade das máquinas para os processos;
- A eficiência das máquinas em converter a energia em capacidade; e,
- Os efeitos da ação das máquinas que servem às metas estabelecidas.

Tal conjunto de conhecimentos contribuiu para consolidar o reconhecimento da influência do meio operacional e das práticas envolvidas sobre a definição de parâmetros ligados ao projeto da máquina em desenvolvimento. Nesse aspecto, essa conclusão permite definir quais informações devem ser consideradas para definir a configuração das funções e dos órgãos das máquinas, tendo em vista atender às características que são de interesse das pessoas que as utilizam.

Essa definição guarda relações com as considerações da grande área de desenvolvimento de sistemas mecânicos. Essas se dão em dois aspectos: a definição das diretrizes para a inclusão das necessidades dos usuários no processo de desenvolvimento de produtos; e a consideração dos demais elementos pertinentes à configuração física das máquinas agrícolas. São essas as relações que justificam a realização da pesquisa exploratória considerando ambas as áreas como conjunto.

A grande área de projeto de sistemas mecânicos foi explorada a partir de dois tópicos, examinados mediante outros três critérios, conforme a Figura 3.2.



Figura 3.2 – Áreas de interesse para a pesquisa em projeto de sistemas mecânicos.

O critério 'métricas de projeto' abrange a definição de especificações de projeto para traduzir das necessidades e dos interesses dos agentes envolvidos nas fases do ciclo de vida das máquinas em propriedades de configuração e especificação. Essas informações, assim definidas, podem ser mais bem entendidas e assimiladas pelas pessoas que têm por responsabilidade atuar no desenvolvimento das máquinas para alcançar as metas estabelecidas para o seu desempenho.

A definição 'modelagem de informação' contribuiu para um maior discernimento na sistematização das informações que constituem fatores de influência. Nesse caso, trata-se de agrupar e classificar as informações envolvidas, quanto à sua procedência e aos efeitos que podem vir a ter no andamento do projeto da máquina. Contribuição complementar foi obtida a partir do estudo das abordagens de definição funcional das máquinas, para compreender as ações executadas e seu encadeamento.

A consideração 'estrutura de funções' trata do estudo das técnicas disponíveis para definir para ações físicas para o desempenho da máquina projetada. A realização dessas ações em cadeia fará cumprir os propósitos definidos para o desempenho operacional das máquinas. O processamento das ações, e seu controle, é representado por um encadeamento de funções que executa as ações necessárias a uma dada transformação que oferece saídas úteis.

Essas grandes áreas constituem então a base de conhecimento a partir do qual o conhecimento a respeito dos fatores de influência será descrito na etapa seguinte. Tendo em mente as relações entre as definições encontradas na pesquisa exploratória, foi possível estabelecer critérios para a definição do modelo.

3.3 Pesquisa descritiva

3.3.1 Modelagem de informações

Este tópico trata da definição da sistemática de modelagem dos fatores de influência no projeto, quanto aos elementos que compõem esses fatores e as respectivas relações. A modelagem deve ser feita com base em dois aspectos:

- Os elementos que devem ser caracterizados e os tipos relevantes de informação que devem ser explicitados;
- Os procedimentos necessários para a coleta das informações requeridas, definindo também os requisitos para sua elaboração;

A abordagem descritiva dos elementos constituintes do modelo dos fatores de influência parte da consideração de abrangência global dos grupos de informação até definir as respectivas unidades. Essa definição servirá aos seguintes propósitos:

- Estabelecer os constituintes dos fatores de influência, definindo as informações pertinentes a cada unidade e os respectivos formatos;
- Definir as relações entre as unidades constituintes dos fatores de influência, em relação às dimensões de modelagem para cada uma (item 2.3.2);

Os tipos de informação e suas abrangências são exibidos na Figura 3.3.



Figura 3.3 – Tipos de informação e abrangências para os fatores de influência.

Cada categoria derivada para os fatores de influência no projeto constitui um grupo básico de informações. Cada um desses grupos deve ser dividido em classes, segundo a categoria de interesse. Tais classes consistem em critérios que definem a classificação dos fatores de influência em razão das características abordadas.

Essas classes são ainda desdobradas na forma de propriedades, que tratam geralmente de características qualitativas dos elementos envolvidos no ambiente de inserção da MA, e constituem elemento básico para orientar a elaboração das informações dos fatores de influência. Estas podem ser constituídas na forma de informações qualitativas (qualidades) e/ou parâmetros mensuráveis (especificações) em acordo com o interesse dos envolvidos na execução da atividade.

3.3.2 Representação das informações

O modelo de classes e propriedades para os fatores de influência é organizado em acordo com a representação do Quadro 3.1.

Axx [Categoria, Classe] Nome da classe	Axxx [Categoria, Classe, Propriedade] Propriedade	O formato da descrição descreve a comunicação feita (destaque no verbo) e a coisa tratada (destaque no substantivo).	
		Informação pertinente a um fator de influência manifesta na forma de uma descrição.	["a"] Qualidades
		Informação pertinente a um fator de influência manifesta na forma de uma medida	[++] Especificações
		Informação descritiva pertinente a um fator de influência que pode ser convertida em medida	["a"] → [++]

Quadro 3.1 – Formatação básica das classes e das propriedades de fatores de influência.

Cada elemento é identificado por um código seqüencial de números, onde cada caractere identifica o elemento tratado (categoria, classe, propriedade) e descrito quanto à ação de comunicar (identificar, descrever) e à coisa comunicada (uma característica qualquer da coisa tratada). A informação pode ser identificada por qualitativa ["a"] – para descrever qualidades – ou quantitativa [++] – para descrever especificações. As qualidades podem também ser derivadas em medidas.

As propriedades constituem as unidades básicas no modelo de informação para os fatores de influência. A sua elaboração em fatores de influência é entendida como uma função, de forma genérica. A representação funcional das propriedades é composta de elementos que definem o processo de transformação de informações para cada propriedade, a partir da abordagem de tarefa do MR-PDMA (Figura 2.22). A transformação das informações definidas nas propriedades é abordada para cada classe componente dos fatores de influência.

A formatação da representação funcional das informações segue a estrutura de representação do modelo de referência, e é mostrada no Quadro 3.2.

Axx	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Classe	Informações de entrada	Axx1 Dimensões físicas típicas	XX	Meio de obter Axx1 e Axx2	Informação de controle para Axx1 somente	["a"] Informação sobre propriedade Axx1
		Axx2 Obstáculos ao deslocamento	XX, YY		Informação de controle para Axx1 e Axx2	[++] Informação sobre propriedade Axx2
				Meio de obter Axx2 somente	Informação de controle para Axx2 somente	
	Informações de entrada
		Axxn Medida dos obstáculos	ZZ	Técnica de trabalho		["a"] → [++] Informação sobre propriedade Axxn

Quadro 3.2 – Modelo de representação funcional das informações.

Cada elemento envolvido no meio de inserção relativo à categoria considerada é definido como uma classe. As entradas se tratam de informações que já são conhecidas e foram registradas a partir da execução de trabalhos anteriores. As propriedades são características de um elemento ou conjunto qualquer abordado em uma classe. Os domínios definem as áreas de trabalho de uma organização que estão diretamente envolvidas na execução da tarefa. Os mecanismos consistem em recursos, técnicas ou métodos utilizados para a elaboração das informações. Os controles são elementos que exercem o papel de validar as informações elaboradas. As saídas se tratam das informações que constituem fatores de influência, na forma de qualidades ou especificações intermediárias que podem ser derivadas nos formatos de requisitos de cliente ou de projeto, respectivamente.

3.4 Estudo de caso

A abordagem proposta para a modelagem dos fatores de influência, e as respectivas relações com a definição da estrutura de funções da máquina, foram implementadas em um caso real, para conhecer os elementos específicos da modelagem que se relacionam à operação de uma MA em particular.

3.4.1 Caracterização da unidade-caso

O objeto do estudo de caso se trata de uma máquina que tem por propósito executar uma dentre as operações previstas dentro do processo de produção de gêneros agrícolas. O tipo de operação é destacado na Figura 3.4, dentre as etapas do ciclo de produção agrícola.

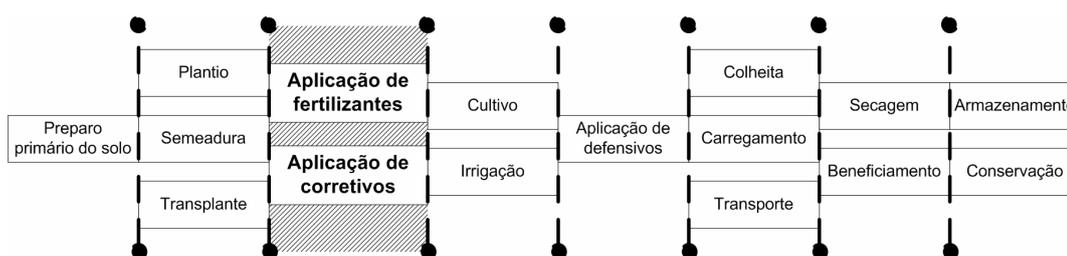


Figura 3.4 – Tipo de operação agrícola executada pela máquina avaliada.

A aplicação de fertilizantes e corretivos tem por propósito global a modificação das propriedades químicas do solo para dar condições adequadas ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas. A máquina tomada como objeto de estudo consiste em um distribuidor centrífugo, preparado para transportar e aplicar fertilizantes granulados e em pó. Para executar a operação, o equipamento é alimentado pela barra de tração e pela tomada de potência do trator. A máquina utiliza princípios de ação semelhantes aos das demais máquinas existentes no mercado. Entretanto, não há uma descrição explícita do conhecimento de projeto da máquina. Não estão explícitos os fatores de influência no projeto, as especificações de projeto ou mesmo as ações executadas pela máquina para efetuar a operação pretendida.

3.4.2 Metodologia de execução

O estudo de caso do presente trabalho se trata da utilização da modelagem proposta na abordagem de uma máquina existente, com referência particular aos respectivos fatores de influência. Essa abordagem é baseada no relatório técnico de um trabalho realizado em conjunto com uma empresa fabricante de máquinas agrícolas⁸, executado com base na abordagem metodológica do MR-PDMA.

⁸ Tal trabalho tinha por objetivo a análise e a modelagem de uma máquina para aplicação de fertilizantes, para o esclarecimento das informações pertinentes ao seu desenvolvimento.

As informações que compõem os requisitos dos clientes foram interpretadas a partir de trabalho semelhante realizado para o projeto de um sistema de distribuição de fertilizantes em taxa fixa (MENEGATTI, 2004). Os fatores de influência foram levantados em considerando o conceito definido por Marini et al. (2006b) e consolidado na revisão bibliográfica deste trabalho.

As informações relatadas no trabalho serviram de base para implementar o modelo proposto, através da releitura do conteúdo e da adição de informações complementares em consideração às diretrizes definidas na modelagem. O critério principal de revisão dos fatores de influência será a classificação por categoria. Essa classificação está incorporada ao trabalho de análise e servirá para nortear a definição de novas informações a respeito da máquina estudada onde aplicável. Onde faltar descrição objetiva a alguma propriedade, será declarada uma justificativa para sua omissão, geralmente baseada na limitação de conhecimento técnico do pesquisador sobre fatores de influência cujo tratamento é pertinente ao escopo de outras áreas de conhecimento, como a meteorologia e a agronomia.

Os fatores de influência serão apresentados quanto à descrição e ao tipo de informação que deve ser associada. Onde puder ser declarada uma medida, será feita a descrição da medida e a unidade de medição, não se atribuindo valor específico. Onde houver sujeição dos fatores de influência a parâmetros regionalizados ou localizados, será apresentada uma descrição sucinta do parâmetro. Este estudo de caso não inclui a implementação das classes de análise comparativa de máquinas, em razão da alta complexidade de tal estudo e sua incompatibilidade com as condições de tempo disponível para sua realização.

O estudo de caso será relatado no Capítulo 5.

⁸ (continuação) Os procedimentos de execução resultaram em um relatório técnico que analisa o equipamento em três níveis básicos de informação: (1) especificação, que abrange os requisitos de cliente e os fatores de influência; (2) função, que inclui a declaração da função global, a estrutura de funções elementares e a análise funcional de equipamento semelhante; e, (3) arquitetura, que estuda as relações entre os componentes da máquina existente e as funções desdobradas na estrutura.

Este capítulo tem por objetivo mostrar os resultados obtidos quanto à modelagem do levantamento dos fatores de influência no projeto da MA, e do relacionamento desses fatores com a estrutura de funções. Primeiramente, são mostrados os elementos de informação envolvidos e suas respectivas dependências, representados a partir de abordagem mostrada no Quadro 3.2; e os diagramas de fluxo referentes à metodologia de execução do processo de levantamento, semelhantes ao exposto na Figura 2.5. Na seqüência, são demonstradas as premissas tomadas para desdobrar a estrutura de funções e a modelagem das respectivas informações em classes e propriedades. Por fim, é também mostrada a abordagem de execução dessa tarefa.

4.1 Introdução

4.1.1 Mapeamento das classes de informações

Em função das informações abrangidas no conceito de fatores de influência, é pertinente demonstrar sua consistência a partir de um mapeamento de seus componentes, conforme a Figura 4.1. O modelo consolidado trata de seis conjuntos⁹ dependentes entre si. Um deles se refere às informações de entrada do plano do projeto, já definidas na modelagem da fase de planejamento do MR-PDMA. Os quatro seguintes se referem às categorias componentes dos fatores de influência. O último se refere ao delineamento das informações pertinentes à estrutura de funções.

⁹ As categorias consistem em conjuntos parciais (Ax) que constituem o modelo de informações:
A9: Informações referentes ao plano do projeto – entrada para a definição dos fatores de influência;
A1: Exame do escopo do projeto – categoria fundamental dos fatores de influência no projeto;
A2: Caracterização do ambiente operacional – características do campo onde a máquina irá operar;
A3: Critérios de homologação – disposições legais e normativas para autorizar a comercialização;
A4: Análise comparativa das máquinas – características das máquinas para comparação entre si;
A6: Estrutura de funções – informações pertinentes à definição do conceito funcional da máquina.

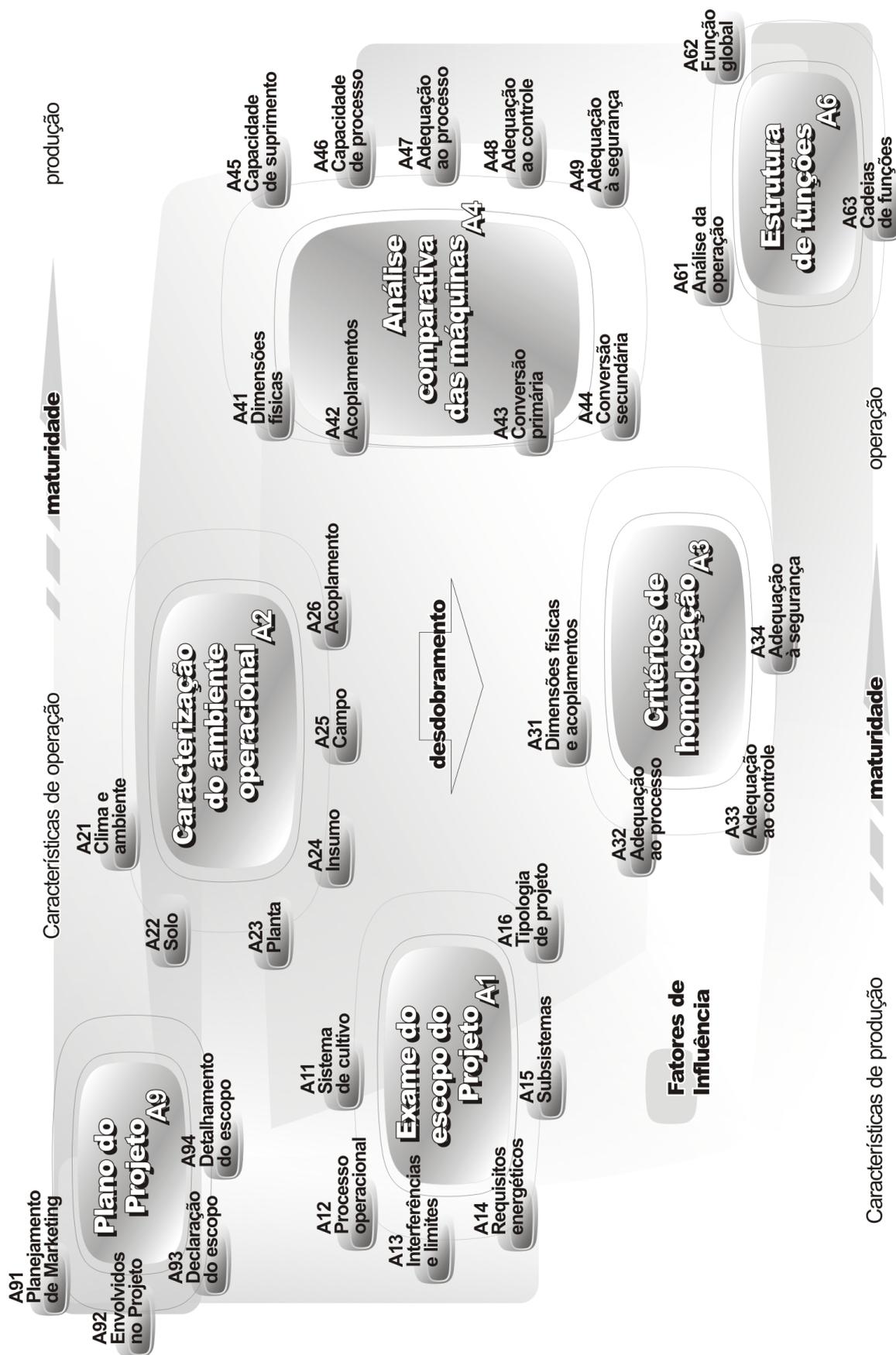


Figura 4.1 – Mapeamento das categorias e das classes de informações.

A ilustração descreve na horizontal os processos de maturação das informações em relação às propriedades de utilização da MA, conforme descritas por Mialhe (1996). O eixo vertical descreve o caráter de dependência das informações pertinentes ao modelo. Cada categoria, pertinente ao conjunto de fatores de influência no projeto e à estrutura de funções, é desdobrada em classes, conforme definido no item 3.3.1. As propriedades das classes localizadas na parte superior servem de referência para elaborar as informações das propriedades situadas na parte inferior.

4.2 Fatores de influência no projeto

4.2.1 Plano do projeto

O levantamento dos fatores de influência inicia com o exame das informações referentes ao plano do projeto, contidas no sistema de documentação. A fase de planejamento do projeto (ROMANO, 2003) estabelece definições importantes sobre o foco de atuação dos agentes envolvidos. Algumas atividades desta fase são particularmente relevantes quanto às informações que nelas são elaboradas.

A atividade de planejamento de marketing inclui tarefas que colaboram em estabelecer uma definição preliminar da máquina a ser desenvolvida e das informações ligadas aos requisitos de configuração e de desempenho exigidos a partir das características da oferta de produtos e dos critérios de homologação. A modelagem das tarefas (Ibid.) cujas informações são úteis ao início do levantamento dos fatores de influência no projeto é exposta no Quadro 4.1.

A91	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Plan. de Marketing	Plano estratégico de produtos	A911 Máquinas disponíveis no mercado	MK	Análise da concorrência <i>Benchmarking</i>	Plano estratégico de negócio	1ª Avaliação das MA disponíveis no mercado
		A912 Normas e/ou critérios de homologação	MK, AF	Análise das normas para homologação nos mercados		Normas para homologação da MA
		A913 Características de mercado da MA para oferta	MK	Características de mercado; Fatores-chave de sucesso (FCS)	Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Características de mercado da MA

Quadro 4.1 – Planejamento de marketing, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).

A identificação dos envolvidos no projeto é composta por tarefas que têm por objetivo declarar informações sobre os agentes que estão envolvidos no projeto. A modelagem das informações dos envolvidos (ROMANO, 2003) que são pertinentes ao levantamento dos fatores de influência no projeto é representada no Quadro 4.2.. Destacam-se dentre elas os papéis dos envolvidos em auxílio à conclusão do projeto, e as relações de dependência e de responsabilidade entre eles.

A92	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Envolvidos no projeto	Carta de projeto; Ciclo de vida da MA	A921 Parceiros do projeto	GP	Declaração dos parceiros do projeto	Plano estratégico de negócio	Participantes do projeto em conjunto com a organização empreendedora
		A922 Fornecedores do projeto	GP	Declaração dos fornecedores		Relações entre as partes envolvidas
		A923 Relações entre os envolvidos	GP	Registro das relações entre as partes envolvidas		Necessidades de informação dos envolvidos
		A924 Necessidades de informação dos envolvidos	GP	Registro das informações necessárias a cada parte		

Quadro 4.2 – Envolvidos no projeto, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).

A declaração do escopo do projeto é outro conjunto de tarefas que elabora informações que definem os rumos tomados para o levantamento dos fatores de influência (Ibid.). As informações da declaração do escopo do projeto que servem ao modelo de fatores de influência no projeto são mostradas no Quadro 4.3.

A93	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Declaração escopo	Planejamento de marketing Carta de projeto	A931 Justificativa e restrições do projeto	GP, PP	Declaração do escopo do projeto	Necessidade de mercado Estratégia de produto, mercado e tecnologia	Declaração do escopo do projeto
		A932 Descrição do produto	GP		(A913) Características de mercado da MA	
		A933 Domínios de conhecimento, dependências	GP, PP	Registro das competências necessárias	Planejamento de marketing	

Quadro 4.3 - Declaração do escopo, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).

Esta atividade contribui com informações acerca das justificativas que motivam o projeto e as respectivas limitações; identifica e descreve de forma objetiva qual o produto que será desenvolvido; e declara os domínios de necessários para a conclusão do projeto e as respectivas dependências.

As informações da declaração do escopo servem de base para o seu detalhamento, em função dos pacotes de trabalho constituem entregas ao projeto. São apresentadas neste contexto as informações do detalhamento do escopo que são úteis ao levantamento dos fatores de influência. Esse detalhamento pode ser feito com base da estrutura de decomposição do projeto, considerando:

- Pacotes de trabalho cuja execução é necessária para alcançar a conclusão das entregas estabelecidas; e/ou,
- Áreas de trabalho que consideram os elementos ou subsistemas que compõem o produto em desenvolvimento.

Em seguida à decomposição do projeto, cada área ou pacote de trabalho resultante deve, a seguir, ser examinado através da identificação dos riscos envolvidos na sua execução. O Quadro 4.4 representa as tarefas relevantes do detalhamento do do escopo do projeto.

A94	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Detalhamento do escopo	Declaração do escopo do projeto	A941 Detalhamento do escopo	GP, PP	Estrutura analítica do projeto	Planejamento de marketing	Estrutura de decomposição do projeto (EDP)
	Estrutura de decomposição do projeto (A941)	A942 Determinação dos riscos	Todos: ver Figura 2.3	Reunião da equipe Sistema de documentação do projeto Análise de risco	Estrutura de decomposição do projeto (A941)	Declaração dos riscos do projeto

Quadro 4.4 - Detalhamento do escopo, na categoria de plano do projeto (ROMANO, 2003).

Tais informações, derivadas do plano do projeto, serão úteis em direcionar o levantamento dos fatores de influência, a ser descrito em seqüência.

4.2.2 Exame do escopo do projeto

O exame do escopo do projeto constitui a primeira categoria de informações para o levantamento dos fatores de influência, sendo abordada a partir de seis classes diferentes, onde cada uma possui propriedades específicas. Estas possibilitam elaborar as informações já conhecidas do planejamento do projeto, possibilitando reconhecimento dos fatores de influência ligados à abrangência da solução projetada.

A definição desta categoria deve considerar dois grupos de características importantes. O primeiro examina o escopo do projeto em razão da tarefa pretendida¹⁰, que identifica o problema de projeto e define as características da necessidade. O segundo reflete sobre as características que tratam da capacidade energética e do conhecimento sobre o problema. As classes são exibidas na Figura 4.2.



Figura 4.2 – Elementos parciais da categoria de escopo do projeto.

O escopo do projeto pode ser tratado a partir da consideração de elementos que definem as características da tarefa pretendida da MA. O sistema de cultivo compõe a primeira classe dos fatores de influência relacionados ao exame do escopo. Esta classe versa sobre o conjunto de técnicas agrônômicas utilizadas para a preparação e a manutenção dos cultivos. Tais identificam elementos que, presentes ao ambiente operacional, influenciam sobre o desempenho da máquina no campo. As respectivas propriedades são definidas a partir da modelagem exibida no Quadro 4.5.

¹⁰ A tarefa pretendida para o projeto da MA trata de uma ou mais operações agrícolas, tomadas para o projeto em função das etapas do ciclo de produção agrícola, conforme definidas por Mialhe (1974). Tomando por base a interpretação da operação em processo técnico, é possível então doravante chamar a operação agrícola por tarefa pretendida da MA.

A11	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Sistema de cultivo	Justificativa e restrições do projeto (A931)	A111 Mercados pretendidos	AF, MK	Sistema de documentação do projeto	Plano estratégico de negócio	["a"] Identifica os locais cuja produção agrícola constitui mercado consumidor
	Características de mercado da MA para oferta (A913)	A112 Espécies de interesse	PP, MK	Pesquisa de campo	Descrição do produto (A932)	["a"] Identifica as espécies de planta que serão processadas pela máquina
		A113 Época de safra			Pesquisa de campo	Zoneamento agro-climático (A111) Mercados pretendidos
	A114 Configuração física do cultivo	PP, MK	Literatura especializada Pesquisa de campo	(A111) Mercados pretendidos Espécies de interesse (A112) Ciclo vital das plantas (A113)	["a"] Caracteriza o assentamento das plantas no local de cultivo	
	A115 Sistema de manutenção	PP, MK	Análise orgânica das máquinas Literatura especializada Pesquisa de campo	(A111) Mercados pretendidos Prescrições agrônômicas documentadas	["a"] Identifica o sistema de práticas de preparo e de implementação dos cultivos	
	A116 Operação executada			Etapas do processo de cultivo (A112) Espécies de interesse Ciclo vital das plantas (A113)	["a"] Identifica sucintamente a ação realizada sobre o cultivo agrícola	

Quadro 4.5 - Informações do sistema de cultivo para a categoria de escopo do projeto

A primeira propriedade trata dos locais que constituem mercados para a comercialização da máquina. A partir dela, são definidas as espécies de interesse e a época de safra. Tais informações constituem o primeiro referencial para a definição da tarefa pretendida da MA. A seguir, são elaboradas informações sobre a infra-estrutura de manutenção dos cultivos e do sistema de práticas empregadas no processo produtivo. Finalmente, a tarefa é declarada em sua forma inicial, considerando a etapa do processo produtivo a ser atendida.

O processo operacional compõe a segunda classe dos fatores de influência relacionados ao exame do escopo do projeto. Essa classe e suas respectivas propriedades versam a respeito da tarefa pretendida da MA. As respectivas propriedades são definidas na estrutura exibida no Quadro 4.6. O processo da operação é descrito inicialmente a partir da identificação normalizada do propósito da máquina, em acordo com a norma ISO. A seguir, devem ser identificados os elementos processados pela máquina.

A12	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Processo operacional	Características de mercado da MA para oferta (A913)	A121: Designação ISO 3339	PP, MK	Norma técnica ISO 3339	Descrição do produto (A932) (A116) Operação executada	["a"] Classifica a máquina de forma normalizada <i>pela operação</i> , primeiro e segundo dígito
	Descrição do produto (A932)	A122 Elementos processados	PP, MK	Literatura especializada Pesquisa de campo Prescrições agronômicas documentadas	(A112) Espécies de interesse (A116) Operação executada Classificação ISO 3339 (A121)	["a"] Identifica os elementos que são <i>processados</i> pela máquina
		A123 Situação física do processo		Análise orgânica das máquinas Literatura especializada	Configuração física do cultivo (A114) Elementos processados (A122)	["a"] Identifica a relação local entre os <i>elementos processados</i> e a <i>estrutura física</i> da máquina
		A124 Necessidade de execução	PP, MK	Literatura especializada Pesquisa de campo	(A116) Operação executada	["a"] Identifica o estado inicial do cultivo e dos elementos agrícolas, antes da operação
		A125 Descrição do processo		Literatura especializada Requisitos funcionais Análise operacional	(A115) Sistema de manutenção (A116) Operação executada	["a"] Descreve objetivamente a <i>ação realizada</i> pela máquina em operação
				A126 Resultado esperado	Literatura especializada Pesquisa de campo	Elementos processados (A122)

Quadro 4.6 - Informações do processo operacional para a categoria de escopo do projeto

Os processos devem ser descritos em função de sua situação física em relação ao sistema executor. O estado inicial (motivador da necessidade) deve ser identificado em razão dos elementos que devem ser processados na transformação pretendida. Entre o estado inicial e o estado final, deve ser identificado o conjunto de ações realizado pela máquina no processo. Essa classe deve incluir também a identificação da situação física do processo realizado – se ele é feito dentro da máquina ou fora dela. Por fim, resultado esperado da tarefa pretendida deve ser definido em relação às propriedades dos elementos após terem sido processados pela máquina.

As interferências e os limites tratam dos elementos e das circunstâncias cuja interferência na tarefa pretendida influencia na obtenção dos resultados esperados, por controlar a operação ou participar no ambiente operacional. As respectivas propriedades são elaboradas a partir da estrutura exibida no Quadro 4.7.

A13	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Interferências e limites	Características de mercado da MA para oferta (A913) Descrição do produto (A932) Operação executada (A116) Configuração física (A114)	A131 Elementos operadores	PP, DP, SE	Análise operacional	Necessidade de execução (A124) Descrição da operação (A125)	["a"] Identifica os elementos que participam na execução da operação com o papel de tomar decisões para seu controle
		A132 Elementos ambientais		Pesquisa de campo	(A111) Mercados pretendidos Configuração física (A114) (A115) Sistema de manutenção Mapas das áreas	["a"] Identifica os elementos que fazem parte do ambiente operacional , exercendo alguma interferência ou ação indireta que possa afetar o desempenho da máquina e/ou do processo
			A133 Época do ano	PP, MK	Zoneamento agro-climático Análise de especialista	(A111) Mercados pretendidos Espécies de interesse (A112) Época de safra (A113)
		A134 Tempo para execução			PP, MK DP	Pesquisa de campo Análise operacional
			A135 Frequência de execução	PP, MK DP		
		A136 Riscos de execução			PP, DP, SE	Pesquisa de campo Análise preliminar de perigos-PHA

Quadro 4.7 - Informações das interferências e limites para a categoria de escopo do projeto.

Inicialmente, devem ser identificados os agentes operadores e os elementos ambientais que participam durante a tarefa. Tomando por referência o calendário de meses e/ou estações, a época do ano caracteriza o instante em que esta é executada no ciclo de cultivo. Outras informações abordadas tratam das condições de execução, relacionadas ao tempo necessário para conclusão e à frequência de realização da tarefa ao longo da temporada; e também dos riscos envolvidos, considerando os agentes participantes e as circunstâncias de execução, que determinam a adoção de medidas de projeto em favor da segurança.

Os requisitos energéticos se compõem de propriedades que descrevem as condições de fornecimento de energia, necessárias à conclusão bem-sucedida da tarefa pretendida. As respectivas propriedades são elaboradas a partir da estrutura exibida no Quadro 4.8.

A14	Entrada	Propriedade	Dominio	Mecanismo	Controle	Saída
Requisitos energéticos	Características de mercado da MA para oferta (A913) Descrição do produto (A932)	A141 Autonomia de operação	PP, DP	Análise orgânica das máquinas Análise de especialista	Designação ISO 3339 (A121) Situação física do processo (A123)	["a"] Descreve se a máquina possui fonte de energia e órgãos ativos específicos que lhe permitam operar de forma autônoma
	Situação física do processo (A123) Autonomia de operação (A141)	A142 Fonte de alimentação	PP, MK, DP	Análise operacional Análise de especialista	Tempo disponível (A134) Frequência de execução (A135)	["a"] Identifica o meio de conversão de energia que alimenta o funcionamento da máquina
		A143 Capacidade nominal			Autonomia de operação (A141) Tempo de execução (A134) Frequência de execução (A135)	[++] Descreve a capacidade energética , na forma de potência, que a máquina deve possuir para realizar a operação
	Situação física do processo (A123) Necessidade de execução (A124) Descrição da operação (A125)	A144 Meios de conversão	PP, DP	Análise orgânica das máquinas Pesquisa de campo	Descrição da operação (A125) Situação física do processo (A123) Resultado esperado (A126)	["a"] Identifica os meios de transmissão de energia desde a fonte primária até os órgãos ativos da máquina
		A145 Regimes de conversão	PP, DP, MK	Análise operacional Análise de especialista	Tempo de execução (A134) Frequência de execução (A135)	["a"] Identifica a característica de atuação da transmissão de potência durante o tempo de operação da máquina
		A146 Solicitações de conversão	PP, DP	Análise operacional Análise de especialista	Riscos de execução (A136) Capacidade nominal (A143)	["a"] Identifica a o caráter da transmissão de potência quanto à faixa e à intensidade de variação das solicitações mecânicas sobre o sistema de transmissão
	Situação física do processo (A123) Autonomia de operação (A141)	A147 Tipos de acoplamento	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas Análise operacional	Operação executada (A116) Tempo de execução (A134) Designação ISO 3339 (A121) Autonomia de operação (A141)	["a"] Identifica os tipos e as condições de acoplamento necessárias para o funcionamento da máquina

Quadro 4.8 - Informações dos requisitos energéticos para a categoria de escopo do projeto.

A classe é iniciada a partir da descrição da fonte de alimentação do sistema. Em seguida, define-se a autonomia da máquina e sua capacidade. Trata-se então dos meios utilizados para a transmissão de energia. Daí segue o estabelecimento dos possíveis regimes e solicitações de carregamento, envolvidos na utilização da máquina. Quando prevista a operação em conjunto com outras máquinas, autônoma ou não, a classe inclui a definição preliminar dos prováveis tipos de dispositivos para acoplar várias máquinas.

A classe de subsistemas identifica os elementos da estrutura de decomposição do projeto da máquina, em acordo com seu propósito primário e o tipo de grandeza que é processado. As propriedades dessa classe são representadas no Quadro 4.9.

A15	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Subsistemas	Descrição do produto (A932) Detalhamento do escopo (A941)	A151 Elemento raiz	GP, PP	Estrutura analítica do projeto Análise operacional Requisitos funcionais Análise de especialista	Designação ISO 3339 (A121)	["a"] Identifica o elemento raiz – o produto a ser desenvolvido – que é decomposto em subsistemas
		A152 Subsistemas de processamento			Operação executada (A116) (A122) Elementos processados	["a"] → [++](n) Identifica os subsistemas decompostos a partir do elemento raiz, que agem diretamente sobre os elementos processados na operação
					Descrição da operação (A125)	
		A153 Subsistemas de conversão			Autonomia de operação (A141) Meios de conversão (A144)	["a"] → [++](n) Identifica os subsistemas decompostos a partir do elemento raiz que fornecem e/ou convertem energia para entrega às ações principais
					(A147) Tipos de acoplamento Solicitações de conversão (A146)	
A154 Subsistemas de controle	(A131) Elementos operadores (A136) Riscos de execução	["a"] → [++](n) Identifica os subsistemas decompostos a partir do elemento raiz que processam as informações de estado do sistema e intervêm em seu funcionamento quando necessário				

Quadro 4.9 - Informações dos subsistemas para a categoria de escopo do projeto.

O desdobramento deve ser orientado para identificar os subsistemas de acordo com três papéis distintos, relacionados aos elementos que são processados neles:

- Subsistemas de processamento: são os subsistemas cujos órgãos estão diretamente engajados na realização de ações pertinentes ao processo técnico principal, ou no suprimento dos elementos para sua execução;
- Subsistemas de conversão: são os subsistemas encarregados de realizar a conversão de energia, primária (motores) e secundária (transmissão), para a entrega de potência aos subsistemas de processo; e,
- Subsistemas de controle: são os subsistemas que têm por propósito executar intervenções sobre o funcionamento do sistema principal mediante ações de comando e gerar informações de estado.

Isso significa que nem todas as classes se aplicarão a todos os subsistemas. É importante selecionar as classes de levantamento dos fatores de influência em acordo com a identificação do papel principal do subsistema considerado.

Tais componentes devem ser examinados e avaliados em particular em relação às características que determinam os esforços para seu desenvolvimento. Tais características são cobertas pela classe de propriedades relacionada à tipologia de projeto, mostrada no Quadro 4.10.

A16	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Tipologia de projeto	Parceiros do Projeto (A921) Fornecedores do projeto (A922)	A161 Conhecimento	Todos	Análise da lacuna de conhecimento Análise do grau de incerteza Reunião da equipe de desenvolvimento	Designação ISO 3339 (A121) Necessidade de execução (A124)	["a"] Descreve a lacuna de conhecimento sobre o tipo de máquina ou a tarefa que se deseja atender com o projeto (PAHL E BEITZ, 1996; HARI E WEISS, 2003)
	Relações entre os envolvidos (A923) Domínios de conhecimento e dependências (A933) Necessidades de informação dos envolvidos (A924)			Descrição da operação (A125) (A142) Fonte de alimentação Meios de conversão (A144)		
	Características de mercado da MA para oferta (A913) Descrição do produto (A932) Detalhamento do escopo (A941)	A162 Complexidade	Todos	Análise orgânica das máquinas Análise de especialista Reunião da equipe de desenvolvimento	(A131) Elementos operadores Elementos ambientais (A132) Riscos de execução (A136)	["a"] Descreve o nível de magnitude das relações de interdependência entre os parâmetros e/ou componentes do projeto
	Normas e/ou critérios para homologação (A912) Conhecimento (A161) Complexidade (A162)			Análise de severidade das falhas Reunião da equipe de desenvolvimento	Legislação Jurisprudência Normas técnicas Decretos normativos	
		A163 Risco de falha	Todos			["a"] Descreve o nível de severidade do risco para a organização na execução do projeto (HARI E WEISS, 2003)

Quadro 4.10 - Informações da tipologia de projeto para a categoria de escopo do projeto.

A determinação das propriedades de tipologia de projeto como fatores de influência deve ser acompanhada de um exame mais detalhado do plano do projeto. Essas propriedades versam sobre três aspectos ligados à consistência do projeto. O conhecimento define a interação que a equipe de projeto tem do problema a ser resolvido; a complexidade trata a respeito da quantidade de relações que devem ser consideradas para solucionar o problema; e, o risco de falha versa sobre a criticidade das falhas à reputação do produto e da organização.

A abordagem de procedimento sugerida para o levantamento das informações para o exame do escopo do projeto é mostrada na Figura 4.3.

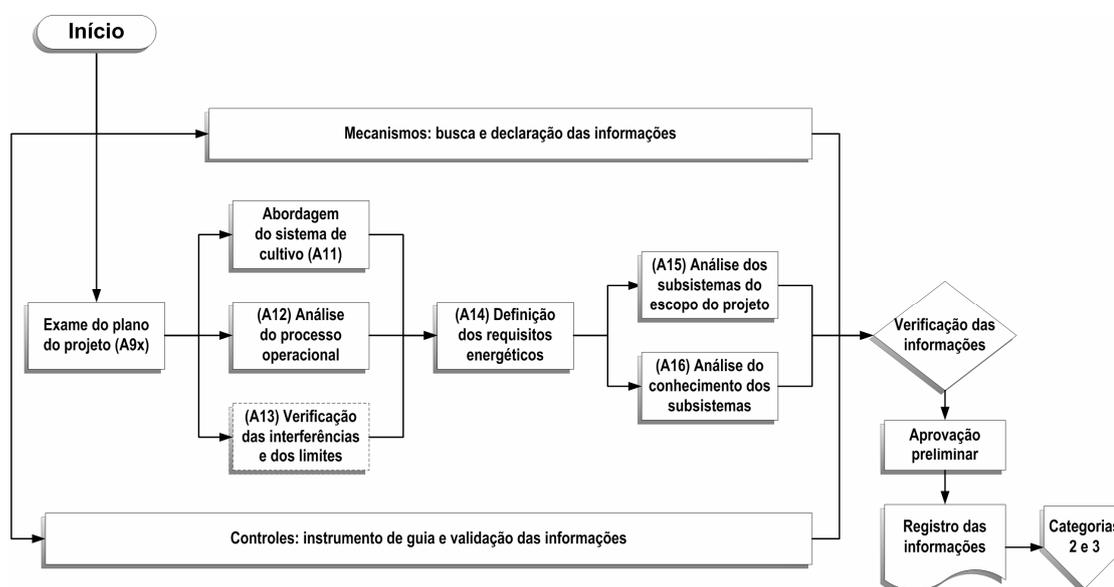


Figura 4.3 – Modelo de procedimento para o exame do escopo do projeto nos fatores de influência.

A partir do exame das informações do plano do projeto, as classes de sistema de cultivo, processo operacional e interferências e limites podem ser levantadas simultaneamente. Isso é possível porque os três grupos de propriedades podem ser avaliados mediante procedimentos semelhantes. A seguir, é possível definir os requisitos energéticos necessários à aplicação e então parte-se para a análise dos subsistemas e do conhecimento disponível. Esses últimos procedimentos são mais importantes quando o projeto envolve o desenvolvimento de solução original.

Os mecanismos tratam das técnicas e dos métodos conhecidos, utilizados para a elaboração das informações. Os controles consistem em informações que validam o conteúdo das propriedades elaboradas. Após o levantamento dessa categoria, as informações devem ser verificadas pela equipe envolvida ou por um grupo de responsáveis. Aprovadas no contexto da equipe, elas devem ser registradas para servir de base ao levantamento das categorias posteriores. Várias propriedades desta primeira categoria, constituindo informações do escopo do projeto, dão base também ao processo de definição das especificações de projeto a partir das necessidades dos usuários da MA. Assim sendo, justifica-se o caráter fundamental que essa categoria de informações tem para o projeto.

4.2.3 Características do ambiente operacional

A caracterização do ambiente operacional é a segunda categoria analisada para o levantamento dos fatores de influência no projeto. Tais informações têm por objetivo declarar as características do ambiente de operação onde a MA deverá atuar em cumprimento à tarefa pretendida. Os elementos da tarefa devem ser desdobrados em suas características físicas conhecidas, de modo a fornecer à organização empreendedora um entendimento completo a respeito da necessidade.

As classes de caracterização do ambiente operacional são desdobradas a partir de propriedades do exame do escopo do projeto. Estas devem guiar à busca de informações sobre os parâmetros de cada um dos elementos que influenciam sobre o desempenho da operação mecanizada. A possibilidade de declarar a maioria das informações existentes sobre os elementos considerados está diretamente ligada à capacidade de conhecer suas propriedades.

O relacionamento entre as propriedades do escopo e as classes de ambiente operacional é representado na Figura 4.4.

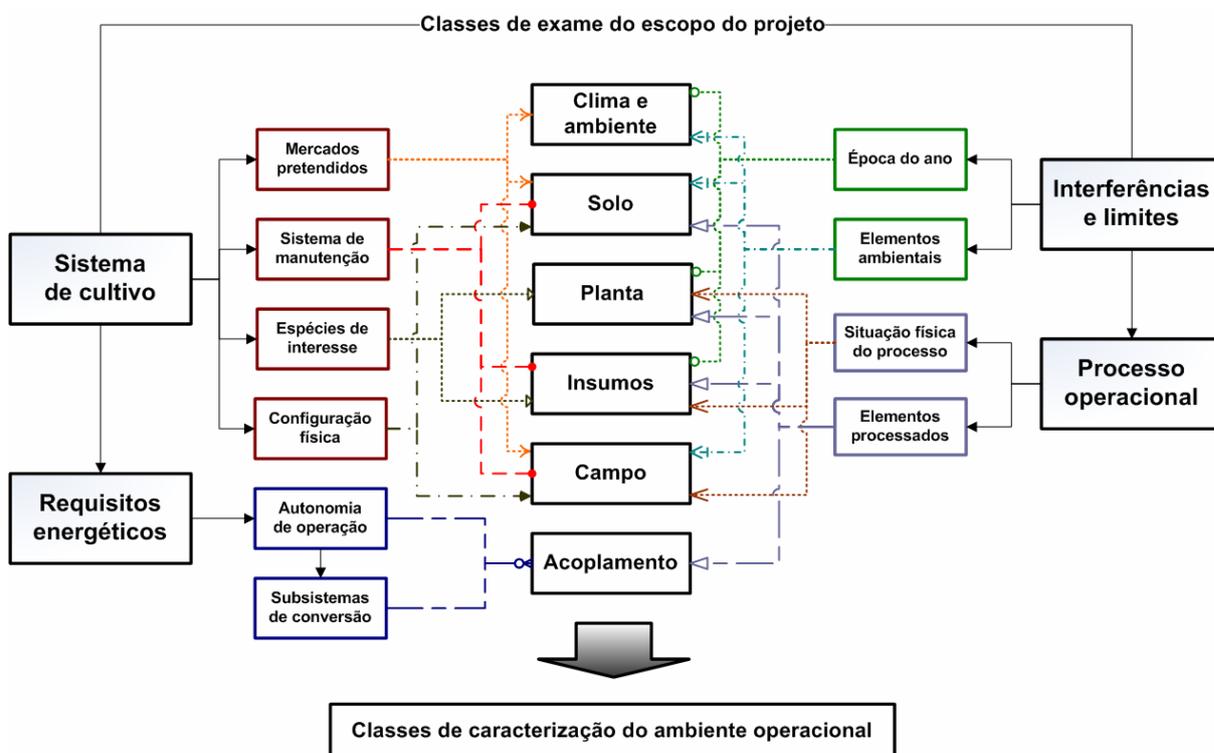


Figura 4.4 – Propriedades do escopo do projeto e classes do ambiente operacional.

Inicia-se o levantamento das características do ambiente operacional pela caracterização climática do local de cultivo. As respectivas propriedades são elaboradas a partir da estrutura exibida no Quadro 4.11.

A21	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Clima e ambiente	Mercados pretendidos (A111) Elementos ambientais (A132)	A211 Posição global	MK	Análise de mapas (posição)	Leitura de posição geográfica GPS: Sistema de Posicionamento Global	[++] (°lat, °lon) Identifica a <i>faixa de latitude e longitude</i> que caracteriza os locais de utilização da MA
		A212 Altitude		GIS: Sistema de informação geográfica		Posição global (A211)
		A213 Declividade		Análise de mapas: relevo/posição Altimetria	Posição global (A211) Altitude (A212)	[++] (%) Identifica o campo de cultivo quanto à <i>inclinação</i> típica do <i>relevo</i> geográfico dos locais de uso
		A214 Temperatura	MK	Agricultura de precisão	(A133) Época do ano Posição global (A211) Altitude (A212)	[++] (°C) Identifica as <i>temperaturas típicas</i> dos locais onde a MA será utilizada
		A215 Precipitação		Análise de mapas GIS: Sistema de informação geográfica Estação meteorológica Dados meteorológicos		[++] (mm, mm/ano) Identifica o <i>regime de precipitações</i> nos locais de utilização da MA
		A216 Umidade relativa				[++] (%) Identifica o comportamento típico da <i>umidade relativa do ar</i>
		A217 Ventos		Estação meteorológica Dados meteorológicos		[++] (m/s) Identifica a <i>velocidade típica dos ventos</i> nos locais de utilização da MA
				Declividade (A213)		

Quadro 4.11 - Informações de clima e ambiente para a categoria de ambiente operacional.

Descreve-se primeiramente a localização dos mercados pretendidos a partir da posição global em latitude e longitude. A seguir, é feito o reconhecimento da faixa de altitudes onde a máquina irá trabalhar. A umidade relativa influencia sobre as propriedades físicas dos elementos do ambiente, constituindo elemento importante na definição de características da tarefa pretendida. Outra variável importante é a precipitação, que pode criar circunstâncias restritivas ou impeditivas ao andamento da tarefa. Por último, os ventos exercem papel importante, principalmente quando insumos são aplicados mediante aspersão, pulverização ou lançamento de partículas.

A classe de solo, representada em suas propriedades no Quadro 4.12, descreve as características típicas dos solos sobre os quais as MA deverá operar.

A22	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Solo	Elementos ambientais (A132) (A114) Configuração física do cultivo	A221 Classe do solo	MK, PP	Pesquisa de campo Análise de laboratório	Sistema brasileiro de classificação de solos	["a"] Identifica a classificação do solo em razão de sua composição ao longo da profundidade útil
	(A115) Sistema de manutenção	A222 Elementos básicos		Análise de laboratório Literatura especializada	Normas técnicas Classe do solo (A221)	["a"] → [++] (%) Identifica os elementos básicos que caracterizam a composição do solo e suas respectivas frações em porcentagem
		A223 Umidade relativa típica				[++] (%) Identifica a fração típica de umidade relativa do solo
		A224 Resistência à penetração	Ensaio de penetrometria (índice de cone)	Norma técnica ASABE S313.1	[++] (MPa) Identifica a propriedade física de resistência à penetração do solo	
		A225 Elementos de cobertura	MK, PP	Pesquisa de campo	Literatura especializada Prescrições agrônômicas documentadas	["a"] → [++] (n) Identifica a presença de elementos de cobertura superficial do solo
	A226 Massa de cobertura	Análise de laboratório		Normas técnicas	[++] (kg/ha) Identifica a massa de cobertura presente por unidade de área	
	A227 Relevo superficial	Pesquisa de campo Ensaio de perfiliometria		Literatura especializada Normas técnicas	[++] (mm) Identifica a medida de rugosidade do perfil superficial do solo (micro-relevo)	

Quadro 4.12 - Informações do solo para a categoria de ambiente operacional.

A classe de informações relacionada ao solo é caracterizada primeiramente pela identificação do solo segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1998). Seus componentes dominantes devem ser declarados em seqüência, na propriedade de elementos básicos. A umidade relativa típica influencia no grau de compactação superficial causado pelo trânsito das máquinas. Nesse aspecto, a resistência a penetração é caracterizada a partir do índice de cone. Os elementos de cobertura constituem compõem a massa de cobertura¹¹ sobre o solo. O relevo superficial do solo, por fim, influencia sobre as excitações que impõem vibrações estruturais sobre a máquina, e sobre o grau de resistência ao rolamento.

A classe de planta tem por objetivo declarar as características das plantas cultivadas que influenciam na definição de requisitos de desempenho. Essa influência se dá quanto à forma de execução da operação pela máquina e à sua capacidade operacional. A classe é representada em suas propriedades no Quadro 4.13.

¹¹ Elementos que cobrem a superfície do solo como culturas de cobertura em plantio direto ou lâminas d'água no cultivo de arroz irrigado.

A23	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída	
Planta	Mercados pretendidos (A111) Espécies de interesse (A112) Elementos processados (A132) Elementos ambientais (A133) Época do ano (A133)	A231 Estádio fenológico	MK, PP	Mapa fenológico Análise de especialista	(A111) Mercados pretendidos Época do ano (A133)	["a"] Identifica o estado vegetativo da planta quanto ao seu desenvolvimento	
		A232 Morfologia geral			Caracterização morfo-agronômica Análise de especialista Análise de laboratório Prescrições agronômicas documentadas Literatura especializada	Espécies de interesse (A112) (A231) Estádio fenológico	["a"] Identifica o porte físico da espécie no estado vegetativo considerado e suas partes principais
		A233 Dimensões físicas				Morfologia geral (A232) (A231) Estádio fenológico	["a"] Identifica as dimensões e propriedades físicas básicas dos elementos processados da planta
		A234 Propriedades físicas			["a"] → [++] (unidades) Quantifica as dimensões e as propriedades físicas dos elementos processados da planta		
	Operação executada (A116) Elementos processados (A122) Necessidade de execução (A124) Resultado esperado (A126)	A235 Elementos processados	MK, PP	Pesquisa de campo Prescrições agronômicas documentadas Literatura especializada	Descrição da operação (A125) Morfologia geral (A232)	["a"] → [++] (n) Identifica uma ou mais partes orgânicas da planta que são processadas	
		A236 Estado inicial dos elementos				Necessidade de execução (A124) Resultado esperado (A126)	["a"] Identifica o estado inicial dos elementos da planta processados pela máquina
		A237 Estado final dos elementos				(A235) Elementos processados	["a"] Identifica o estado final dos elementos da planta processados pela máquina

Quadro 4.13 - Informações da planta para a categoria de ambiente operacional.

As características da planta ganham mais importância quando esta é incluída como elemento processado. Se não é este o caso, a planta deve ser caracterizada em termos da interação que esta possui com a máquina. É possível identificar dois grupos: o primeiro trata da caracterização da planta quanto à sua morfologia; o segundo trata dos estados das plantas em razão das ações, diretas ou indiretas, efetuadas pela máquina. A primeira propriedade a ser tratada é o estágio fenológico¹², caracterizado na forma do estado de desenvolvimento da planta à época da operação. A análise das dimensões e das propriedades físicas toma lugar a partir da caracterização geral da constituição física das plantas cultivadas. A seguir, são identificados os elementos da planta que serão processados ou podem sofrer ação física da máquina. Concluindo a classe, tais elementos são então caracterizados quanto ao estado inicial e ao estado final durante a operação.

¹² Termo corrente utilizado na área de fitotecnia que denota o conjunto de propriedades morfológicas por ela manifestado em razão de seu desenvolvimento.

A classe de insumo tem por objetivo declarar as características dos elementos que são processados internamente à máquina. A caracterização do insumo pode ser feita em consideração às propriedades mostradas na estrutura do Quadro 4.14.

A24	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Insumo	(A114) Configuração física do cultivo (A115) Sistema de manutenção (A122) Elementos processados (A123) Situação física do processo (A125) descrição do processo	A241 Elementos básicos	MK, PP	Pesquisa de campo Análise de laboratório Literatura técnica	Espécies de interesse (A231) (A232) Estádio fenológico	["a"] → [++] (% , kg) Identifica os <i>elementos básicos</i> que caracterizam a composição do insumo e suas respectivas frações .
		A242 Densidade do composto			Prescrições agronômicas documentadas	[++] (kg/m ³) Identifica a <i>densidade</i> (relação massa, volume do composto).
		A243 Grau de mistura			Normas técnicas Literatura especializada	[++] (mm, kg, kg/m ³) Identifica o grau de <i>homogeneidade da mistura</i> quanto às propriedades de seus componentes.
		A244 Outras propriedades específicas			Elementos básicos (A241)	[++] (a critério) Identifica outras <i>propriedades específicas da mistura</i> em acordo com seu estado físico

Quadro 4.14 - Informações do insumo para a categoria de ambiente operacional.

O insumo agrícola pode ser um fertilizante orgânico ou mineral, um composto natural líquido, um defensivo químico, ou mesmo plantas e sementes quando processadas internamente. Este pode ser inicialmente caracterizado a partir de seus componentes básicos e de suas frações no composto. Este deve ter sua densidade volumétrica definida. Na seqüência, deve ser caracterizado o grau de mistura, ou seja, se os componentes do insumo se comportam de forma homogênea quanto à densidade, à massa ou mesmo ao tamanho. O insumo deve ser caracterizado em suas outras propriedades em acordo com cada caso específico.

A classe de fatores de influência relacionada ao campo, mostrada no Quadro 4.15, aborda as características do campo de cultivo. As dimensões típicas identificam o tamanho do campo em área cultivada. Os obstáculos entre linhas e/ou áreas dependem do sistema de cultivo adotado, e devem ser identificados quanto à forma. Os obstáculos de topo restringem a liberdade de movimento da máquina em altura. As propriedades com que se encerra a descrição desta classe se tratam do espaçamento entre linhas; da curvatura de trajetória da máquina, que afeta a precisão da operação e o equilíbrio dinâmico; e, das dimensões do espaço para manobras.

A25	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Campo	(A111) Mercados pretendidos Configuração física do cultivo (A114)	A251 Dimensões físicas típicas	MK, PP	Análises de mapas	Características do campo de cultivo	[++] (m, ha) Identifica as dimensões físicas do campo de cultivo.
		A252 Obstáculos ao deslocamento	MK, PP	GIS: Sistema de informação geográfica Pesquisa de campo	Riscos de execução (A136) (A231) Estádio fenológico (A227) Relevo superficial	["a"] → [++] (m) Identifica as características do cultivo ou do deslocamento que restringem as dimensões da máquina.
		A253 Medida dos obstáculos		Pesquisa de campo	(A112) Espécies de interesse (A115) Sistema de manutenção	[++] (cm, m) Identifica a altura e/ou profundidade dos obstáculos entre linhas e/ou áreas.
		A254 Espaçamento entre linhas	MK, PP	Análise de especialista	(A112) Espécies de interesse Dimensões físicas (A25)	[++] (m) Identifica o espaçamento transversal entre as linhas de estabelecimento das plantas.
		A255 Curvatura de trajetória da linha		Prescrições agrônomicas documentadas	Sistema de manutenção (A115) Dimensões físicas típicas (A251)	[++] (m) Identifica o raio de curvatura típico da trajetória da máquina em seguimento à linha de cultivo.
		A256 Dimensões de cabeceira	MK, PP	Pesquisa de campo GIS: Sistema de informação geográfica Agricultura de precisão		[++] (m) Identifica as dimensões do espaço destinado às manobras no campo de cultivo

Quadro 4.15 - Informações do campo para a categoria de ambiente operacional.

A classe de acoplamento tem por objetivo declarar as características dos acoplamentos de outras máquinas que podem influenciar sobre o desempenho e a adequação da máquina projetada à operação pretendida.

Primeiramente, se identifica os graus de liberdade em que ocorre a transmissão de energia. A seguir, deve-se examinar a capacidade de trabalho disponibilizada pelo acoplamento em razão de seus graus de liberdade. A fonte de alimentação tem por propósito identificar o sistema que transmite energia, e qual a modalidade da energia transmitida. Por fim, identificam-se os recursos auxiliares disponíveis, de modo a determinar características de funcionamento desse sistema no tempo. As propriedades de acoplamento consolidam a definição referencial das classes que devem abordadas no levantamento dos fatores de influência quanto à categoria de ambiente operacional. A análise dos acoplamentos deve ser feita tendo em mente os requisitos energéticos estabelecidos para a máquina em desenvolvimento e é caracterizada pela estrutura do Quadro 4.16.

A26	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Acoplamento	Autonomia de operação (A141)	A261 Graus de liberdade	PP, DP	Análise orgânica das máquinas Análise operacional	(A123) Situação física do processo (A144) Meios de conversão (A147) Tipos de acoplamento	[++] (n) Identifica os <i>graus de liberdade</i> possibilitados pelo sistema
		A262 Capacidade de trabalho		Análise orgânica das máquinas	Capacidade nominal (A143) Solicitações de conversão (A146)	[++] (kN, Nm, kW) Identifica a capacidade de <i>deslocamento</i> do sistema em cada <i>grau de liberdade</i>
		A263 Alimentação energética			(A142) Fonte de alimentação	["a"] Identifica o sistema pelo qual é efetuada a <i>transmissão de energia</i> ao acoplamento
		A264 Recursos auxiliares		Análise de especialista	Frequência de execução (A135) (A136) Riscos de execução (A144) Meios de conversão Solicitações de conversão (A146) (A147) Tipos de acoplamento	["a"] Identifica os <i>recursos auxiliares</i> ao funcionamento do sistema

Quadro 4.16 - Informações dos acoplamentos para a categoria de ambiente operacional.

Tendo em mente as classes definidas até aqui, é possível definir um conjunto de procedimentos, de forma semelhante à realizada para o exame do escopo do projeto, ilustrada na Figura 4.3. As diretrizes e as considerações de execução definidas naquela categoria podem consideradas para caracterizar o ambiente operacional. A abordagem sugerida é mostrada na Figura 4.5.

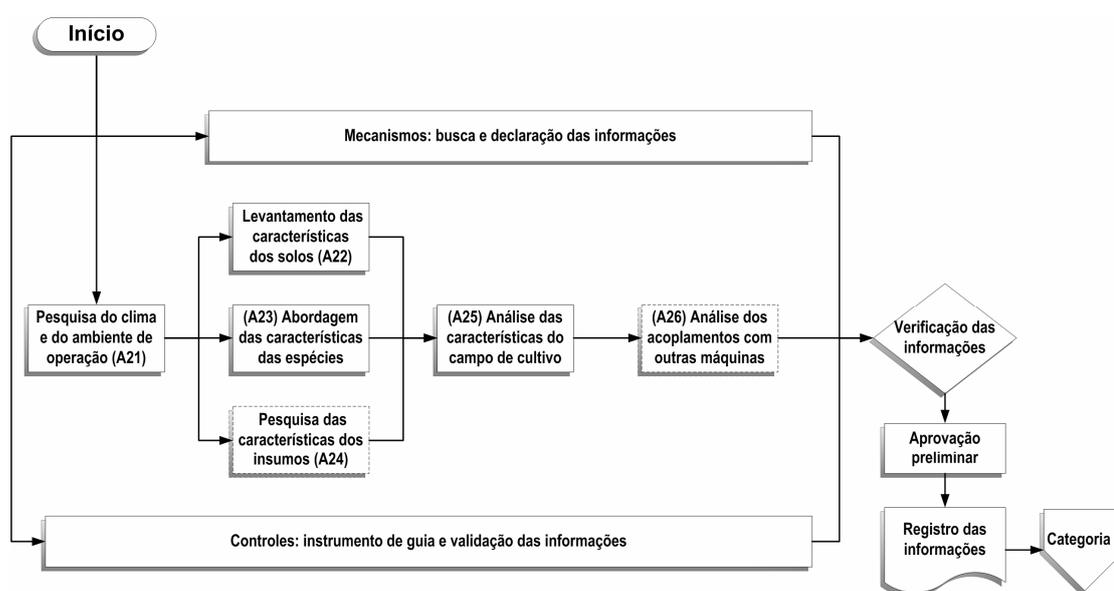


Figura 4.5 – Modelo de procedimento para a caracterização do ambiente operacional.

Primeiramente, é feito o levantamento da classe de clima e ambiente. A partir daí, as classes de solo, planta e insumo, podem ser levantadas simultaneamente,, pois são definidos procedimentos semelhantes entre elas. O processo continua com a definição das propriedades do campo e termina com a definição das propriedades dos acoplamentos externos. Tais propriedades devem ser estabelecidas quando é previsto o acoplamento entre máquinas.

Os mecanismos tratam das técnicas e dos métodos conhecidos, utilizados para a elaboração das informações. Os controles consistem em informações que validam o conteúdo das propriedades elaboradas. Após o levantamento dessa categoria, as informações devem ser verificadas pela equipe envolvida ou por um grupo de responsáveis. Aprovadas no contexto da equipe, elas devem ser registradas para servir de base ao levantamento das categorias posteriores.

4.2.4 Critérios de homologação

Os critérios de homologação da MA constituem a terceira categoria de informações para os fatores de influência. É objetivo desta etapa o levantamento das restrições de projeto que influenciam na definição da configuração física da MA. Tais restrições são definidas por exigências de adequação e de segurança estabelecidas pelos órgãos reguladores nos mercados pretendidos.

Os critérios de homologação da MA se tratam de requisitos que determinam a autorização de comercialização. Tais elementos influenciam no projeto porque essas regulações são implementadas com força de lei. Isso acontece por influência de decretos governamentais ou do risco de ações de responsabilidade. As disposições legais e normativas devem ser pesquisadas em acordo com o processo sugerido por Alonço (2004) na definição de restrições baseadas em normas de segurança para a MA. Além disso, devem ser conhecidos itens, dimensões e procedimentos obrigatórios (ROMANO, 2003). A busca desses critérios deve seguir o roteiro da Figura 4.6.

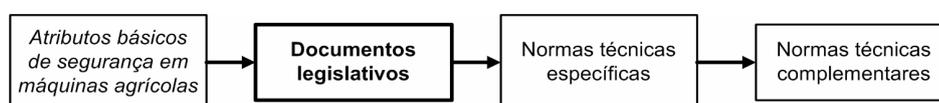


Figura 4.6 – Roteiro de busca de informações sobre segurança (ALONÇO, 2004).

Assim sendo, é possível então determinar as classes e as respectivas propriedades, das quais devem ser desdobradas disposições que imponham restrições ao desenvolvimento do projeto. Tais características, principalmente no que tange à adequação da máquina do ponto de vista da tarefa pretendida, constituem disposições legais e normativas em favor da segurança do usuário.

As classes de homologação, da mesma forma que as classes da avaliação comparativa, são determinadas em função das propriedades pertinentes ao exame do escopo do projeto, como demonstra a Figura 4.7.

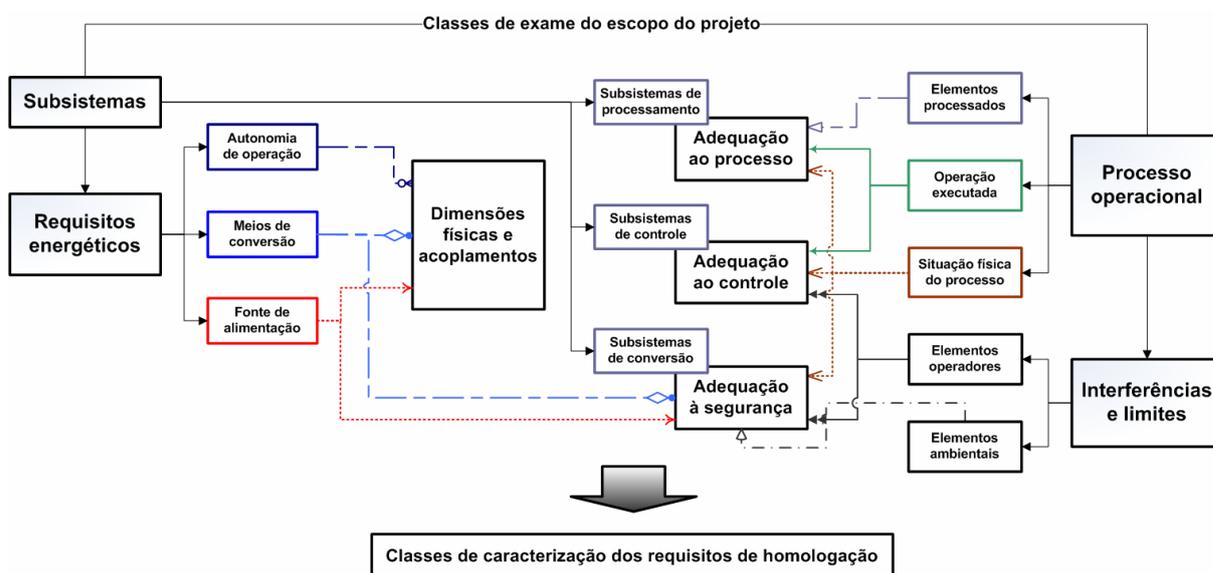


Figura 4.7 – Propriedades do escopo do projeto e classes dos requisitos de homologação.

Todas as classes relacionadas às características de homologação devem reservar lugar à identificação do local de origem da norma, da organização emissora e da disposição declarante do item ou do procedimento exigido¹³. Nesse caso, cada disposição específica declarada em um documento normativo deve ser agregada ao sistema de informação, considerando as propriedades específicas de cada classe.

A classe de dimensões físicas e acoplamentos tem por objetivo declarar as características exigidas por leis e normas para a configuração física geral da MA e de seus acoplamentos. Esta é estruturada na representação do Quadro 4.17.

¹³ Procedimento padrão em todas as classes da categoria de critérios de homologação, que possuem propriedades específicas para identificar cada documento a determinar disposições que devem ser atendidas para autorizar a comercialização da MA.

A31	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída	
Dimensões físicas e acoplamentos	(A912) Normas e/ou critérios de homologação Descrição do produto (A932) Designação ISO 3339 (A121) Operação executada (A116) Autonomia da máquina (A141)	A311 Origem da norma	AF, DP, SE	Pesquisa de campo	(A111) Mercados pretendidos	["a"] Identifica o mercado pretendido abrangido por tal exigência	
		A312 Organização emissora			Sistema de documentação do projeto	Origem da norma (A311)	["a"] Identifica a organização emissora do documento normativo
		A313 Norma declarante			Sistema de documentação do projeto	Configuração física (A114) Operação executada (A116) Elementos operadores (A132) Riscos de execução (A135)	["a"] Identifica a designação do documento
	Norma declarante (A313)	A314 Itens mandatórios	AF, DP, SE, PP	Legislação Jurisprudência	Situação física do processo (A123) Descrição da operação (A125) Riscos de execução (A135)	["a"] → [++] (n) Descreve o(s) item(s) considerado obrigatório(s) para homologar a as dimensões físicas	
	Norma declarante (A313) Itens mandatórios (A314)	A315 Dimensões especificadas	PP, DP, SE		Normas técnicas Decretos normativos Análise de especialista	Configuração física (A114) Riscos de execução (A135) (A147) Tipos de acoplamento	["a"] Identifica as medidas determinadas pela norma para a configuração da máquina
		A316 Valores tolerados					[++] (SI ¹⁴) Identifica as os valores tolerados pela norma para as dimensões físicas determinadas
		A317 Graus de liberdade		["a"] Identifica os graus de liberdade requeridos por norma para o dimensionamento de acoplamentos			

Quadro 4.17 - Informações de dimensões e acoplamentos para a categoria de homologação.

As dimensões especificadas se tratam de dimensões básicas do item ou componente que são especificadas pelo documento normativo. Por fim, os valores tolerados se tratam dos valores estipulados pela norma para atestar a conformidade da máquina. Os graus de liberdade se tratam das direções nas quais é permitido o movimento, e de sua extensão, quando declarado pela norma.

A classe de adequação ao processo declara as características exigidas por leis e normas para o desempenho operacional da MA. A classe é estruturada a partir da representação mostrada no Quadro 4.18.

¹⁴ Qualquer unidade do Sistema Internacional.

A32	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Adequação ao processo	(A912) Normas e/ou critérios de homologação	A321 Origem da norma	AF, DP, PP	Pesquisa de campo	(A111) Mercados pretendidos	["a"] Identifica o mercado pretendido abrangido por tal exigência
	Descrição do produto (A932)	A322 Organização emissora		Sistema de documentação do projeto	Origem da norma (A311)	["a"] Identifica a organização emissora do documento normativo
	Designação ISO 3339 (A121)	A323 Norma declarante		Sistema de documentação do projeto	Configuração física (A114) Elementos operadores (A132) Riscos de execução (A135)	["a"] Identifica a designação do documento
	Operação executada (A116)					
	Norma declarante (A323)	A324 Ensaio especificado	PP, DP	Normas técnicas Decretos normativos Análise de especialista	Configuração física do cultivo (A114) (A122) Elementos processados Descrição da operação (A125) Meios de conversão (A144)	["a"] Descreve o ensaio que deve ser realizado <i>para homologar</i> a adequação ao processo
	Norma declarante (A323)	A325 Procedimentos exigidos			(A116) Operação executada (A122) Elementos processados (A123) Situação física do processo	["a"] → [++] Identifica os procedimentos necessários para <i>executar o ensaio</i>
Ensaio especificado (A324)						
Norma declarante (A323)	A326 Parâmetros de avaliação		Resultado pretendido (A126) Capacidade nominal (A143) (A144) Meios de conversão		["a"] → [++] Identifica os critérios de desempenho da máquina avaliados no ensaio	
Ensaio especificado (A324)						
Procedimentos exigidos (A325)						

Quadro 4.18 - Informações de adequação ao processo para a categoria de homologação.

No critério de adequação ao processo, devem ser tomados em consideração os procedimentos estipulados em documentos específicos que definem a realização do ensaio da MA. A partir da identificação do ensaio, devem ser desdobrados os procedimentos exigidos, os parâmetros de caracterização do ensaio e os parâmetros de avaliação para atribuir de suficiência de desempenho à MA. Tais elementos constituem medidas de eficiência, capacidade e adequação da máquina à tarefa avaliada no ensaio, sendo interpretados a partir da leitura da norma declarante.

A adequação ao controle é outra classe importante em que os documentos regulatórios assumem importante papel em definir a configuração das máquinas em favor da qualidade de uso. As propriedades de adequação ao controle são mostradas no Quadro 4.19.

A33	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída	
Adequação ao controle	(A912) Normas e/ou critérios de homologação Descrição do produto (A932) Designação ISO 3339 (A121) (A131) Elementos operadores	A331 Origem da norma	AF, SE, PP	Pesquisa de campo	(A111) Mercados pretendidos	["a"] Identifica o <i>mercado pretendido</i> abrangido por tal exigência	
		A332 Organização emissora			Sistema de documentação do projeto	Origem da norma (A311)	["a"] Identifica a <i>organização emissora</i> do documento normativo
		A333 Norma declarante			Sistema de documentação do projeto	Configuração física (A114) Elementos operadores (A132) Riscos de execução (A135)	["a"] Identifica a <i>designação do documento</i>
	Norma declarante (A313)	A334 Itens mandatórios	PP, SE	Legislação Jurisprudência Normas técnicas Decretos normativos Análise de especialista	Situação física do processo (A114) Descrição da operação (A125) Riscos de execução (A135)	["a"] → [++] (n) Descreve o(s) <i>item(s) obrigatório(s)</i> para <i>homologar</i> a adequação ao controle	
	Norma declarante (A343) Itens mandatórios (A344)	A335 Acesso ao controle			Elementos operadores (A131) Elementos ambientais (A132)	["a"] → [++] Identifica requisitos de <i>facilidade de acesso</i> para <i>interpretar e acionar os dispositivos</i>	
		A336 Exigência do controle			Tempo disponível (A134) Riscos de execução (A135)	["a"] → [++] Identifica requisitos de <i>grau de esforço</i> para <i>interpretar e acionar</i> os dispositivos.	

Quadro 4.19 - Informações de adequação ao controle para a categoria de homologação.

Devem ser definidos, então, os itens mandatórios e os eventuais requisitos de acesso e de exigência quanto às ações de comando e de interpretação. É importante lembrar que cada documento estabelece requisitos diferentes de adequação ao controle para cada máquina em cada situação. Por isso, a estruturação dos parâmetros deve ser realizada, quando possível, a partir de cada documento do acervo de informações.

As propriedades de adequação à segurança tratam de declarar os requisitos dos mercados pretendidos quanto à homologação da máquina para a segurança na execução da tarefa. Devem ser caracterizados, conforme as instruções do documento, os itens mandatórios e os requisitos de segurança quanto ao acesso e à informação. Os itens mandatórios constituem elementos presença é obrigatória na MA. Os requisitos definem critérios de configuração. A segurança de acesso trata de dimensões e características quanto à proteção do usuário dos efeitos das partes móveis. A segurança de informação caracteriza a existência e a adequação de avisos. A classe é estruturada em acordo com a representação do Quadro 4.20.

A34	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Adequação à segurança	Normas e/ou critérios de homologação (A912) Descrição do produto (A932) Designação ISO 3339 (A121) Autonomia de operação (A141) Meios de conversão (A144) Tipos de acoplamento (A147)	A341 Mercado pretendido	AF, SE, PP	Pesquisa de campo	(A111) Mercados pretendidos	Local de origem da disposição normativa
		A342 Organização emissora		Sistema de documentação do projeto	Origem da norma (A311)	Organização responsável pela emissão do documento
		A343 Norma declarante		Sistema de documentação do projeto	Configuração física (A114) Elementos operadores (A132) Riscos de execução (A135)	Designação do documento normativo
	Norma declarante (A313)	A344 Itens mandatórios	PP, SE	Legislação Jurisprudência Normas técnicas Decretos normativos Análise de especialista	Situação física do processo (A114) Descrição da operação (A125) Riscos de execução (A135)	Itens recomendados ou requeridos para a configuração física da máquina
	Norma declarante (A343) Itens mandatórios (A344)	A345 Segurança de acesso			Elementos operadores (A131) Elementos ambientais (A132)	Requisitos para o acesso físico a locais portadores de perigo
		A346 Segurança de informação	Tempo disponível (A134) Riscos de execução (A135)	Requisitos para a informação da existência de portadores de perigo		

Quadro 4.20 - Informações de adequação à segurança para a categoria de homologação.

A abordagem de procedimento sugerida para o levantamento dessas informações é exibida na Figura 4.8.

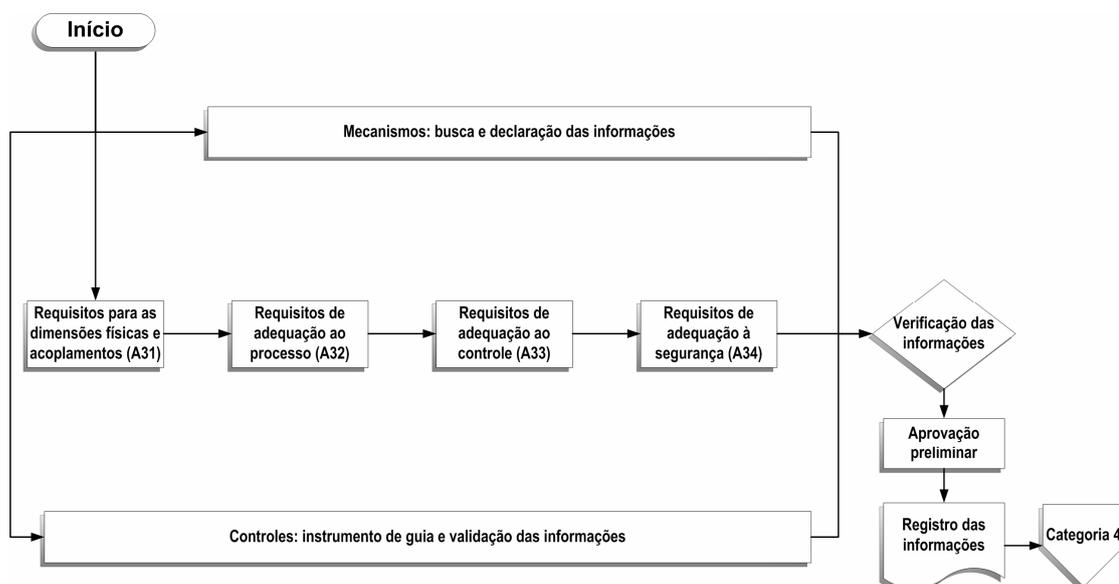


Figura 4.8 – Modelo de procedimento para o levantamento dos critérios de homologação.

Primeiramente, é feito o levantamento da classe de dimensões físicas e acoplamentos. Em razão da quantidade de informações envolvidas, cada uma das demais classes é abordada em seqüência uma após outra. Isso acontece porque os conhecimentos e os documentos envolvidos são semelhantes, mas o critério de exame não o é. Essa pesquisa de leis e normas pode inspirar o rearranjo da base de conhecimento disponível sobre os produtos existentes como servirá de guia para pesquisar as questões pertinentes a um produto original.

Os mecanismos tratam das técnicas e dos métodos conhecidos, utilizados para a elaboração das informações. Os controles consistem em informações que validam o conteúdo das propriedades elaboradas. Após o levantamento dessa categoria, as informações devem ser verificadas pela equipe envolvida ou por um grupo de responsáveis. Aprovadas no contexto da equipe, elas devem ser registradas para servir de base ao levantamento das categorias posteriores.

4.2.5 Análise comparativa das máquinas

A análise comparativa das máquinas existentes constitui a última categoria de informações para os fatores de influência no projeto. A meta é levantar fatores de influência, a partir da comparação de propriedades que caracterizam as máquinas atuais. A análise comparativa deve focar o nível de subsistema, e deve ser feita de maneira relacionada com as demais categorias dos fatores de influência.

As características da MA que interessam à análise comparativa entre as máquinas existentes são mostradas na Figura 4.9.

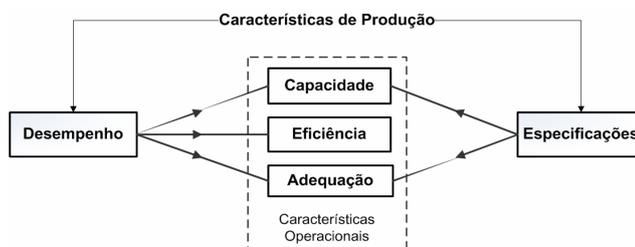


Figura 4.9 – Características da MA que interessam à análise comparativa.

As características das máquinas atuais influenciam no interesse do produtor por influenciar sobre a percepção da qualidade da máquina ao seu trabalho.

Entretanto, do ponto de vista do projeto técnico da máquina, é importante concentrar o interesse nas características de ordem física dos exemplares avaliados. As classes e as propriedades que definem os fatores de influência devem ser definidos em função dos grupos de características que constituem foco da avaliação comparativa. Essas características podem ser examinadas de forma global ou através de uma análise de subsistemas cuja ação é crítica para a operação. O critério para definir as classes da análise comparativa é mostrado na Figura 4.10.

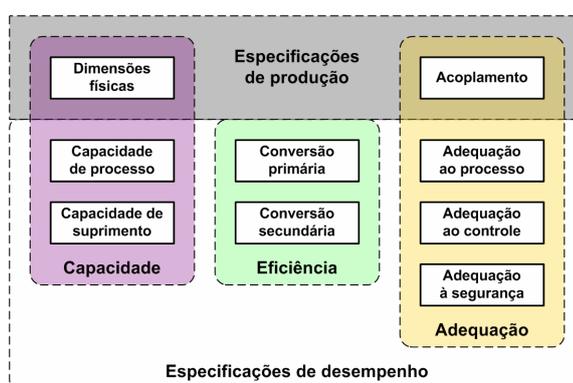


Figura 4.10 – Classes de avaliação comparativa e grupos de características da MA.

As especificações de produção definem as classes de dimensões físicas e de acoplamento, que tratam da abordagem geral da configuração física da máquina e da forma com que ela pode ser acoplada a outras máquinas. As especificações de desempenho definem as demais classes relacionadas aos grupos de características operacionais: capacidade, eficiência e adequação (MIALHE, 1996).

O grupo capacidade se relaciona ao grau de produtividade que a máquina é capaz de oferecer; o grupo eficiência se relaciona com a forma, a maneira e o rendimento com que a energia é utilizada na tarefa; o grupo adequação se relaciona à qualidade com que a máquina executa a operação e possibilita seu controle. Dessa forma, torna-se possível estabelecer uma forma sistemática de definir critérios para a realização de análise comparativa entre as máquinas existentes.

Ainda sobre as classes, é importante definir que relações de dependência existem delas para com as propriedades de exame do escopo do projeto. O relacionamento entre as informações do escopo do projeto e as classes de avaliação comparativa é mostrado na Figura 4.11.

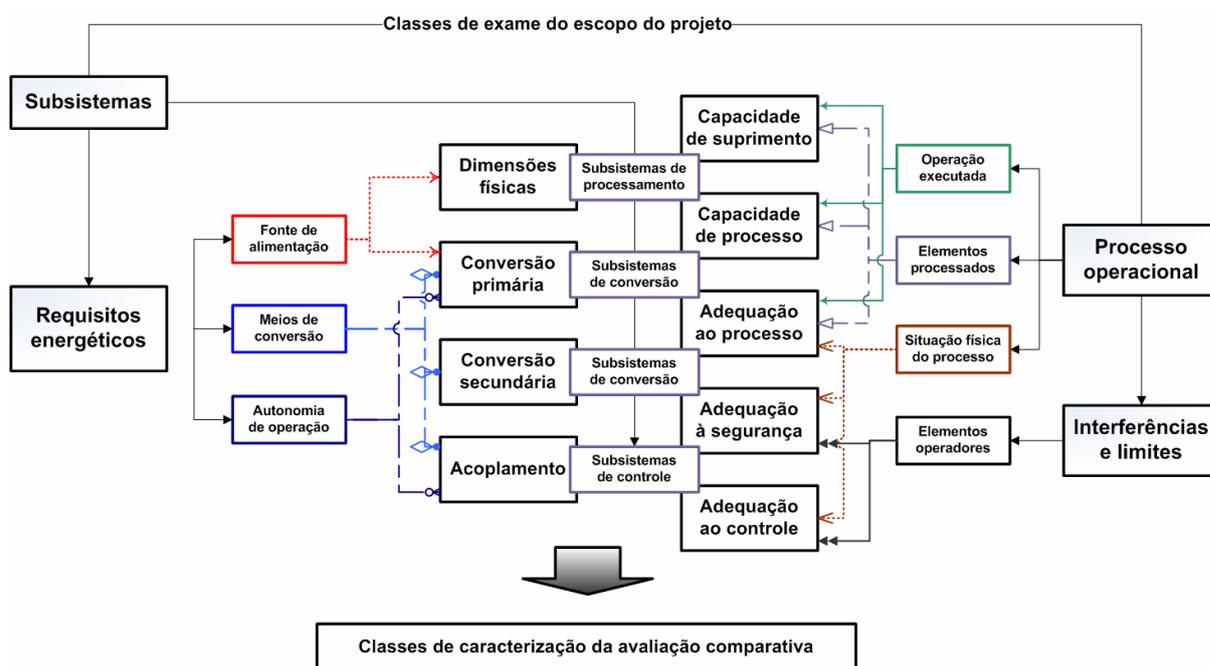


Figura 4.11 – Propriedades do escopo do projeto e classes de avaliação comparativa.

A classe de conversão primária é pertinente ao caso de uma máquina motora (fonte de alimentação). A classe de acoplamento é pertinente às máquinas que não são autônomas, motoras ou movidas (autonomia de operação). A classe de conversão secundária é pertinente às máquinas cuja conversão secundária se faz por tomada de potência ou sistema de transmissão (meios de conversão). Em relação às características da operação, a capacidade de suprimento é opcional para as máquinas onde o processo é realizado internamente à sua estrutura (situação física do processo). O restante das classes é pertinente a todas as máquinas agrícolas, sem distinção de operação ou classificação.

A primeira classe da avaliação são as dimensões físicas básicas, cujas propriedades são mostradas no Quadro 4.21. A análise das dimensões físicas deve incluir as dimensões físicas globais da máquina, tais como sua massa em vazio, comprimento total, largura e altura. A seguir, devem ser identificadas as distâncias de balanço da máquina. Os balanços longitudinais podem ser tratados de várias maneiras, conforme a configuração construtiva e a autonomia de movimento das máquinas. Os balanços transversais devem ser medidos entre os pontos de suporte e as extremidades laterais da máquina. Onde aplicável as máquinas devem ser caracterizadas quanto ao número de seções estruturais e suas medidas.

A41	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Dimensões físicas	Características de mercado da MA para oferta (A913) (A134) Tempo disponível Autonomia de operação (A141) Capacidade nominal (A143) Dimensões físicas típicas (A251)	A411 Massa	PP, MK	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	(A124) Sistema de manutenção Resistência à penetração (A224)	[++] (kg) Identifica a <i>massa total</i> da máquina, vazia
		A412 Comprimento			Declividade (A213) Valores tolerados (A316)	[++] (m) Identifica o <i>comprimento total</i> da máquina
					Declividade (A213) (A217) Ventos Curvatura de trajetória da linha (A255) Dimensões de cabeceira (A256)	[++] (m) Identifica a <i>largura total</i> da máquina
						[++] (m) Identifica a <i>altura total</i> da máquina
	Configuração física do cultivo (A114) Situação física do processo (A123) Operação executada (A116) Meios de conversão (A144) Subsistemas (A152, A153) Espaçamento entre linhas (A254)	A415 Balanços longitudinais	PP, MK	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	(A315) Dimensões especificadas Valores tolerados (A316) Itens mandatórios (A344)	[++] (m) Identifica os <i>balanços</i> da estrutura da máquina <i>na longitudinal</i>
		A416 Balanços transversais				[++] (m) Identifica os <i>balanços</i> da estrutura da máquina <i>na transversal</i>
		A417 Número de seções				[++] (n) Identifica o <i>número de seções</i> em que a estrutura é dividida
		A418 Dimensões da maior seção			Obstáculos ao deslocamento (A252) Medida dos obstáculos (A253) (A315) Dimensões especificadas Valores tolerados (A316)	[++] (m) Identifica as <i>dimensões ocupadas</i> pela maior seção estrutural da máquina

Quadro 4.21 - Informações de dimensões físicas para a categoria de avaliação comparativa.

Outra classe de características importantes para a avaliação comparativa de máquinas trata dos acoplamentos, cujas propriedades são mostradas no Quadro 4.22. Nesta categoria, a classe abrange as características das máquinas existentes cujo propósito de uso é semelhante ao da MA em desenvolvimento. A necessidade de avaliar essa classe é definida no exame do escopo do projeto, a partir da propriedade “máquinas acopladas”. Os graus de liberdade caracterizam os movimentos de translação e de rotação do acoplamento. A capacidade de deslocamento trata da força que pode ser aplicada ou suportada para deslocar outra máquina. A alimentação energética se refere à forma de energia que alimenta a função do acoplamento. As regulagens e ajustes identificam os recursos para regular e ajustar posições e distâncias relativas entre os pontos de acoplamento, possibilitando sua adaptação.

A42	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída	
Acoplamentos	Operação executada (A116) Situação física do processo (A123) Autonomia de operação (A141) (A144) Meios de conversão (A147) Tipos de acoplamento Subsistemas de conversão (A153) Acoplamento (A26, todos)	A421 Graus de liberdade	PP, DP	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa Ensaio de máquina (somente A422)	Descrição do processo (A125) Curvatura de trajetória (A255) (A317) Graus de liberdade	[++] (n) Identifica os graus de liberdade possibilitados pelo sistema	
		A422 Capacidade de trabalho				(A224) Res. à penetração Parâmetros de avaliação (A326)	[++] (kN, Nm, kW) Identifica a capacidade de deslocamento do sistema em cada grau de liberdade
		A423 Alimentação energética				(A421) Graus de liberdade	[“a”] Identifica o sistema pelo qual é efetuada a transmissão de energia ao acoplamento
						Capacidade nominal (A143)	
	(A131) Elementos operadores (A134) Tempo disponível (A147) Tipos de acoplamento Subsistemas de conversão (A153) Acoplamento (A26, todos) (A421) Graus de liberdade	A424 Sistema de regulagem e ajuste	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	Frequência de execução (A135) (A147) Tipos de acoplamento (A314, A316) Itens mandatórios Controle (A335, A336) Segurança (A345, A346) (A421) Graus de liberdade	[“a”] Identifica os recursos de regulagem e de ajuste a condições diferenciadas	
		A425 Variedade de ajustes				[++] (n) Identifica o número de posições disponíveis para ajustar o sistema de acoplamento	
		A426 Recursos auxiliares				Solicitações de conversão (A146) Declividade (A213) Trajetória (A255, A256) Exigência ao controle (A336) Segurança (A345, A346)	[“a”] Identifica os recursos auxiliares ao funcionamento do sistema

Quadro 4.22 - Informações dos acoplamentos para a categoria de avaliação comparativa.

A variedade de ajustes descreve o número de regulagens e ajustes que é possível realizar. Os recursos auxiliares abrangem os dispositivos auxiliares à função. Os tipos de acoplamento, definidos na mesma classe, delimitam os sistemas que devem ser avaliados. Em casos onde um sistema responsável pela alimentação energética do acoplamento também fornece energia a outra máquina, este deve ser avaliado de forma mais detida na classe de conversão secundária.

Para máquinas motoras ou automotrizes, é necessária a caracterização da fonte primária de energia. Essa característica é identificada no exame do escopo do projeto, a partir da propriedade autonomia de operação. Se a máquina pode operar de forma autônoma, deve possuir um meio para a conversão primária de energia. As propriedades dessa classe são mostradas no Quadro 4.23.

A43	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Conversão primária	Descrição da operação (A125) Tempo disponível (A134) Autonomia de operação (A141) (A142) Fonte de alimentação Subsistemas de conversão (A153)	A431 Alimentação energética	PP, DP	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	Regimes de conversão (A145) Solicitações de conversão (A146)	["a"] Identifica as fontes de alimentação quanto ao <i>tipo de energia</i>
		A432 Recursos de alimentação				Capacidade nominal (A143) Solicitações de conversão (A146) Altitude (A212)
	Subsistemas de conversão (A153) Alimentação energética (A431) Recursos de alimentação (A432)	A433 Potência gerada	PP, DP	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa Ensaio de máquina	Elementos processados (A123) Descrição do processo (A125) Capacidade nominal (A143) Solicitações de conversão (A146) Parâmetros de avaliação (A326)	[++] (kW) Identifica a quantidade de energia que pode ser entregue pelo sistema em um intervalo de tempo
		A434 Torque gerado				[++] (Nm) Identifica a quantidade de torque ou força motriz que pode ser entregue pelo sistema
		A435 Consumo específico				[++] (g/kWh) Identifica a quantidade da fonte de energia que é consumida em um intervalo de tempo

Quadro 4.23 - Informações de conversão primária para a categoria de avaliação comparativa.

O atributo de alimentação energética identifica as fontes de energia que alimentam o meio de conversão primária. Os recursos de alimentação identificam os sistemas de auxílio à conversão de energia¹⁵. A potência gerada identifica a quantidade de energia gerada por unidade de tempo, transmitida aos órgãos ativos da máquina. O torque gerado identifica a magnitude de força disponível para utilização na tarefa. O consumo específico identifica a quantidade de meio energético que é consumida por unidade de potência e de tempo.

Outra classe importante que deve ser considerada na análise comparativa é a conversão secundária (Quadro 4.24). Devem ser abordados nela os subsistemas que transferem energia aos órgãos ativos da MA, visando executar a tarefa pretendida. Esta classe trata primeiramente de identificar o princípio pelo qual a energia é transferida e a ação final da máquina que é alimentada pelo conjunto de conversão secundária. Após, são consideradas as características do sistema de transmissão quanto às relações de transferência, sua variedade e a maneira empregada para a seleção das velocidades disponíveis.

¹⁵ Podem tratar de sistemas auxiliares à alimentação em motores de combustão interna ou de sistemas de recuperação energética em outros princípios motrizes.

A44	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Conversão secundária	(A144) Meios de conversão Subsistemas de conversão (A153)	A441 Sistema de transmissão	PP, DP	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	(A147) Tipos de acoplamento Graus de liberdade (A421)	["a"] Identifica o princípio físico de transmissão de energia do sistema
	Operação executada (A116) Subsistemas de processamento (A152)	A442 Ação alimentada	PP, DP	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	Situação física do processo (A114) Descrição do Processo (A125) Elementos (A122, A132) do solo (A222, A225) da planta (A235) do insumo (A241) (A324) Ensaio especificado	["a"] Identifica as ações finais da máquina que são alimentadas pelo sistema
	Solicitações de conversão (A146) Subsistemas de conversão (A153) (A441) Sistema de transmissão	A443 Sistema de seleção A444 Número de relações A445 Faixa de velocidades	PP, DP	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa Ensaio de máquina (somente A445)	(A421) Graus de liberdade Controle (A335, A336) Segurança (A345, A346) Propriedades (A234, A244) (A442) Ação alimentada (A443) Sistema de seleção Espécies de interesse (A112) Parâmetros de avaliação (A326)	["a"] Identifica o sistema de seleção de velocidades [++] → (n) Identifica o número de relações de força e velocidade em que a energia é transmitida [++] → (min ⁻¹ , km/h, m/s) Identifica a faixa de velocidades disponibilizada pelo sistema
	Frequência de execução (A135) Subsistemas de conversão (A153) (A441) Sistema de transmissão	A446 Sistema de regulagem e ajuste A447 Variedade de ajustes	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	(A314, A316) Itens mandatórios Controle (A335, A336) Segurança (A345, A346) (A421) Graus de liberdade	["a"] Identifica os recursos de regulagem e de ajuste a condições diferenciadas [++] → (n) Identifica o número de posições disponíveis para ajustar o sistema de acoplamento
	(A136) Riscos de execução Subsistemas de conversão (A153) Subsistemas de controle (A154) (A441) Sistema de transmissão	A448 Dispositivos de intervenção A449 Capacidade de intervenção	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa Ensaio de máquina (somente A449)	Massa (A411) (A442) Ação alimentada Parâmetros de avaliação (A326) Controle (A335, A336) Segurança (A345, A346) Potência (A433) Torque (A434)	["a"] Identifica os sistemas pelos quais se interfere sobre a transmissão de energia [++] (kW) Identifica a capacidade energética do sistema de intervenção

Quadro 4.24 - Informações de conversão secundária para a categoria de avaliação comparativa.

Os dispositivos de intervenção controlam o funcionamento do sistema. Por fim, é analisada a capacidade de intervenção desses dispositivos.

A capacidade de suprimento constitui outra classe da avaliação. As respectivas propriedades são exibidas no Quadro 4.25.

A45	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Capacidade de suprimento	Operação executada (A116) (A122) Elementos processados (A134) Tempo disponível Subsistemas de processamento (A152)	A451 Elementos supridos	PP, MK	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	(A112) Espécies de interesse Elementos: da planta (A235) do insumo (A241)	["a"] Identifica os elementos que são processados pelo equipamento
		A452 Capacidades de suprimento			Propriedades (A234, A244) Dimensões e valores (A315, A316) Dimensões (A412, 413, 414) (A442) Ação alimentada Massa (A411)	[++] (kg, dm ³) Identifica as dimensões de capacidade disponíveis para fornecer os elementos
					(A213) Declividade Resistência à penetração (A224) Dimensões físicas típicas (A251)	
	Subsistemas de processamento (A152) Elementos supridos (A451)	A453 Variedade de elementos	PP, MK	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	Elementos: da planta (A235) do insumo (A241) Número de relações (A444) Variedade de ajustes (A447)	[++] (n) Identifica o número de elementos que podem ser supridos simultaneamente
		A454 Ajuste de intensidade			PP, DP	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa Ensaio de máquina
	A455 Taxas de suprimento		Parâmetros de avaliação (A326) Ajustes (A425, A447) (A445) Faixa de velocidades Capacidades de armazenamento (A452)	[++] (kg/s, dm ³ /s) Identifica a capacidade de suprimento do elemento agrícola em razão do tempo		

Quadro 4.25 - Informações de capacidade de suprimento para a avaliação comparativa.

Esta é constituída por elementos que caracterizam a capacidade da máquina em transportar e/ou fornecer o elemento agrícola a ser processado. Deve-se considerar primeiramente os elementos supridos. Em seqüência, as capacidades de armazenamento para cada elemento. A variedade de elementos processados simultaneamente influi sobre a necessidade de componentes adicionais para armazenamento e mistura. Os ajustes de intensidade versam sobre a variedade de ajustes para as taxas de distribuição dos elementos. Por fim, as taxas de suprimento devem ser consideradas em seus valores mínimo e máximo, indicando a capacidade efetiva do conjunto em suprir elementos para o o processo principal.

Outra classe de propriedades, importante à análise das máquinas, se trata da capacidade de processo. As propriedades dessa classe são exibidas no Quadro 4.26.

A46	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Capacidade de processo	Designação ISO 3339 (A121) Subsistemas de processamento (A152)	A461 Princípios de ação	PP, MK, DP	Análise orgânica das máquinas Norma técnica ISO 3339	Descrição do processo (A125) (A442) Ação alimentada	["a"] Identifica os dispositivos dos quais o elemento agrícola sofre ação para a realização de um processo agrícola
	(A112) Espécies de interesse Descrição do processo (A125) (A134) Tempo disponível Capacidade nominal (A143) Princípios de ação (A461)	A462 Número de órgãos ativos	PP, MK, DP	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa Ensaio de máquina (somente A465)	Potência (A433) Torque (A434) Princípios de ação (A461)	[++] (n) Identifica o número de órgãos que realizam a ação sobre o elemento agrícola
		A463 Dimensões dos órgãos			(A123) Elementos processados Resultado esperado (A126)	[++] (mm) Identifica as principais dimensões dos órgãos ativos
		A464 Distância entre órgãos			Elementos (A222) (A235, A241) Espaçamento entre linha (A254)	[++] (mm, m, rad) Identifica a distância básica entre os órgãos ativos de um conjunto de ferramentas
		A465 Capacidade unitária			Parâmetros de avaliação (A326) (A441) Sistema de transmissão (A442) Ação alimentada Dimensões dos órgãos (A463)	[++] (a critério) Identifica a capacidade de processamento de cada órgão ativo
	(A134) Tempo disponível Subsistemas de processamento (A152) Dimensões dos órgãos (A463) Capacidade unitária (A465)	A466 Dimensões úteis	PP, MK, DP	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	Descrição do processo (A125) Dimensões (A412, 413, 414)	[++] (m, m ² , m ³) e submúltiplos Identifica as dimensões úteis que influenciam sobre a capacidade de processamento
					Princípios de ação (A461) Distância entre órgãos (A464)	[++] (m/s, rad/s, km/h, min ⁻¹) Identifica a faixa de velocidades típicas para operar com produtividade adequada
		A467 Velocidades de trabalho			(A444, A445) Velocidades	

Quadro 4.26 - Informações de capacidade de processo para a categoria de avaliação comparativa.

Os princípios de ação, no interesse da avaliação comparativa, devem identificar os tipos de órgãos que agem isoladamente ou em conjunto para processar os elementos agrícolas. Em seguida, devem ser avaliadas as dimensões totais úteis do conjunto de órgãos ativos. Esses órgãos devem ser identificados, quando aplicável, quanto aos seguintes aspectos:

- Capacidade unitária: quanto de produto pode ser processado por cada um;
- Dimensões físicas unitárias: quais as dimensões físicas de cada tipo; e,
- Distâncias: quais as distâncias que existem entre os órgãos.

Em complemento, deve ser avaliada a faixa de velocidades de trabalho com que esses elementos executam a ação pretendida durante a tarefa.

Para concluir a avaliação, deve-se comparar as máquinas existentes quanto às suas características de adequação. A primeira classe que aborda esse grupo de características, a classe de adequação ao processo, aborda a adequação da máquina à tarefa pretendida. As respectivas propriedades estão no Quadro 4.27.

A47	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Adequação ao processo	Descrição do processo (A125) Subsistemas de processamento (A152)	A471 Sistema de processo	PP, DP	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	(A442) Ação alimentada Princípios de ação (A461)	["a"] Identifica o(s) princípio(s) pelo(s) qual(is) o sistema processa o elemento agrícola
		A472 Sistema de suprimento			Elementos supridos (A451) Variedade de elementos (A453)	["a"] Identifica o sistema que fornece energia ou elementos processados para o mecanismo
	(A134) Tempo disponível (A442) Ação alimentada	A473 Forma de alimentação	PP, DP	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	(A421) Graus de liberdade (A441) Sistema de transmissão (A471) Sistema de processo	["a"] Identifica o tipo de energia de conversão secundária que alimenta a ação do mecanismo
	(A471) Sistema de processo (A472) Sistema de suprimento					
	Subsistemas processamento (A152)	A474 Sistema de regulação e ajuste	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa	Reg. e ajuste (A424, 446, 454)	["a"] Identifica os dispositivos de regulação e de ajuste a condições diferenciadas
		A475 Variedade de ajustes			Controle (A335, A336) Segurança (A345, A346)	[++] (n) Identifica o número de posições disponíveis para ajustar o sistema de acoplamento
					Variedade de ajustes (A425, 447, 455) Balanços (A415, A416) Cap. intervenção (A449) (A477) Taxas de suprimento Velocidades (A467)	
	Subsistemas processamento (A152) (A471) Sistema de processo (A472) Sistema de suprimento	A476 Posicionamento da ação	PP, MK	Análise orgânica das máquinas Benchmarking Engenharia reversa Ensaio de máquina	Princípios de ação (A461) Disp. intervenção (A448)	[++] (cm) Descreve a posição da ação da máquina em relação ao elemento transformado
		A477 Qualidade da ação			Parâmetros de avaliação (A326) Sist. regulação e ajuste (A474) Órgãos ativos (A463, A464) Balanços (A415, A416) Cap. intervenção (A449) (A477) Taxas de suprimento Velocidades (A467)	["a"] Descreve o caráter satisfatório da ação realizada quanto ao resultado pretendido

Quadro 4.27 - Informações de adequação ao processo para a categoria de avaliação comparativa.

Primeiramente, é identificado o princípio empregado pela máquina para realizar o processo sobre o elemento agrícola.

A seguir, é identificada a forma de energia que supre a ação do sistema. Também deve ser tratado o sistema que fornece a energia ou os elementos necessários ao processo. Em seqüência, são identificadas as propriedades de sistema de regulação e ajuste, e de variedade de regulagens. Deve ser tratada, por fim, a forma com que a máquina executa a operação, quanto ao posicionamento relativo dos órgãos ativos em relação ao elemento transformado e sua influência na qualidade do resultado obtido.

A classe de adequação ao controle tem por propósito avaliar o grau de controle que é possível sobre a máquina para intervir em seu funcionamento. As respectivas propriedades são exibidas no Quadro 4.28.

A48	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída	
Adequação ao controle	Subsistemas de controle (A152) (A136) Riscos de execução	A481 Sistema de intervenção	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	Dispositivos de intervenção (A448)	["a"] Identifica o sistema que executa as ações de intervenção no funcionamento	
	Subsistemas processamento (A152) Sistemas (A471, A472)	A482 Sistema de processamento				Itens mandatórios (A334) Sistema de reg. e ajuste (A474)	["a"] → [++] (n) Identifica a presença de sistemas de processamento para o auxílio ao controle
						Princípios de ação (A461)	
	(A136) Riscos de execução (A481) Sistema de intervenção Sistema de processamento (A482)	A483 Ações de controle	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	Declividade (A213) Precipitação (A215) Ventos (A217) Campo (A25, todos)	["a"] → [++] (n) Identifica as ações efetuadas para intervir no funcionamento do sistema.	
		A484 Interfaces de controle				Dispositivos de intervenção (A448) Sistema de reg. e ajuste (A474)	["a"] Identifica a forma com que a ação de controle é <i>interpretada e comandada pelo operador</i>
	Ações de controle (A483) Interfaces de controle (A484)	A485 Acesso ao controle	PP, SE	Análise de especialista <i>Benchmarking</i> Normas técnicas	Acesso ao controle (A335)	["a"] → [++] (mm, 0) Identifica a facilidade de acesso com que o operador <i>interpreta e aciona os dispositivos</i>	
		A486 Exigência do controle			Literatura especializada (A131) Elementos operadores	["a"] → [++] (N, s) Identifica o grau de esforço que o operador empreende <i>para interpretar e acionar</i> os dispositivos.	
					Exigência ao controle (A336)		
		A487 Segurança de controle			Acesso ao controle (A485) Segurança de informação (A346)	["a"] Identifica riscos de <i>ações errôneas</i> a partir de <i>informação e/ou acionamento ambíguo</i>	

Quadro 4.28 - Informações de adequação ao controle para a categoria de avaliação comparativa.

Primeiramente, é importante identificar as ações de controle que são efetuadas sobre a máquina ou o subsistema de interesse. Essas ações de controle são realizadas por sistemas de intervenção que devem ser também identificados. A seguir, deve-se analisar se existem dispositivos de processamento em auxílio ao desempenho da ação de controle. Para cada uma delas, é possível desdobrar uma interface de comando e uma interface de informação. Os critérios de análise das interfaces de controle são os seguintes:

- Acesso: se o dispositivo está ao alcance;
- Exigência: esforço necessário para interpretar ou atuar o controle; e,
- Segurança: riscos potenciais de executar ações ou interpretações errôneas, prejudiciais à confiabilidade de funcionamento e à proteção.

A classe de adequação à segurança trata das características das máquinas que são especificadas em favor da segurança de funcionamento e de controle, prevenindo danos aos sistemas e efeitos indesejados ao ambiente e aos operadores. As respectivas propriedades são exibidas no Quadro 4.29.

A49	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Adequação à segurança	(A136) Riscos de execução Solicitações de conversão (A146) Subsistemas de processamento (A152) Subsistemas de conversão (A153)	A491 Segurança da função	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	Obstáculos ao deslocamento (A252) (A334) Itens mandatórios Massa (A411) Capacidade de intervenção (A449)	["a"] → [++] (n, kW) Identifica os dispositivos de manter o funcionamento da máquina à ocorrência de riscos
		A492 Segurança do equipamento				["a"] → [++] (n, kN) Identifica os dispositivos de para prevenir danos ao equipamento , à ocorrência de riscos
	(A131) Elementos operadores (A132) Elementos ambientais Subsistemas de processamento (A152) Subsistemas de conversão (A153)	A493 Segurança do operador	PP, DP, SE	Análise orgânica das máquinas <i>Benchmarking</i> Engenharia reversa	(A344) Itens mandatórios Capacidades de suprimento (A452) Órgãos (A462, A465) Qualidade da ação (A477)	["a"] → [++] (n) Identifica os dispositivos para prevenir danos ao operador , à ocorrência de riscos
		A494 Segurança do ambiente				["a"] → [++] (n) Identifica os dispositivos de para prevenir danos ao ambiente , à ocorrência de riscos
	Segurança (A491, A492), (A493, A494)	A495 Segurança de acesso		Análise de especialista	Segurança de acesso (A345) Acesso ao controle (A485) Segurança de informação (A346) Segurança ao controle (A487)	["a"] Identifica riscos de danos em função do acesso disponível aos órgãos ativos
		A496 Segurança de informação				["a"] Identifica riscos de danos em função da ausência de informações ou de sua ambigüidade

Quadro 4.29 - Informações de adequação ao controle para a categoria de avaliação comparativa.

A propriedade de segurança à função deve descrever os dispositivos de reserva que colaboram para manter um mínimo grau de funcionalidade à ocorrência de falhas. As propriedades de segurança do equipamento, segurança do operador e segurança do ambiente tratam de elementos que colaboram para o isolamento de efeitos indesejados de suas ações. A propriedade de segurança ao acesso indica o grau de restrição ou isolamento empregado para prevenir efeitos indesejados. A propriedade de segurança de informação indica se a máquina apresenta avisos de perigo a partir da ação de peças móveis ou de outros sistemas cujos efeitos podem ser incompatíveis com a integridade humana

A partir da definição das dependências entre as informações da categoria de avaliação comparativa, é possível apresentar um modelo de procedimento para a realização dessa análise, representado na Figura 4.12.

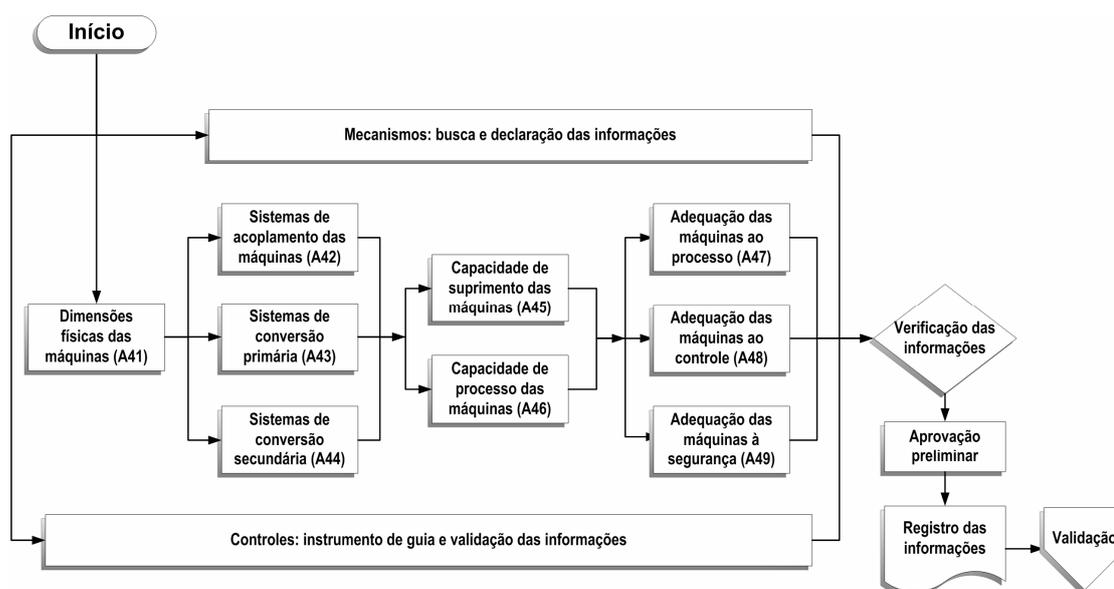


Figura 4.12 – Modelo de procedimento para o a análise comparativa das máquinas existentes.

Inicialmente, avalia-se as dimensões físicas das máquinas existentes. Acoplamento, conversão primária e conversão secundária podem ser trabalhadas simultaneamente por conta do mesmo ponto de vista de análise, relacionado à observação dos meios de transmissão energética. A seguir, usa-se o critério de capacidade para avaliar as classes relacionadas ao suprimento e ao processo. Por fim, faz-se o diagnóstico da adequação das máquinas atuais nos quesitos processo, controle e segurança.

Os mecanismos tratam das técnicas e dos métodos conhecidos, utilizados para a elaboração das informações. Os controles consistem em informações que validam o conteúdo das propriedades elaboradas. Após o levantamento dessa categoria, as informações devem ser verificadas pela equipe envolvida ou por um grupo de responsáveis. Aprovadas no contexto da equipe, elas devem ser registradas. Como esta é a última categoria dos fatores de influência, as respectivas propriedades deverão seguir em conjunto com as informações das demais categorias para que sejam validadas no contexto geral.

4.2.6 Abordagem geral de procedimento

Considerando as dependências encontradas entre as informações, é possível estabelecer um modelo procedural básico para o levantamento dos fatores de influência no projeto. Esse modelo tem por objetivo estabelecer uma abordagem prática para essa atividade, tendo por enfoque a definição de suas tarefas básicas. As propriedades pertinentes a cada classe são desdobrados em acordo com a categoria, após a apresentação da modelagem de tarefa de cada uma. A abordagem para levantar os fatores de influência no projeto é representada pela Figura 4.13

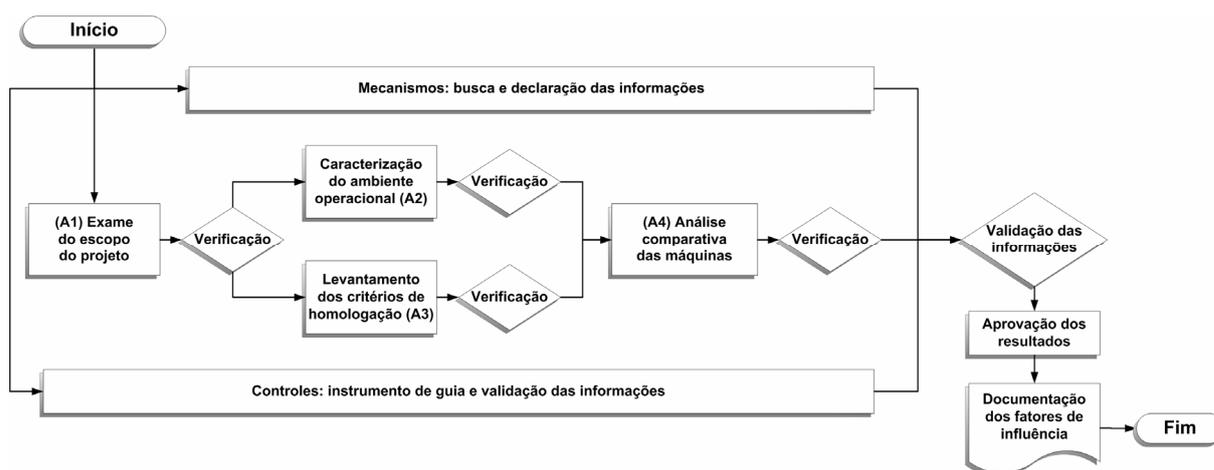


Figura 4.13 – Modelagem geral do levantamento dos fatores de influência no projeto.

Essa modelagem de procedimento tem por objetivo consolidar uma metodologia estruturada para a abordagem sistemática do levantamento dos fatores de influência no projeto.

Tal modelagem, exposta na figura, demonstra de forma geral como deve ser conduzido o levantamento desses fatores. Essas dependências demonstram as informações necessárias, as técnicas usadas e os itens de conferência para o levantamento de cada propriedade para o projeto da MA.

Depois de concluído o levantamento de cada categoria, deve-se verificar os fatores de influência no projeto, de modo que as informações pertinentes sejam consolidadas e possam ser utilizadas para colaborar no levantamento das categorias seguintes. Ao final do processo, as informações devem ser validadas pelos agentes envolvidos na fase de projeção, aprovadas e então incorporadas ao sistema de documentação do projeto, para que sejam recuperadas sempre que necessário ao longo da elaboração do projeto de engenharia da MA.

4.3 Estrutura de funções da MA

4.3.1 Definição global e análise da operação

A definição global da tarefa a ser executada pela máquina no ambiente de operação deve ser realizada considerando primeiramente um conjunto de informações a partir do exame do escopo do projeto. Além dessas, devem ser revistas as especificações de projeto, estabelecidas a partir das necessidades dos clientes. Uma modelagem básica é mostrada na Figura 4.14.

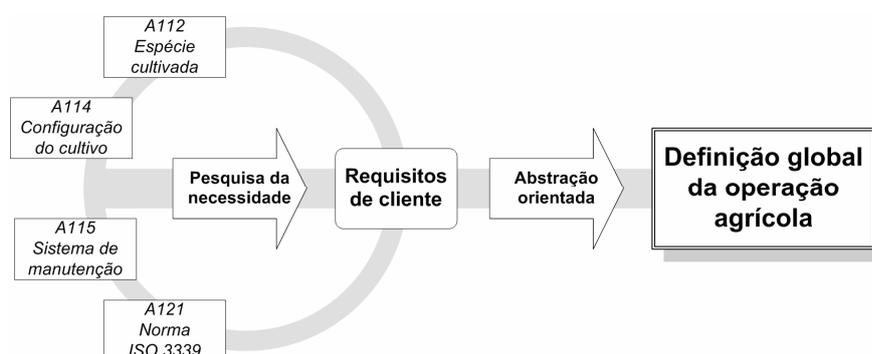


Figura 4.14 - Processo para a definição global da operação agrícola.

Dessa forma, é possível constituir um processo estruturado e sistemático para estabelecer a definição global do processo de execução da tarefa.

Essa tarefa deverá ser analisada como um processo técnico tendo em consideração as operações parciais que fazem cumprir os objetivos de sua execução. Este deve ser modelado a partir dos elementos envolvidos e das operações parciais, desde o seu estado inicial até o estado final.

A composição dos processos em operações parciais deve tomar por base os elementos que constituem o estado inicial, e considerar as transformações feitas para obter os elementos processados que constituem o estado final da operação. Sendo essas operações conhecidas, é importante identificar os elementos que agem para sua realização. Uma modelagem para esse processo é exibida na Figura 4.15.



Figura 4.15 – Modelagem das ações desempenhadas durante o andamento da operação agrícola.

Nesse caso, a cadeia do processo técnico pode ser derivada inicialmente a partir das operações parciais segundo a definição exposta na Figura 2.32, à página 44, para o sistema de execução. Uma abordagem dos sistemas de execução possíveis para operações agrícolas é mostrada na Figura 4.16.

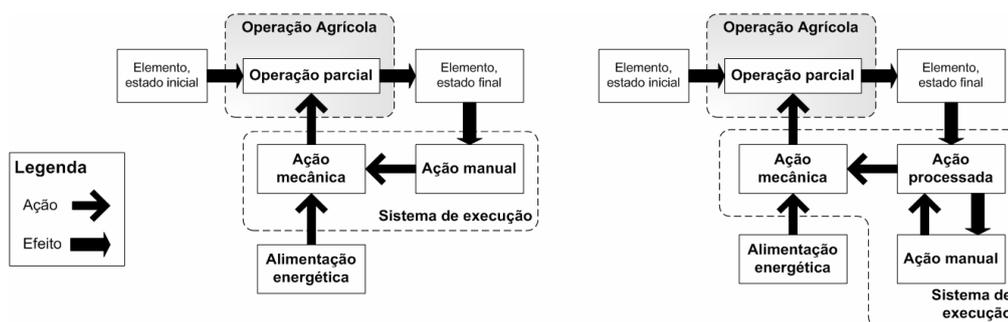


Figura 4.16 – Sistemas de execução possíveis para a realização das operações.

Cada um será composto inicialmente por ações mecânicas em interação direta com os elementos agrícolas, transformando-os para concluir a operação. A seguir, o sistema de execução é definido por ações de entes operadores, como seres humanos e sistemas de informação e gerenciamento.

Tais conhecimentos dão base à primeira classe pertinente à definição funcional, que trata de analisar a tarefa pretendida como um processo técnico. As respectivas propriedades são descritas no Quadro 4.30.

A61	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Análise da operação	Necessidade de execução (A124)	A611 Elementos processados	PP	Análise operacional Análise de especialista	(A111) Mercados pretendidos Espécies de interesse (A112)	Identifica os elementos processados pela máquina em seu <i>estado inicial</i>
	Resultado esperado (A126)	A612 Elementos resultantes			Operação executada (A116) Elementos (A235, A241)	Identifica os elementos processados pela máquina em seu <i>estado final</i>
	(A116) Operação executada Descrição do processo (A125) Subsistemas de processamento (A152)	A613 Operações parciais	PP	Análise operacional Análise de especialista	(A114) Configuração física do cultivo (A115) Sistema de manutenção (A611) Elementos processados (A612) Elementos resultantes	Identifica as operações parciais realizadas pela máquina sobre os elementos, que constituem o processo operacional.
	Subsistemas de processamento (A152) Subsistemas de conversão (A153)	A614 Ações mecânicas	PP, DP, SE	Análise operacional Análise de especialista	(A144) Meios d e conversão (A442) Ação alimentada (A455) Taxas de suprimento Princípios de ação (A461)	Identifica as ações desempenhadas pela <i>máquina</i> para a conclusão da operação
	(A131) Elementos operadores Subsistemas de controle (A154)	A615 Ações de controle			(A334) Itens mandatórios Dispositivos de intervenção (A448) Regulagem e ajuste (A474) (A483) Ações de controle	Identifica as ações desempenhadas pelos <i>agentes operadores</i> para controlar o andamento da operação

Quadro 4.30 - Informações de análise operacional para a categoria de estrutura de funções.

A partir dessas informações, é possível definir como o processo será executado na forma de suas operações parciais e das ações correspondentes, necessárias à sua conclusão.

4.3.2 Declaração da função global

A função global da MA deve ser declarada considerando a definição da operação agrícola (Figura 4.14) como elemento identificador da transformação global. Nesse nível de declaração, ela constitui a totalidade do sistema a ser desenvolvido.

Transpassarão a fronteira do sistema os fluxos de energia, material e sinal definidos a partir das transferências feitas entre os entes externos e o sistema:

- Estados inicial e final dos operandos;
- Fonte de alimentação energética; e,
- Agentes operadores e elementos ambientais;

Essa declaração deve incluir os elementos a processar (estado inicial) e os elementos processados (estado final), como entes externos à função no sentido horizontal, da esquerda para a direita. Além disso, deve incluir os agentes operadores na porção superior à fronteira do sistema, e os elementos ambientais na porção inferior. Uma proposta de representação gráfica é exibida na Figura 4.17.

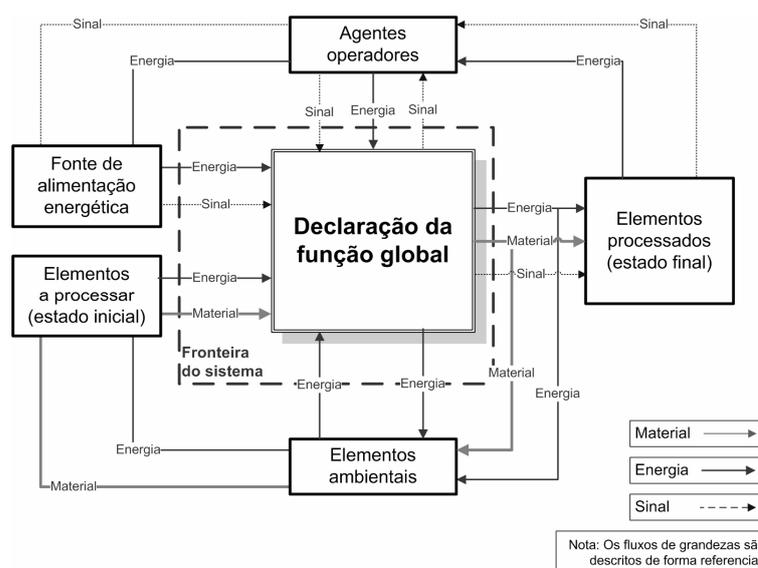


Figura 4.17 – Proposta de modelo de referência para a declaração da função global.

A fonte de alimentação energética deve ser posicionada à esquerda, pois constitui ente que transfere entradas secundárias significativas ao funcionamento do sistema. Os fluxos de grandezas (energia, material e sinal) devem ser considerados entre os entes que compõem a declaração da função global. Estes devem ser identificados em razão das entidades que são processadas pelo sistema, e devem ser considerados de forma individual para cada função a ser declarada. Assim, sugere-se uma abordagem que sintetiza a elaboração da representação gráfica da função global que considera dois eixos: a progressão da transformação pretendida (horizontal) e o eixo de transferência das ações para a execução e controle (vertical).

A segunda classe trata das informações necessárias à declaração da função global da MA. As respectivas propriedades são representadas no Quadro 4.31.

A62	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Função global	(A116) Operação executada Designação ISO 3339 (A121)	A621 Definição global da operação	PP	Abstração orientada	Espécies de interesse (A112) (A115) Sistema de manutenção Requisitos de cliente	Descreve a <i>sentença verbal</i> que denota a <i>transformação realizada</i> pela MA sobre os elementos do cultivo
	Necessidade de execução (A124)	A622 Elementos processados	PP	Análise da operação (A61)	(A124, A611) Elementos processados	Identifica os <i>elementos processados</i> pela máquina em seu <i>estado inicial</i>
	Resultado esperado (A126)	A623 Elementos resultantes	PP		(A126, A612) Elementos resultantes	Identifica os <i>elementos processados</i> pela máquina em seu <i>estado inicial</i>
	(A142) Fonte de alimentação	A624 Fonte de alimentação	PP, DP, SE	Requisitos energéticos (A14)	(A144) Meios de conversão Subsistemas de conversão (A152)	Identifica os meios de <i>alimentação de energia</i> para o funcionamento da máquina
	Subsistemas de conversão (A153)	A625 Elementos operadores	PP, SE, DP	Interferências e limites (A13)	Elementos operadores (A131)	Identifica os <i>elementos</i> que participam na execução da operação com o papel de tomar decisões para seu <i>controle</i>
	(A131) Elementos operadores Subsistemas de controle (A154)	A626 Elementos ambientais			Elementos ambientais (A132)	Identifica os <i>elementos</i> que fazem parte do <i>ambiente operacional</i>, exercendo alguma interferência ou ação indireta

Quadro 4.31 - Informações da função global para a categoria de estrutura de funções.

Tais informações se configuram em propriedades que tratam primeiramente da definição da sentença que exprime a ação global realizada pela máquina para a realização do processo pretendido. A seguir, devem ser definidos os elementos que são diretamente processados pela máquina e a fonte de alimentação energética que propulsiona os órgãos da máquina para sua realização. Por fim são declarados os elementos responsáveis pela operação do processo e aqueles que compõem o ambiente operacional.

4.3.3 Desdobramento da estrutura

A função global deve ser desdobrada a seguir, com a análise do processo técnico. Declarando os elementos processados, a cadeia de operações parciais envolvida no processo e os elementos resultantes, é possível estabelecer o fluxo principal da estrutura de funções. Uma abordagem é representada na Figura 4.18.

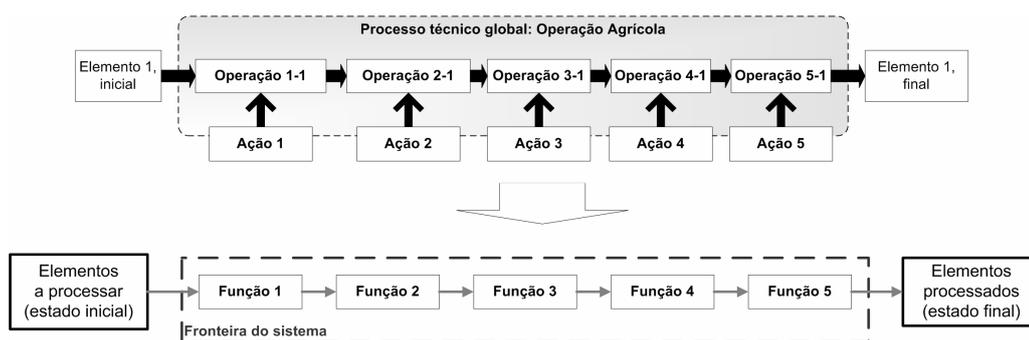


Figura 4.18 – Modelagem do fluxo principal da estrutura de funções a partir do processo técnico.

A terceira classe trata do desdobramento da estrutura de funções, cujas propriedades são descritas no Quadro 4.32.

A63	Entrada	Propriedade	Domínio	Mecanismo	Controle	Saída
Estrutura de funções	Descrição do processo (A125) Subsistemas de processamento (A152)	A631 Fluxo principal	PP	Análise da operação (A61)	Elementos (A611, A612) Operações parciais (A613)	Identifica o fluxo principal da estrutura de funções a partir da transformação realizada sobre os elementos processados
	(A144) Meios de conversão Subsistemas de conversão (A153)	A632 Cadeia de propulsão	PP, DP	Análise funcional Conversão secundária (A44)	(A455) Taxas de suprimento Princípios de ação (A461)	Identifica as cadeias de funções responsáveis pela propulsão das operações parciais do processo
	(A147) Tipos acoplamento Subsistemas de conversão (A153)	A633 Cadeia de acoplamento	PP, DP	Análise funcional Acoplamentos (A42)	(A473) Forma de alimentação (A631) Fluxo principal (A314) Itens mandatórios (A442) Ação alimentada	
	(A625) Elementos operadores Subsistemas de controle (A154)	A634 Cadeia de regulação e controle	PP, DP, SE	Análise funcional Adequação ao controle (A48)	(A334) Itens mandatórios (A483) Ações de controle (A484) Interfaces de controle	Identifica as cadeias de funções responsáveis pelos processos de controle, regulação e ajuste das funções que compõem o sistema
	Subsistemas de conversão (A153)	A635 Cadeia de suporte		Análise funcional Dimensões físicas (A41)	(A115) Sistema de manutenção (A136) Riscos de execução (A21) Clima e ambiente Campo (A25)	Identifica as cadeias de funções responsáveis por suportar o posicionamento relativo entre os órgãos do sistema

Quadro 4.32 - Informações da função global para a categoria de estrutura de funções.

Primeiramente, é definida a cadeia de funções que compõe o fluxo principal. Esta é diretamente derivada das operações parciais que definem o processo.

A seguir, são trabalhadas as cadeias responsáveis pela produção dos tipos de efeitos que auxiliam à realização do processo pretendido: propulsão, acoplamento, regulagem e controle, e suporte. As cadeias auxiliares devem ser organizadas e arranjadas em função do tipo de efeito entregue ao fluxo principal, e da função à qual esse efeito é transmitido. Outro elemento que serve de orientação são as entradas secundárias necessárias à obtenção dos efeitos pretendidos sobre o fluxo principal.

As funções que entregam efeitos de propulsão devem ser posicionadas em proximidade à cadeia principal. Outras funções auxiliares ao processo devem ser arranjadas também em torno do fluxo principal. As funções dos processos que entregam efeitos de controle e regulagem devem permear a representação da estrutura. As cadeias que entregam efeitos de acoplamento e de suporte devem ser posicionadas próximo à fronteira do sistema, nas porções laterais e na inferior, respectivamente. Isso deve ser feito tomando em consideração os elementos que alimentam essas funções ou interagem com elas. É possível sugerir uma ordem das cadeias de funções quanto ao tipo de efeito, como pode ser visto na Figura 4.19.

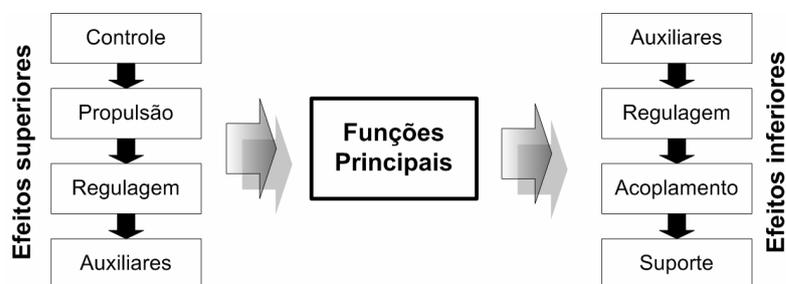


Figura 4.19 – Modelagem das cadeias auxiliares em função dos elementos processados.

Em relação às funções de controle, a função de processamento cumpre o papel do controlador na ação processada. As informações são enviadas para a função de atuação, que comanda a função controlada. Esta última recebe interferências e imprime um efeito controlado sobre o sistema. Na ação humana, ocorre a entrada de um órgão humano na forma de material e energia. O laço se dá entre a função de ajuste e a função ajustada, na forma de energia e sinal. Dessa forma, esta última transforma uma entrada qualquer numa saída controlada. Uma proposta de implementação do controle em laço fechado para a estrutura de funções é representada na Figura 4.20.

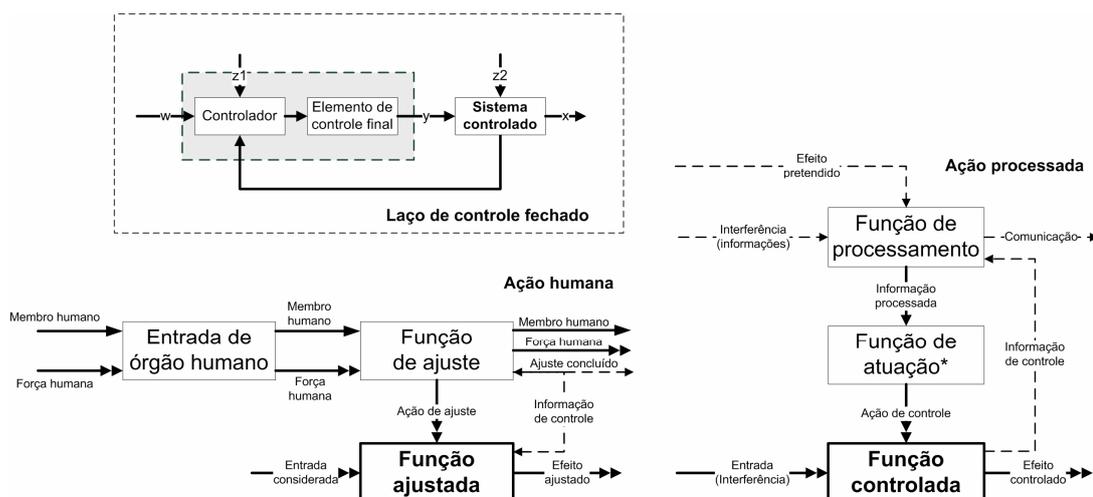


Figura 4.20 – Implementação do laço de controle fechado para as funções de ajuste e controle.

A determinação da localização dos blocos pode ser feita de forma análoga à definição de planilha eletrônica, com letras identificando uma coordenada e números identificando a outra. Um modelo básico para o posicionamento dos blocos identificadores das funções é representado na Figura 4.21.

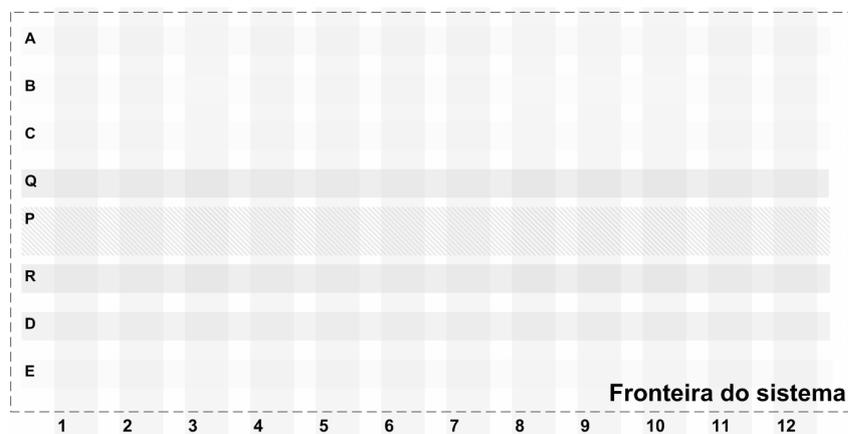


Figura 4.21 – Proposta de modelagem matricial da estrutura de funções.

O posicionamento dos blocos das funções em linhas e colunas identificadas contribui para que se possa lidar com sistemas técnicos de alta complexidade, onde a dificuldade de localizar as funções e elaborar os fluxos de grandezas se torna maior. O fluxo principal e as respectivas funções auxiliares devem ser identificados de forma destacada na cadeia, a partir de designações completamente distintas em relação às outras cadeias, de modo a facilitar a percepção dos fluxos principais.

Uma proposta é representada na Figura 4.22 com o objetivo de constituir um modelo genérico para definir o arranjo dos elementos e das funções na estrutura. A definição das cadeias auxiliares deverá considerar cada função da cadeia principal que necessitar receber outras ações para efetuar a transformação pretendida. Cada função poderá ser alimentada por outras cadeias, em função dos tipos de efeitos auxiliares necessários para cumprir a transformação pretendida. Considerações em especial podem ser feitas quanto ao fluxo das entidades nas cadeias. As cadeias regulagem e controle interagem com os elementos externos na forma de ciclos controle de laço fechado. As cadeias de acoplamento e suporte interagem com os elementos externos mediante o princípio de ação e reação. As demais cadeias do sistema devem ser definidas da mesma forma que o fluxo principal, quanto aos estados inicial e final de seus elementos.

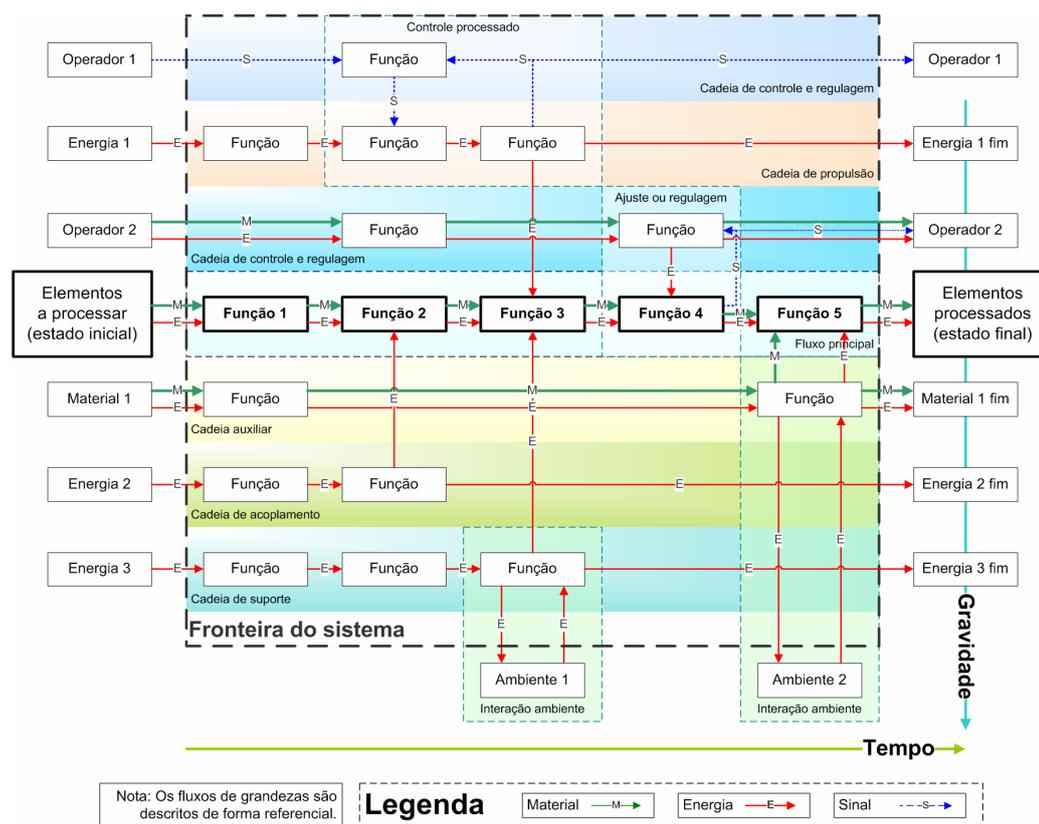


Figura 4.22 – Modelo de representação genérica da estrutura de funções.

O sentido de desdobramento da estrutura deve considerar o caráter temporal das ações na direção horizontal; e dois critérios em conjunto na direção vertical: a ação da gravidade e a ordem dos tipos de efeitos dos processos auxiliares.

4.3.4 Procedimento geral

Tendo em mente as definições apresentadas, é possível propor um modelo procedural para o desdobramento da estrutura de funções, conformado em etapas conforme as classes anteriormente apresentadas. Primeiramente, é feita a análise da operação em processo técnico, considerando os estados inicial e final dos elementos processados, as operações parciais envolvidas e as respectivas ações de intervenção (Figura 4.15). Em seqüência, é declarada a função global do sistema em considerando os agentes envolvidos na tarefa e as interações deles com o sistema na forma de fluxos de energia, material e sinal. Por último, essa função é desdobrada em um fluxo principal e daí para as demais cadeias auxiliares em acordo com a modelagem proposta neste item. As etapas do processo de declaração e desdobramento da estrutura de funções são exibidas na Figura 4.23.

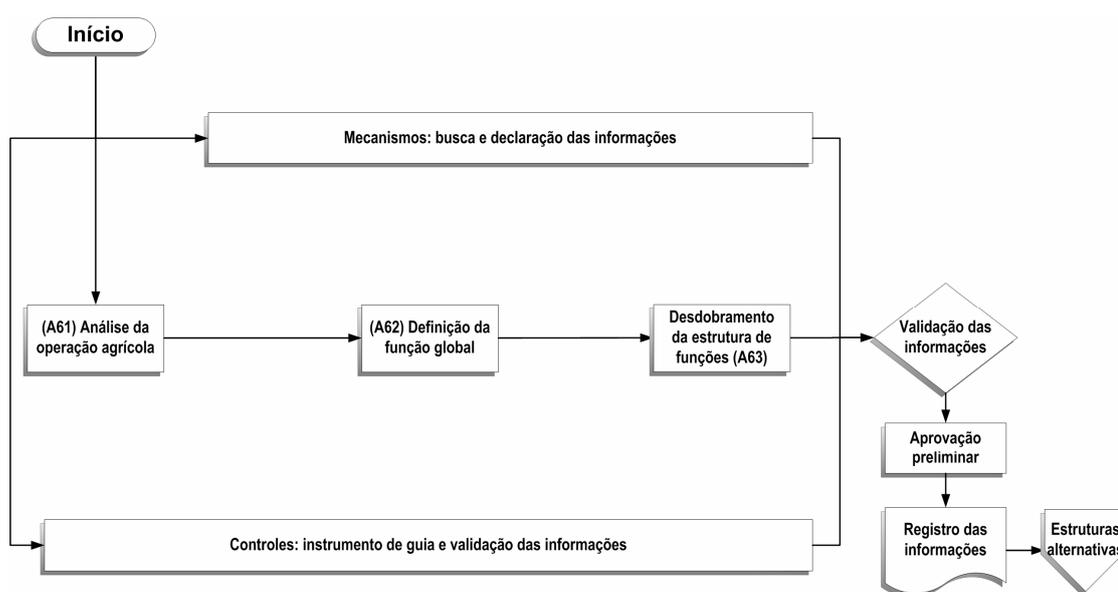


Figura 4.23 – Modelo de procedimento para o desdobramento da estrutura de funções.

Depois de concluído o levantamento de cada categoria, deve-se verificar os fatores de influência no projeto, de modo que as informações pertinentes sejam consolidadas e possam ser utilizadas para colaborar no levantamento das categorias seguintes. Ao final do processo, as informações devem ser validadas pelos agentes envolvidos na fase de projeção, aprovadas e então incorporadas ao sistema de documentação do projeto, para que sejam recuperadas sempre que necessário ao longo da elaboração do projeto de engenharia da MA.

4.4 Considerações complementares

4.4.1 Modelo de fatores de influência

A modelagem dos fatores de influência em conjuntos de classes e propriedades fornece um conjunto de instruções metódicas para o seu levantamento como base para as especificações de projeto. Ao mesmo tempo, propõe abordagens práticas para a realização do processo quanto à elaboração de cada propriedade. Várias delas, podendo ser elaboradas na forma de especificações, podem servir de base para a definição de requisitos de projeto. As propriedades elaboradas na forma de qualidades podem ser armazenadas para a recuperação das informações no projeto da MA. Os nexos entre as informações são explícitos, o que colabora para a rastreabilidade e o gerenciamento das tarefas envolvidas.

A estrutura de funções da MA foi tratada em considerando a abordagem de sistemas técnicos como elemento básico para a execução da tarefa. A modelagem proposta transporta as definições de utilização da MA (operação agrícola) para o seu desenvolvimento, na forma da análise em processo técnico. A declaração da função global toma por base um processo de abstração orientada para a declaração da sentença verbal que simboliza a operação total desempenhada pelo sistema. O desdobramento das funções principais é baseado nos resultados da análise operacional, em relação às operações parciais que o compõem. Cada uma das cadeias auxiliares pode ser desdobrada como um processo técnico auxiliar, em razão dos elementos envolvidos no estado inicial e no estado final, e das operações parciais realizadas para a transformação desses elementos secundários em efeitos para o processamento das ações das funções da cadeia principal.

5.1 Escopo do projeto

5.1.1 Distribuição de fertilizantes

Este documento divulga os resultados obtidos a partir do estudo das funções e dos componentes de um distribuidor centrífugo de fertilizantes. A partir da conclusão de um acordo entre a instituição de filiação do pesquisador e uma empresa fabricante de máquinas agrícolas, o implemento em análise se trata do distribuidor Hércules 10000, cuja apresentação pode ser vista na Figura 5.1.



Figura 5.1 – Distribuidor centrífugo de fertilizantes.

Segundo Márquez (2001), a busca pelo aumento de produtividade dos cultivos agrários se dá na evolução da tecnificação das práticas agrícolas. Uma das maneiras que tem sido utilizada para tal é a distribuição de fertilizantes minerais em grandes quantidades, buscando oferecer às plantas o balanço exato de nutrientes que estas precisam para se desenvolver com o maior vigor possível. Esse processo é executado sempre com o objetivo de fornecer condições adequadas às plantas pelas quais estas ofereçam na colheita os melhores índices de produtividade, e está cada vez menos sujeito aos 'gostos' do momento.

O sistema de cultivo adotado para manter o processo produtivo tem grande influência em definir aspectos da configuração física do implemento. As informações específicas ao distribuidor centrífugo de fertilizantes, relacionadas ao sistema de cultivo em que é adotado, são exibidas no Quadro 5.1.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A11 Sistema de cultivo →→	A111 Mercados pretendidos: Brasil¹⁶	Região sul	RS, Sul e Noroeste SC, PR
		Região sudeste	SP, MG
		Região centro-oeste	MS, MT, GO, TO
		Região nordeste	oeste BA, sul MA, sul PI
	A112 Espécies de interesse	Espécies anuais de grãos	Safras de inverno e de verão: Soja, Milho, Trigo, Arroz, Feijão, Aveia, Cevada, Sorgo, Girassol, Canola, Algodão
	A113 Época de safra	Inverno	Setembro a novembro
		Verão	Sujeitas ao zoneamento agro-climático regional
			Abril a junho
	A114 Configuração física	Cultivo em linha (row-crop)	Plantas de pequeno e médio porte ¹⁷ , espaçamentos pequenos entre linhas e plantas
	A115 Sistema de manutenção	Sistema convencional	Plantio após preparo do solo por inversão e deslocamento, sem cobertura
Cultivo mínimo		Plantio após preparo do solo por cisalhamento, com cobertura;	
Plantio direto		Combinação de preparo superficial e semeadura, com cobertura	
A116 Operação executada	Aplicação e distribuição	Fertilizantes e corretivos minerais em pó, granulados e cristalinos.	

Quadro 5.1 – Sistema de cultivo para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.

Em razão do sistema de comercialização atual do implemento, são abordados apenas os mercados pretendidos do implemento dentro do território brasileiro, cujas atividades agrícolas típicas envolvam o cultivo de espécies anuais para a colheita de grãos. As espécies pretendidas são mostradas na seqüência, e são definidas as possíveis épocas de safra das culturas pretendidas. A configuração física do cultivo para todas as espécies é o cultivo em linha. Os sistemas de manutenção são descritos a partir das condições de plantio e das ações anteriores sobre o solo.

¹⁶ São descritas nesse campo as unidades estaduais do país e as respectivas mesorregiões em razão de sua posição geográfica no território dos estados.

¹⁷ Porte das plantas relacionado ao porte atual da máquina existente

A tarefa desempenhada pela máquina no campo é descrita por último no processo, para a constituição global dos fatores de influência no projeto pertinentes ao sistema de cultivo. Tais elementos constituirão base para a definição de informações importantes em outras classes durante o levantamento dos fatores de influência.

O processo operacional que descreve a aplicação do distribuidor centrífugo é descrito a partir da classificação ISO 3339 da máquina em avaliação. Os elementos processados são abordados em seguida, tratando-se tipicamente de fertilizantes minerais em estado sólido, em pó ou granulados. As informações sobre o processo operacional são descritas no Quadro 5.2.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A12 Processo operacional →→	A121: Designação ISO 3339	Máquinas para a distribuição de água e fertilizantes: máquinas para distribuição de fertilizantes minerais	Classe 05.3, segundo ISO 3339
	A122 Elementos processados	Fertilizantes minerais (KANAFJOSKI, 1972)	Calcário, uréia, compostos N-P-K, fosfatos em geral
	A123 Situação física do processo	Fertilizante é armazenado e processado por entre os órgãos da máquina	Processo interno
	A124 Necessidade de execução	Plantas necessitando de nutrientes para desenvolver-se;	Plantas: com vigor insuficiente
		Fertilizante armazenado em local fixo, distante do campo de cultivo.	Fertilizante depositado em armazéns.
	A125 Descrição do processo	O fertilizante é armazenado e transportado do local fixo até o campo de cultivo,	Uniformidade (longitudinal e transversal) Controle da faixa de dosagem
		No campo, é levado e conduzido para cada elemento de área onde as plantas estão assentadas.	
A126 Resultado esperado	Fertilizante é depositado sobre o solo	Solo incorpora o fertilizante	
	Plantas recebem o fertilizante	Ganham vigor para crescer	

Quadro 5.2 – Processo operacional para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.

A situação física do processo descreve a posição relativa dos processos em relação aos órgãos da máquina. Em seqüência, são abordadas as considerações básicas sobre os elementos e o processo operacional, em razão das ações realizadas pela máquina e dos resultados obtidos sobre os elementos diretamente processados e sobre os elementos de interesse do cultivo que são atendidos pela aplicação.

As interferências e limites consistem dos elementos participantes da tarefa que interferem, direta ou indiretamente, sobre o funcionamento do sistema e a realização da operação em conformidade com as metas estabelecidas. As informações pertinentes são exibidas pela representação do Quadro 5.3.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A13 Interferências e limites → →	A131 Elementos operadores	Ser humano	- Determinar as dosagens de fertilizante aplicadas - Ajustar dimensões de sustentação para o cultivo - Acoplar a máquina a uma fonte de potência
		Sistema de informação e controle ¹⁸	- Processar prescrições de aplicação; - Controlar a taxa de dosagem aplicada
	A132 Elementos ambientais	Solo	- Receber diretamente e incorporar o fertilizante distribuído pela máquina; - Receber solicitações físicas de compressão e cisalhamento a partir do deslocamento da máquina
		Planta	- Processar o fertilizante incorporado ao solo, dele se alimentando para desenvolver-se - Receber efeitos secundários da máquina a partir de interação física em estádios mais avançados
	A133 Época do ano	Inverno	Maior até agosto: inverno ou estação seca - temperaturas menores, menor umidade absoluta
		Verão	Novembro até fevereiro: verão ou estação de chuva - temperaturas maiores, maior umidade absoluta
	A134 Tempo para execução	Estádios prescritos para aplicação de fertilizantes	Ver prescrições agrônômicas específicas à cultura e ao solo, dependendo do fertilizante. Estimativa de tempo disponível para cada aplicação – máximo 2 dias.
	A135 Frequência de execução	Estádios prescritos para aplicação de fertilizantes	Ver prescrições agrônômicas específicas à cultura e ao solo, dependendo do fertilizante. Estimativa de frequência média: 3 vezes por temporada.
	A136 Riscos de execução	Perda de fertilizante	Distribuição do fertilizante não é feita sobre a área pretendida de modo uniforme e completo.
		Torroamento do fertilizante	Ocorre a formação de torrões, que impedem a distribuição uniforme, a partir da agregação de partículas de fertilizante.
		Plastificação do fertilizante	Modificação da consistência física do fertilizante quanto ao ângulo de repouso e à resistência ao cisalhamento em termos de atrito e aderência.
		Segregação do fertilizante	Separação de faixas de fertilizante aplicado em razão das propriedades físicas dos elementos do composto.
Deposição de fertilizante fora da área		Deposição de fertilizante em áreas onde a aplicação da substância implica em contaminação do meio.	
	Desgaste dos componentes	Desgaste dos órgãos da máquina em razão das propriedades abrasivas e/ou corrosivas do composto.	

Quadro 5.3 – Interferências e limites para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.

Primeiramente, são definidos os elementos que podem participar no controle do implemento. A seguir, são abordados os principais elementos ambientais que interagem com a máquina agrícola na execução da tarefa pretendida.

¹⁸ Considerando que o implemento seja equipado com recursos para a distribuição de fertilizantes em taxa variável, através de um sistema VRT (*Variable Rate Technology*). A máquina avaliada pode ser equipada com esse tipo de recurso, embora a unidade estudada não o possuísse à época do estudo.

São apresentadas a seguir estimativas sobre as épocas do ano em que a máquina é utilizada para realizar a tarefa, e também sobre o tempo disponível e a frequência de utilização. Por último, é feita uma análise preliminar dos riscos de execução da operação. Essa análise descreve de forma objetiva os riscos mais freqüentes aos quais a tarefa está sujeita. São definidos os riscos em função de fenômenos que podem acontecer com o fertilizante e com a máquina.

Os requisitos energéticos descrevem as condições e as características que definem o fornecimento da energia necessária para que a máquina execute a operação pretendida. As informações pertinentes são mostradas no Quadro 5.4.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A14 Requisitos energéticos →→	A141 Autonomia de operação	É capaz de realizar as ações pretendidas	Transforma energia para alimentar o movimento das órgãos envolvidos na distribuição do insumo.
		Não é autônoma quanto à energia fornecida	Necessita de fonte de energia externa para converter em movimento útil ao funcionamento dos órgãos.
	A142 Fonte de alimentação	Motor a combustão interna	Fornecer energia mecânica para o movimento das partes.
	A143 Capacidade nominal	60 a 90 kW	Necessita dessa potência para transportar, conduzir e distribuir o fertilizante.
	A144 Meios de conversão	Energia mecânica	Fornecer movimento para o transporte e a ação das partes móveis da máquina.
		Energia hidráulica	Fornecer movimento para o a ação e o controle das partes móveis da máquina.
	A145 Regimes de conversão	Utilização	2 a 18 horas diárias.
		Operação	Até 2 dias de operação por vez.
		Intervalos	De 1 a 3 meses entre operações.
	A146 Solicitações de conversão	Órgãos ativos	Carregamento na transmissão aos órgãos tem pouca variação e média intensidade, com exceção dos eventos de risco sobre o fertilizante.
		Transporte	Elevada variação e choques, elevada intensidade, em razão de irregularidades induzidas pelo terreno e pela variação de potência do trator em relação à carga transportada.
		Controle	Regime intermitente, eventos de interesse relacionados ao acionamento e desacionamento de dispositivos.
	A147 Tipos de acoplamento	Tomada de potência	Transmite energia mecânica para acionar os órgãos ativos
		Barra de tração	Transmite energia mecânica para o transporte da máquina.
Sistema hidráulico		Transmite energia hidráulica para efetuar as ações de controle.	
Barramento de informação (nota de rodapé nº 18)		Transmite sinais de informação para a comunicação de ações processadas.	

Quadro 5.4 – Requisitos energéticos para a definição do escopo do distribuidor de fertilizantes.

Primeiramente, são abordados os critérios que definem a autonomia de operação da máquina para realizar a operação pretendida. Dois critérios são usados para este item: a capacidade que a máquina tem de realizar as ações pretendidas sobre os elementos agrícolas e o caráter de fornecimento de energia para a realização das ações, se é próprio ou se é tirado de fonte externa. Em segundo lugar, é identificada a fonte de energia e o tipo de energia que é convertida em sua origem para dar movimento às partes.

Essa fonte de alimentação é descrita em termos de sua capacidade nominal e os propósitos de emprego dessa capacidade. A seguir, são descritos os meios de transmissão para alimentar as ações do equipamento, considerando os tipos de energia fornecidos. A seguir, é feita uma estimativa dos regimes de conversão de energia, em razão dos períodos de utilização da máquina ao longo de sua vida útil.

Esses períodos são descritos a partir da consideração de três critérios: horas de utilização para cada aplicação; dias de utilização para cada operação no processo de cultivo; e intervalos entre operações no processo de cultivo, em meses.

São descritas as prováveis solicitações de conversão, de forma qualitativa, em função das principais ações alimentadas da máquina. Neste caso, são considerados os órgãos ativos, os elementos de transporte e os elementos de controle. Os tipos de acoplamento são definidos em função das ligações necessárias ao implemento com outras máquinas para o controle de todas as ações realizadas.

Os subsistemas da máquina devem ser abordados a partir da estrutura de decomposição do produto ilustrada na Figura 5.2.

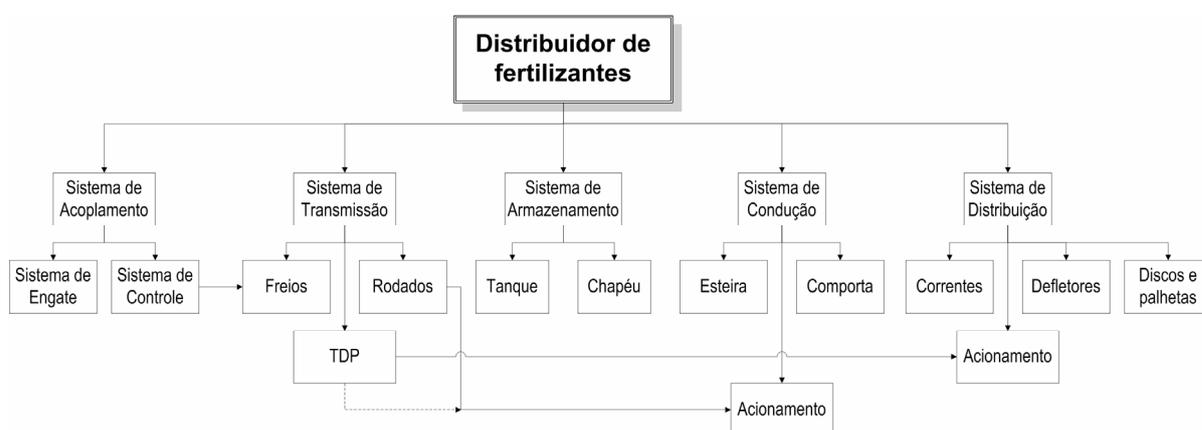


Figura 5.2 – Estrutura de decomposição parcial do distribuidor de fertilizantes.

Conforme a estrutura, os subsistemas básicos são desdobrados a partir do propósito principal no primeiro nível, e em razão dos órgãos principais no segundo nível. Todos os subsistemas são identificados conforme o papel que desempenham para a execução completa da operação pretendida. As informações relacionadas são exibidas no Quadro 5.5.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição	
A15 Subsistemas →→	A151 Elemento raiz	Distribuidor de fertilizantes	Designação do conjunto total de componentes da máquina	
	A152 Subsistemas de processamento	Tanque		Armazena o fertilizante a distribuir
		Chapéu		Distribui a pressão do fertilizante sobre o órgão de transporte interno (esteira)
		Esteira		Realiza o transporte interno do fertilizante até os órgãos de lançamento
		Comporta		Determina a taxa de vazão de fertilizante para os órgãos de lançamento
		Correntes		Desagregam os torrões de fertilizante eventualmente formados
		Defletores		Direcionam as partículas de fertilizante para entrega aos órgãos de lançamento
		Discos e palhetas		Lançam o fertilizante da posição da máquina até o solo em uma faixa de trabalho
	A153 Subsistemas de conversão	Sistema de engate		Faz o vínculo físico da máquina com a fonte de potência para o deslocamento
		Tomada de potência		Constitui o vínculo físico com a fonte de potência para a transmissão de movimento aos órgãos móveis
		Rodados		Constituem os elementos responsáveis pela sustentação da máquina e pelos graus de liberdade de deslocamento
		Acionamento de Condução		Aciona o movimento da esteira
		Acionamento de Distribuição		Aciona os órgãos de distribuição
	A154 Subsistemas de controle	Sistema de controle		Controla a trajetória da máquina
		Freios*		Intervém sobre o deslocamento. *Não fazem parte do equipamento avaliado
		Comporta		Controla a abertura da comporta, regulando a taxa de vazão de insumo
		Esteira		Ajusta a relação de velocidade da esteira para regular a taxa de dosagem do insumo
		Discos e palhetas		Regulam as dimensões relacionadas ao lançamento do fertilizante

Quadro 5.5 – Subsistemas para o exame do escopo do distribuidor de fertilizantes.

Os subsistemas de processamento são derivados dos órgãos que agem diretamente sobre o fertilizante, transformando-o de forma a concluir os objetivos da operação. Os subsistemas de conversão alimentam as ações que necessitam de movimento relativo entre componentes ou de vínculo físico. Os subsistemas de controle têm papel que possuem de intervir nas ações de processamento e de conversão para ajustar a conclusão adequada das ações pretendidas da máquina.

As informações de tipologia de projeto não serão revisadas nesta análise, pois se trata de reconhecer as características de projeto de uma máquina existente.

5.2 Características do ambiente operacional

5.2.1 Elementos do ambiente de cultivo

O sistema de cultivo, caracterizado na primeira parte, estabelece as informações iniciais que caracterizam o ambiente em que a MA realiza a tarefa. Exemplos de sistemas de cultivo diferenciados são mostrados na Figura 5.3. Na verdade, o ambiente operacional compreende as características do ambiente que participam na operação executada. Assim, impõem interferências ou impedimentos que determinam a necessidade de adaptar a configuração construtiva da máquina.

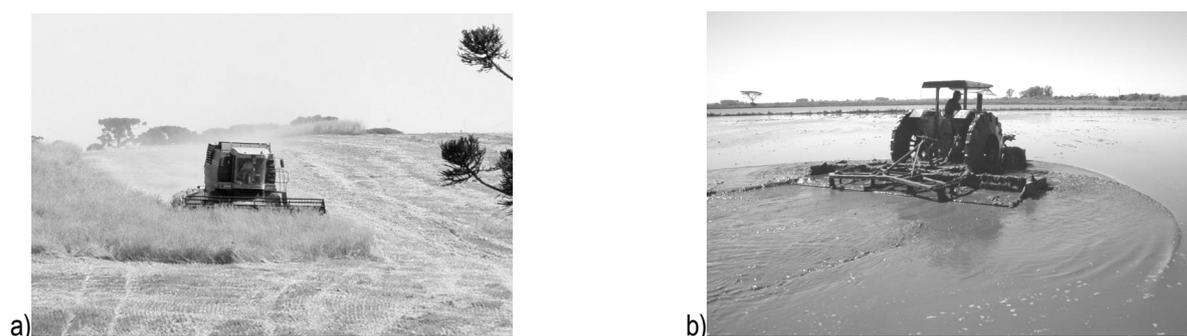


Figura 5.3 – (a) Colheita de aveia e (b) preparo do campo em arroz irrigado. (COOPLANTIO, 2006)

Várias das características do ambiente operacional definem as prescrições necessárias para o manejo das culturas para obter índices aceitáveis de produtividade. Tais prescrições, em função das operações determinadas, dos tratamentos aconselhados e dos parâmetros específicos, determinam várias das necessidades que norteiam a validação do projeto da MA.

Isso acontece em razão de sua influência sobre a percepção do cliente de utilização quanto à qualidade do desempenho operacional da máquina. É possível que algumas características do ambiente não sejam preenchidas, em razão das considerações particulares do estudo realizado e das capacidades disponíveis à execução da releitura das informações.

As características de clima e ambiente versam sobre os elementos de clima e geografia que podem influenciar no desempenho da máquina na tarefa pretendida. Os parâmetros considerados são exibidos no Quadro 5.6.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A21 Clima e Ambiente →→	A211 Posição global	Faixa de latitudes	Zero grau (linha do equador) até 33° (extremo sul).
		Faixa de longitudes	34° Oeste até 60° Oeste.
	A212 Altitude	Faixa de altitudes	Nível do mar (aprox. 10m) até 1200m de altitude. Pode determinar o nível de densidade do ar.
	A213 Declividade	Intensidade média do declive em campo	Até 10% à direita e à esquerda Até 25% em sentido longitudinal (Sul do país). Até 5% em qualquer direção (Centro-Oeste e Nordeste do Brasil)
	A214 Temperatura	Faixa de temperaturas para utilização	Desde 5°C até 40°C. (estimados) Indicam a temperatura ambiente de operação.
	A215 Precipitação	Faixa de precipitações médias anuais	Desde 1100mm até 2800mm anuais (valores estimados). Indicam o risco de ocorrência de precipitações durante a distribuição de fertilizantes.
	A216 Umidade relativa	Faixa de umidades relativas para uso	Desde 5% até 85% de umidade relativa (estimado). Indicam a possibilidade de haver interações higroscópicas com o fertilizante aplicado.
A217 Ventos	Faixa de velocidades dos ventos para uso	Até 25 km/h (estimado). Indicam a possibilidade de acontecer deriva no lançamento do fertilizante.	

Quadro 5.6 – Propriedades do clima e do ambiente na classe de ambiente operacional.

A posição global é representada a partir das faixas de latitude e de longitude que compreendem os locais dos mercados pretendidos. A altitude é tratada a partir da faixa de altitudes compreendida nos territórios dos mercados pretendidos. A declividade indica as características prováveis de ondulação do relevo típico dos campos de cultivo. A temperatura indica a faixa de temperaturas do ambiente de operação durante a distribuição de fertilizantes. A precipitação e a umidade relativa indicam os riscos de interação da máquina com a água, em suspensão no ar ou precipitada. Os ventos indicam, para o caso do distribuidor centrífugo, o risco de ocorrência de deriva durante o lançamento do fertilizante ao solo. Quase todas as características são estimadas na forma de faixas e valores médios. Muitas das informações, neste caso acabam por ser estimadas a partir de conhecimento tácito.

As propriedades que caracterizam a classe de solo, como influência no projeto do distribuidor centrífugo, são exibidos no Quadro 5.7. Num projeto real, é necessário agregar recursos humanos e de conhecimento que permitam conhecer essas características ao menos em relação aos valores típicos encontrados.

Classe	Propriedade	Descrição	Informação
A22 Solo →→	A221 Classe do solo	Latossolos	Norte do RS, PR, SP, GO, MS, MT, TO
		Terra roxa	Porções do PR, SP
		Neossolos	Centro RS, SC, PR, SP, MS, MT, MA, BA
		Planossolos	Centro-sul RS, Sul SC
	A222 Elementos básicos	Areia	Concentrações variáveis de acordo com os locais de análise. Valores típicos podem ser encontrados na literatura.
		Argila	
		Silte	
	A223 Umidade relativa típica	Concentração de água no solo	Variável em acordo com as características pluviométricas de cada local – precipitação e déficit hídrico.
	A224 Resistência à penetração	0 a 10 cm	Variável em acordo com o tipo de solo e o sistema de cultivo. Necessidade de realizar penetrometria em áreas consideradas típicas para o uso da máquina.
		10 a 20 cm	
		20 a 40 cm	
	A225 Elementos de cobertura	Sistema convencional	Não há matéria seca vegetal em quantidade relevante.
		Cultivo mínimo ou plantio direto	Espécies cultivadas para adubação verde (Milheto, nabo forrageiro, aveia, outras), ou espécies da temporada anterior.
A226 Massa de cobertura	Convencional	Não há.	
	Cult. Mínimo/PD	500kg até 10t de matéria seca por hectare.	
A227 Relevo superficial	Índice de regularidade: até 10cm	Dependente de análise por perfilometria, somado à composição e à umidade relativa do solo. Indica a possibilidade de choques na estrutura durante o deslocamento da máquina	

Quadro 5.7 – Caracterização do solo no ambiente de operação do distribuidor de fertilizantes.

A propriedade classe de solo relaciona as classes genéricas mais comuns encontradas no território brasileiro. Os elementos básicos do solo e suas respectivas concentrações são sujeitos ao tipo de solo e também às características históricas geográficas. Tais características podem ser levantadas a partir de iniciativas de busca de informações em autoridades competentes. A umidade relativa típica e a resistência à penetração são parâmetros característicos do solo sujeitos a uma série de variações em função das circunstâncias geográficas e climáticas envolvidas. Esses dados devem ser levantados experimentalmente em áreas consideradas típicas, que tenham características semelhantes às dos locais que constituem mercados pretendidos.

Os elementos de cobertura são sujeitos ao sistema agrônomico adotado para a manutenção dos cultivos. Os sistemas de cultivo mínimo e de plantio direto se caracterizam pela utilização de cobertura vegetal a partir de espécies de adubação verde ou de espécies cultivadas em temporada anterior, dentro de um sistema de rotação de culturas. A faixa de massas de cobertura estimada encontra-se entre 500 quilos e 10 toneladas de massa vegetal por hectare.

O relevo superficial se trata de uma propriedade importante para a trafegabilidade das máquinas nos cultivos. As irregularidades superficiais podem impor choques sobre a estrutura e os acoplamentos da máquina em deslocamento nos campos de cultivo. Um valor típico estimado é declarado na planilha.

A caracterização da planta é de interesse para o projeto de distribuidores de fertilizantes por conta de algumas características particulares. A totalidade das propriedades dessa classe objetiva descrever a planta de uma forma genérica para todas as máquinas. No caso dos distribuidores de fertilizantes, são abordadas as propriedades consideradas mais importantes para a definição da tarefa pretendida. As informações pertinentes são exibidas no Quadro 5.8.

Classe	Propriedade	Descrição	Informação
A23 Planta →→	A231 Estádio fenológico	Pré-plantio	O solo possui apenas restos culturais da temporada anterior
		Germinação	As plantas foram recém-semeadas ou já germinaram, estando no início do desenvolvimento
		Reprodução	As plantas já desenvolveram sua constituição física e morfológica, encontrando-se em reprodução
	A232 Morfologia geral	Pequeno porte	Caule mais fino, maior número de folhas, textura mais fina,
		Médio porte	Caule grosseiro, menor número de folhas, textura grosseira
	A233 Dimensões físicas	Pequeno porte	Menor altura, maior largura em proporção ao espaçamento
Médio porte		Maior altura, menor largura em proporção ao espaçamento	

Quadro 5.8 – Caracterização da planta no ambiente de operação do distribuidor de fertilizantes.

Os estádios fenológicos possíveis para aplicação possuem designação particular em acordo com a cultura. Em razão disso, adotou-se três momentos básicos em que pode ser realizada a aplicação de fertilizantes como estimativa inicial dos momentos em que há necessidade da operação. A determinação dos estádios reais para aplicação de fertilizantes depende do zoneamento agroclimático para um ano em particular e de prescrições agronômicas específicas.

Por conta disso, os estádios devem ser representados utilizando uma abordagem genérica, sujeita a adaptações em acordo com as práticas costumeiras dos mercados pretendidos. A morfologia geral das plantas é caracterizada de forma genérica em dois tipos básicos: as plantas de pequeno porte, mais franzinas, maior número de folhas e textura superficial mais fina (soja, trigo, aveia); e, as plantas de médio porte, que apresentam mais altas, menor número de folhas, menor largura dos pés e textura superficial mais grossa (milho).

O mesmo critério é utilizado para as dimensões físicas básicas das plantas, em relação à altura e à proporção da largura ocupada em relação ao espaçamento de costume. As propriedades físicas e os elementos processados não são mencionados por indisponibilidade dos dados ou por que as informações não são aplicáveis.

A classe de insumo é particularmente importante para o caso do distribuidor de fertilizantes. Isso se dá porque a tarefa desempenhada envolve o armazenamento, o transporte e o processamento de um elemento físico artificial. Esse elemento tem características próprias e deve ser caracterizado para verificar que influência existe sobre o funcionamento da máquina a partir delas. As propriedades relativas ao insumo são mostradas no Quadro 5.9.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A24 Insumo →→	A241 Elementos básicos	Calcários	Fertilizantes típicos utilizados para aplicação de nutrientes sólidos sobre as plantas cultivadas. Podem ser encontrados de forma isolada ou em misturas, dependendo da prescrição agrônômica específica ou da necessidade do cultivo. Características gerais apresentadas em acordo com KANAFOJSKI (1972) e HOFSTEE (1992). Composição e caracterização detalhadas devem ser analisadas individualmente mediante dados dos fabricantes ou análises de laboratório
		Uréia	
		Fósforo e fosfatos	
		Nitrogênio	
		Potássio	
	A242 Densidade do composto	Densidade bruta dos compostos aplicados	Variação estimada entre 800 e 2000 kg/m ³ .
	A243 Grau de mistura	Frações mássicas dos componentes do fertilizante	Deve ser avaliada para cada produto disponível no mercado, não foi possível caracterizar esta propriedade para a pesquisa.
	A244 Outras propriedades específicas	Forma típica	Pós – formadores ou não de névoa, granulados e cristalinos.
		Higroscopicidade	Tendência a absorver água, baixa a muito alta.
		Ângulo de repouso	25° (composto de fosforita) até 50° (sais de potássio), varia de acordo com o composto.
		Coeficiente fricção	Contra superfícies em aço: 0,5 (clorato de potássio) até 1,0 (sais de potássio)
		Coeficiente aerodinâmico	Coeficiente de atrito da partícula de fertilizante com o ar, não estimado.
		Coef. de restituição	Razão de velocidades das partículas antes e após a ocorrência de eventos de impacto, não estimado.
		Tamanho torrões	7,5 mm (fosfato granulado, solto) até 60 mm (sais de potássio, compactado), varia com o composto.
		Diâmetro mínimo de escoamento	15 mm (fosfato granulado) até 320 mm (sais de potássio), varia com o composto.
		Granulometria	Diâmetro médio geométrico do grão (mm).
		Uniformidade	Desvio padrão de tamanho entre os grãos (mm).
Segregação		Diferença entre densidades (kg/m ³) e diferença de tamanhos de grão (mm) dos elementos.	
Desagregação		Força com a qual o produto se desintegra (N).	
Corrosividade	Substâncias corrosivas na composição (%).		
Faixas de dosagem	Faixas de dosagem de fertilizante requeridas pelas plantas (kg/ha) – ver prescrição agrônômica.		
Número de fertilizantes	Quantidade de compostos fertilizantes diferentes utilizada por temporada – ver prescrição agrônômica.		

Quadro 5.9 – Caracterização do insumo para o distribuidor de fertilizantes.

As propriedades relativas ao insumo são apenas declaradas em termos das medidas pelas quais podem ser avaliadas. Os valores específicos não são declarados ou estimados em razão da complexidade e da variabilidade de características particulares em função de cada composto. Vários parâmetros do modelo não são possíveis de quantificar sem que haja uma análise mais detalhada das propriedades físicas dos fertilizantes. A caracterização de tais propriedades no projeto de distribuidores de fertilizantes permite a seleção e o dimensionamento dos materiais utilizados para os componentes de forma mais adequada. Torna-se possível então empregar a abordagem de menor custo mediante o reconhecimento claro das condições de utilização da máquina.

A classe de campo trata especificamente da infra-estrutura disponível para o assentamento dos cultivos onde a máquina deverá trafegar para distribuir o insumo agrícola sobre o campo de cultivo. As propriedades dessa classe tratam de características específicas da infra-estrutura física dos locais onde as espécies são cultivadas. A classe é exibida no Quadro 5.10.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A25 Campo →→	A251 Dimensões físicas típicas	Área cultivada	Até 1200 ha por talhão nas regiões Sul e Sudeste do Brasil; até 5000 ha por talhão nas regiões Centro-Oeste e Nordeste.
		Comprimento	Varia de acordo com a área: utilizar ferramentas de informação geográfica em áreas consideradas típicas.
		Largura	Varia com a área: verificar informações geográficas.
	A252 Obstáculos ao deslocamento	Altura: Obras civis	Pórticos, rede elétrica, viadutos, portões de entrada em galpões, entre outros.
		Largura: Vias de trânsito	Estradas onde há circulação freqüente de veículos civis e/ou fiscalização dos órgãos competentes.
		Comprimento: Cabeceiras e balizas	Restrições de área disponível para manobras nos locais de cultivo e/ou benfeitorias da propriedade.
	A253 Medida dos obstáculos	Altura	Até 3,50 m (estimado).
		Largura	Até 3,20 m (com autorização, estimado).
		Comprimento	Até 10 m (estimado).
	A254 Espaçamento entre linhas	Varia de acordo com a cultura	Ver prescrições agrônomicas específicas para melhores informações. Estimativa de faixa típica de valores entre 50 cm e 1,5 m.
	A255 Curvatura de trajetória da linha	Raio de trajetória da máquina tangenciando o deslocamento	Varia de acordo com a geometria da área: utilizar ferramentas de informação geográfica e de agricultura de precisão em áreas típicas.
	A256 Dimensões de cabeceira	Largura da faixa disponível para manobra das máquinas	Varia de acordo com a geometria da área: utilizar ferramentas de informação geográfica e de agricultura de precisão em áreas típicas. Estimativa de 5 m para a realização de manobra para inversão do sentido.

Quadro 5.10 – Caracterização do campo para a operação do distribuidor de fertilizantes.

As características abordadas para a classe de campo são primeiramente declaradas para as dimensões físicas típicas dos talhões que constituem as áreas onde são assentadas as plantas e por onde a máquina trafega para realizar a operação de distribuir fertilizantes.

Várias das características requerem o uso de ferramentas de informação geográfica para sua abordagem quantitativa. Os valores sugeridos, onde exibidos, possuem o caráter de prognóstico em função de conhecimento tácito. A estimativa ou o estabelecimento de valores estão sujeitos ao conhecimento e ao entendimento disponível à equipe a respeito do problema. A seguir, são feitas estimativas sobre as características e as medidas básicas dos possíveis obstáculos ao deslocamento da máquina. Em seqüência, são definidas as características das áreas onde a máquina trafega, como o espaçamento entre linhas e a curvatura de trajetória. A descrição das propriedades de campo encerra com a caracterização das dimensões de cabeceira.

A classe de acoplamento é caracterizada como elemento ambiental para o caso do distribuidor de fertilizantes, conforme mostra o Quadro 5.11.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A26 Acoplamento →→	A261 Graus de liberdade	Rotação	Transmissão de movimento: rotação.
		Translação	Transmissão de movimento: translação.
		Vazão de fluido	Transmissão de deslocamento por fluido.
	A262 Capacidade de trabalho	Rotação	Velocidade, de 540 a 1000 rpm.
		Translação	Capacidade nominal, de 60 a 100 kW, vinculada ao rendimento de tração com patinamento de até 15%.
		Vazão de fluido	Mínimo, 40 dm ³ /min a 150 bar.
	A263 Alimentação energética	Rotação	Tomada de potência, energia mecânica.
		Translação	Barra de tração, energia mecânica.
		Vazão de fluido	Sistema hidráulico, energia hidráulica.

Quadro 5.11 – Propriedades do acoplamento da máquina no ambiente operacional.

Isto é feito para este caso porque o objeto de estudo é uma máquina movida, não-autônoma. Por isso, as propriedades específicas devem ser caracterizadas. Os graus de liberdade consistem nos tipos de movimento transmitidos pelos acoplamentos. Para cada grau de liberdade, é considerado: a capacidade de trabalho necessária à execução do trabalho em campo; e, o tipo de elemento que transmite energia para o deslocamento das suas partes, em vistas à conclusão da tarefa.

5.3 Critérios de homologação

5.3.1 Introdução

Os critérios de homologação da máquina agrícola se constituem de disposições específicas contidas em normas. Trata-se de documentos reconhecidos publicamente, que determinam os padrões de qualidade necessários à configuração da MA.

As normas técnicas de interesse para as dimensões físicas e acoplamentos são exibidas na representação do Quadro 5.12. Tais dispositivos discorrem sobre requisitos dimensionais que devem ser atendidos pela MA para sua homologação.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A31 Dimensões físicas e acoplamentos →→	A311 Origem da norma	Suíça	Abrangência internacional.
	A312 Organização emissora	ISO	International Standardization Organization (Organização de Padronização Internacional).
	A313 Norma declarante	ISO 500-1	Tratores agrícolas: Tomadas de potência tipos 1, 2 e 3: Especificações gerais, requisitos de segurança e dimensões, de escudos e de zonas de folga.
		ISO 5696	Máquinas agrícolas – reservatórios: Altura de carga manual.
		ISO 5699	Máquinas agrícolas, implementos e equipamentos: Dimensões para carregamento mecânico a granel.
ISO 6489-3		Veículos agrícolas – conexões entre veículos tratores e implementos de arrasto: Barra de tração.	

Quadro 5.12 – Dimensões físicas para a homologação do distribuidor de fertilizantes.

A origem da norma é descrita em função do país onde é emitida e de sua abrangência. A organização emissora é descrita a seguir, quanto à sigla de identificação e seu significado. As normas declarantes são identificadas por último.

A classe de adequação ao processo¹⁹ identifica os documentos normativos que estabelecem formas de avaliar o desempenho das máquinas agrícolas. Para o caso do distribuidor centrífugo, a norma ISO 5690/1 define parâmetros de adequação da MA à tarefa pretendida, além de índices mínimos de desempenho. As respectivas informações de interesse para o caso avaliado são declaradas pelo Quadro 5.13.

¹⁹ Na categoria de critérios de homologação, a classe de adequação do processo é a única da qual foi possível verificar instruções específicas para a definição de critérios restritivos ao desempenho e à configuração da MA, por conta de sua disponibilidade no banco de conhecimento acessível ao pesquisador. Agradecimentos à equipe do NEMA/UFMSM pela cessão do documento.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A32 Adequação ao processo →→	A321 Origem da norma	Suíça	Abrangência internacional.
	A322 Organização emissora	ISO	International Standardization Organization (Organização de Padronização Internacional).
	A323 Norma declarante	ISO 5690-1	Equipamentos para a distribuição de fertilizantes – Métodos de teste: Distribuidores de fertilizante em faixas.
		ISO 6720	Máquinas agrícolas – equipamentos para semeadura, distribuição de fertilizantes e aplicação de defensivos: larguras de trabalho recomendadas.
	A324 Ensaio especificado	ISO 5690-1: Teste de desempenho	Propriedades de desempenho para distribuidores de fertilizantes.
	A325 Procedimentos exigidos	Escolha da máquina testada	Seleção em comum acordo entre agência de teste e fabricante do equipamento.
		Teste da máquina com fertilizantes	Realizar teste com três tipos de fertilizante: pós, granulados e cristalinos.
		Caracterização das propriedades físicas do insumo	Tamanho de partícula (solto).
			Densidade a granel.
			Umidade relativa.
		Ângulo de repouso.	
		Abastecimento do tanque	Realizar imediatamente antes do ensaio.
		Execução dos testes	Realizar o ensaio em terreno plano, regular e com superfície rígida, ao ar livre ou sob construção específica.
			Para testes obrigatórios ao ar livre, a velocidade do vento não deve exceder 2 m/s; para testes opcionais, até 7 m/s.
			Adotar medidas para evitar o ricochete das partículas nos locais de deposição.
			Velocidade da TDP deve estar em conformidade à norma ISO 500 (540 ou 1000 rpm) ou atender a condições específicas do fabricante.
	Taxas de aplicação	Realizar o ensaio em deslocamento a velocidade constante. Duas opções de tratamento de velocidade são disponíveis, à escolha do fabricante: 8 km/h e 15 km/h.	
Pós: 600 kg/ha; Granulados: 400 kg/ha; Cristalinos: 150 kg/ha. Para todos, devem também ser avaliadas as quantidades mínima e máxima em acordo com as prescrições agrônômicas correntes.			
Dispositivos de deposição	Contenedores – Dimensões: 1000 mm x 250 mm; profundidade mínima de 150 mm.		
	Evitar ricochete: insertos de contenção com células de 50 mm x 50 mm.		
Testes de uniformidade transversal	Deslocar a máquina à velocidade escolhida com o tanque abastecido em meio-nível.		
	Distribuir cada taxa de dosagem em pelo menos duas repetições, de modo a assegurar um erro máximo de 1% no peso dos contenedores coletados.		
	Testar a distribuição inclinada com a utilização de uma pista de rolamento em um nível 100 mm acima do solo.		
Testes de uniformidade longitudinal	Utilizar fileira simples de contenedores ao largo da faixa de trabalho definida.		
	Distribuir uma única vez para cada tratamento de dosagem.		

Quadro 5.13 – Adequação ao processo para a homologação do distribuidor de fertilizantes.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição	
A32 Adequação ao processo →→ (continuação)	A325 Procedimentos exigidos	Efeito da velocidade	Para dispositivos com acionamento da esteira por roda-terra. Velocidades de 8 km/h ou 15 km/h e velocidade máxima do fabricante.	
		Efeito das irregularidades	Com quantidade limite de 2 toneladas de fertilizante no reservatório. Mandatário para equipamentos de arrasto. Comprimento: 200 mm; Altura: 80 mm; Comprimento da rampa: 250 mm; Largura: maior que os pneus.	
			Rodas do trator não devem passar pelo obstáculo. Ajustar vazão para 0,1 kg/s por metro de largura da faixa de trabalho. Encher o tanque até 2 toneladas de fertilizante.	
			Tomar amostras durante 1 minuto em intervalos regulares. Grau de variação da massa de fertilizante distribuída na direção transversal ao deslocamento da máquina (%). Utilizar histogramas e tomar o menor coeficiente de variação em compatibilidade com a utilização do fertilizante (m).	
		Efeito do nível de fertilizante no reservatório (somente para insumos em pó)	Índice de velocidade à frente	Verificar coeficientes de variação longitudinal em razão da velocidade e das irregularidades (%).
			Coeficiente de variação transversal Largura de trabalho	Teste de taxas de dosagem
		A326 Parâmetros de avaliação		

Quadro 5.13 – Adequação ao processo para a homologação do distribuidor de fertilizantes.

Os documentos normativos que definem diretrizes de adequação da máquina às capacidades de controle são mostrados no Quadro 5.14. A abordagem seguirá o mesmo padrão sugerido para a apresentação das normas de dimensões físicas e acoplamentos.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A33 Adequação ao controle →→	A331 Origem da norma	Suíça	Abrangência internacional.
		Brasil	Abrangência em território brasileiro.
	A332 Organização emissora	ISO	International Standardization Organization (Organização de Padronização Internacional).
		ABNT/NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
	A333 Norma declarante	ISO 3600	Tratores, máquinas agrícolas e florestais, e equipamentos para gramados e jardins: Manuais do operador – conteúdo e apresentação.
		NBR 11379	Símbolos gráficos para máquinas agrícolas – simbologia.

Quadro 5.14 – Adequação ao controle para a homologação do distribuidor de fertilizantes.

Os documentos que estabelecem diretrizes de adequação da máquina às restrições de segurança dos mercados pretendidos são mostrados no Quadro 5.15.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A34 Adequação à segurança →→	A331 Origem da norma	Suíça	Abrangência internacional.
		Brasil	Abrangência em território brasileiro.
	A332 Organização emissora	ISO	International Standardization Organization (Organização de Padronização Internacional).
		ABNT/NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
		NR/MTb	Norma Regulamentadora – Ministério do Trabalho – Governo do Brasil.
	A333 Norma declarante	ISO 4254-1	Máquinas agrícolas – segurança: Requisitos gerais.
		ISO 4254-9	Tratores e máquinas para a agricultura e florestas – segurança: Meios técnicos para garantir a segurança, Parte 9: Equipamentos para plantio e para distribuição de fertilizantes.
		ISO 12140	Máquinas agrícolas – reboques e equipamentos de arrasto – Engates de barra de tração.
		NBR 11380	Tratores e implementos agrícolas: protetor de segurança para eixo cardan – Método.
		NR-31	Norma regulamentadora de segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquíicultura.

Quadro 5.15 – Adequação à segurança para a homologação do distribuidor de fertilizantes.

5.3.2 Conclusão

Essa categoria finaliza o diagnóstico dos critérios de homologação da máquina agrícola. A última categoria a ser diagnosticada é a de análise comparativa das máquinas. Neste caso em particular, esta categoria não será desdobrada, em virtude de se estar analisando uma única máquina.

A análise comparativa das máquinas foi feita de forma qualitativa e visual, comparando as configurações construtivas e os princípios de ação adotados para as máquinas avaliadas. Tal abordagem, simplificada, serviu bem ao propósito de informar o fabricante a respeito do estado atual da tecnologia em distribuidores. Entretanto, não se presta à abordagem detalhada proposta nesse modelo, que toma por base para a avaliação comparativa de máquinas aspectos específicos à configuração física das máquinas que devem ser validados em trabalhos posteriores. A etapa seguinte para a releitura das informações à luz da análise do distribuidor centrífugo é a definição da modelagem de suas funções.

5.4 Desdobramento das funções da MA

O processo de elaboração da estrutura de funções será representado em duas abordagens: a primeira será a modelagem das informações na estrutura de classes e propriedades proposta para o modelo de informações desta dissertação; a segunda será a representação gráfica dessas informações em diagramas apropriados.

A abordagem das funções do distribuidor centrífugo será considerada para o caso específico de funcionamento, que oferece a distribuição de fertilizantes em taxa fixa – a operação é feita em uma única taxa de dosagem.

5.4.1 Definição do processo

A etapa em que será realizado um enfoque mais aprofundado é a análise da tarefa, quanto ao processo através do qual é realizada. Essa tarefa deve ser representada a partir da definição conceitual em uma cadeia de eventos, considerando o processo pelo qual os elementos são processados pela MA em resultado útil.

A tarefa pretendida é descrita de forma global a partir das etapas tratadas no item anterior. As definições obtidas de tais etapas trazem alguns aspectos que influenciam na definição da configuração da MA. Entretanto, é a tarefa pretendida, no campo de cultivo, que irá determinar informações fundamentais para definir o conceito técnico da MA e sua configuração física. Primeiramente, são descritos os elementos que são processados pela máquina, em função de seu estado inicial e de seu estado final. As operações parciais são descritas em função das ações sofridas pelo fertilizante ao longo do processo para seu transporte e sua aplicação ao solo.

Tais operações são revistas quanto às ações mecânicas necessárias para sua conclusão e às ações necessárias para sua regulagem e controle. Essa abordagem da tarefa fornece então informações suficientes para a descrição do processo na forma de um diagrama de processo técnico. É possível então determinar quais são os operandos, quais as operações parciais que fazem parte da transformação global do processo e quais as ações que compõem o seu sistema de execução, na forma de ações mecânicas e ações de controle.

As informações pertinentes à operação são descritas no Quadro 5.16.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição	
A61 Análise da operação →→	A611 Elementos processados	Fertilizantes a aplicar sobre a cultura	Fertilizantes em geral, insumos em pó, granulados e cristalinos, simples e compostos.	
	A612 Elementos resultantes	Fertilizantes aplicados sobre a cultura	Fertilizantes depositados sobre o solo para incorporação e nutrição das plantas.	
	A613 Operações parciais	Armazenamento		O fertilizante é armazenado no reservatório.
		Transporte		O fertilizante é transportado do reservatório para o lançamento ao solo.
		Ajuste de vazão		O fertilizante tem sua vazão ajustada em acordo com a prescrição para a altura.
		Direcionamento		O fertilizante é direcionado ao ponto a partir do qual será lançado.
		Lançamento		O fertilizante é lançado ao solo.
	A614 Ações mecânicas	Armazenamento		O reservatório recebe o efeito de deslocamento a partir da tração da máquina motora.
		Transporte		O fertilizante é transportado a partir da ação do torque transmitido a partir do rolamento.
		Lançamento		O fertilizante é lançado a partir da ação mecânica recebida da tomada de potência.
	A615 Ações de controle	Armazenamento		Verificação do nível de fertilizante disponível no reservatório.
		Ajuste de vazão		O operador ajusta a vazão de fertilizante mediante controle da abertura de saída.
		Transporte		O operador ajusta o transporte de insumo mediante escolha da relação de velocidade.
		Lançamento		O operador regula os órgãos de lançamento para ajustar a largura de trabalho da aplicação (granulados e cristalinos somente).

Quadro 5.16 – Propriedades da análise operacional para a definição funcional do distribuidor.

A análise da tarefa de aplicar fertilizantes na forma de um processo técnico pode então ser representada a partir da modelagem exibida na Figura 5.4.

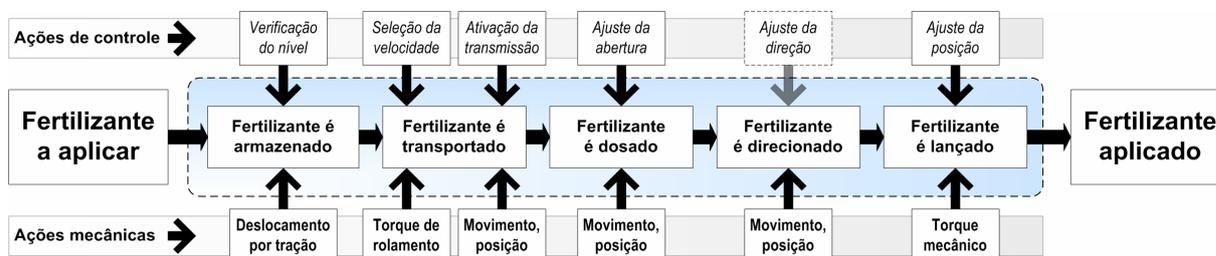


Figura 5.4 – Representação básica do processo técnico de distribuição de fertilizantes.

A ilustração toma por base as considerações da definição conceitual da operação agrícola e coloca informações adicionais importantes.

Aborda-se ali o processo de distribuição do fertilizante em sua representação básica: o elemento processado, as operações e as ações auxiliares. O fertilizante é descrito em função de seus estados inicial e final no processo. As operações parciais mostram as ações que o elemento sofre até que seja concluído o processo.

As ações mecânicas (abaixo, em negrito) são aquelas em que o sistema recebe efeitos para a realização das operações parciais. As ações de controle (acima, em itálico) têm como objetivo ajustar e controlar as ações principais para o alcance dos resultados da operação na forma pretendida. Outras informações pertinentes à definição da operação são relacionadas à definição dos agentes que executam as ações mecânicas e de controle. A representação do processo, considerando esses agentes, é mostrada na Figura 5.5.

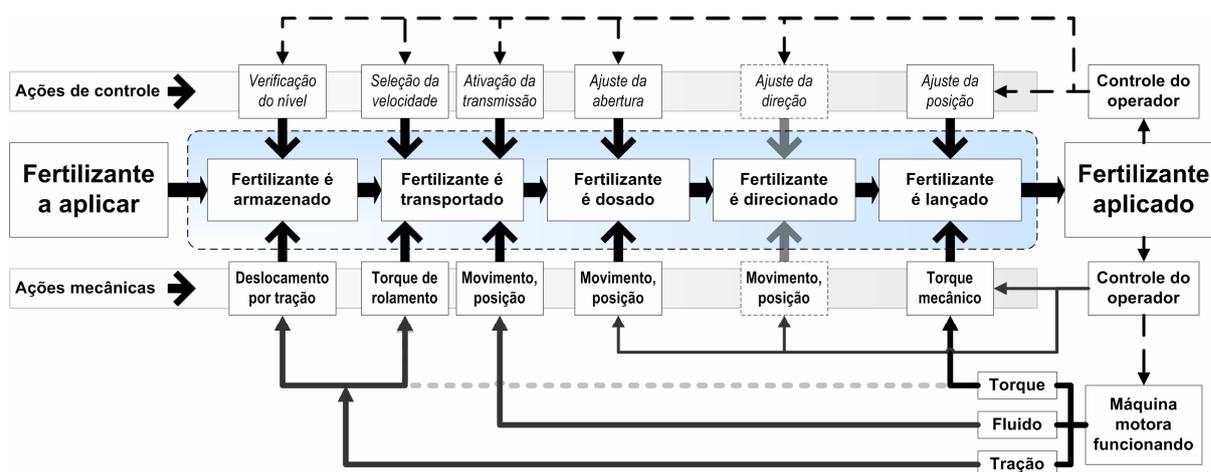


Figura 5.5 – Representação do processo técnico de distribuição de fertilizantes e seus agentes.

Os agentes de controle exercem ações na forma de tomadas de decisão, representadas por linhas tracejadas, e podem também realizar ações de natureza mecânica, representadas por linhas contínuas finas, sobre a cadeia de operações que compõe o processo técnico. Neste caso, o agente de controle é o ser humano encarregado de operar a máquina para executar a operação. Os agentes mecânicos – que executam de fato a ação – são identificados primeiramente na forma de uma máquina motora. Esta máquina motora fornece ações na forma de três entidades básicas: torque, tração e vazão de fluido. A influência dessas três entidades sobre as ações mecânicas do sistema é mostrada na forma de linhas contínuas grossas, considerando a magnitude da energia envolvida.

A declaração de tais ações servirá mais tarde de elemento básico para o desdobramento da estrutura de funções, em função das cadeias auxiliares necessárias à conclusão do processo principal. Considerando o atual processo técnico, é possível ainda distribuir o papel das ações de controle entre o ser humano e um sistema de informação para aplicação de insumos em taxa variável (VRT). Nesse caso, a representação do processo ganha o contorno representado na Figura 5.6.

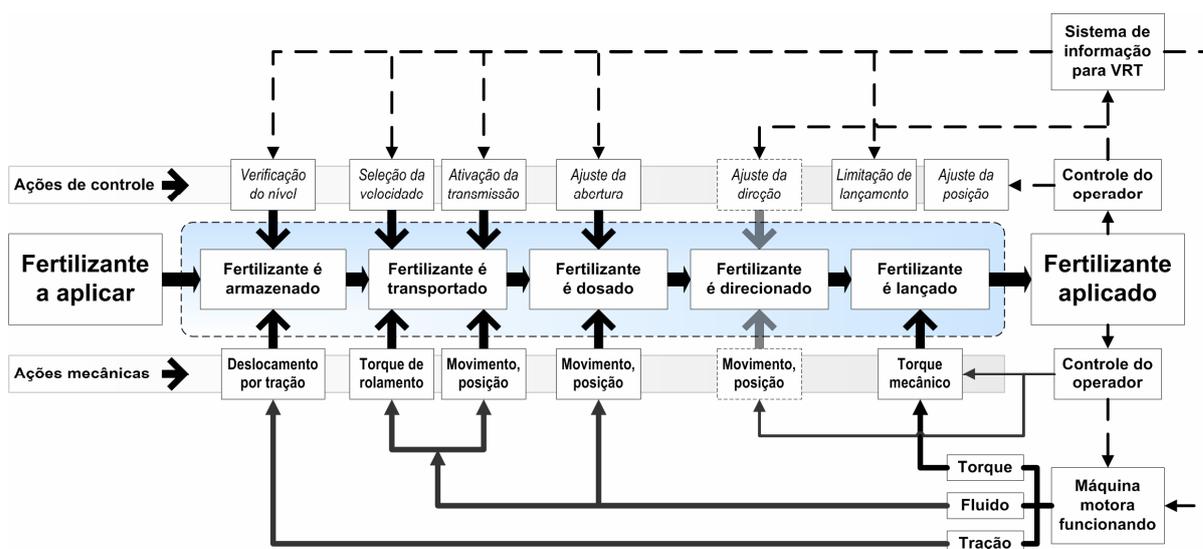


Figura 5.6 – Processo técnico de distribuição de fertilizantes com tecnologia de taxa variável.

O sistema de informação ganha controle sobre as ações de verificação do nível de fertilizante, de seleção da velocidade, de ativação da transmissão, de ajuste da abertura de passagem do fertilizante, e de limitação do lançamento, entre as ações básicas de controle sobre o funcionamento do sistema. Não há, em princípio, quaisquer alterações nas ações mecânicas ou em seu papel sobre o processo. A modificação das ações mecânicas está, no nível de processo, sujeita à presença de novos itens na definição das operações parciais do processo. É possível, com poucas alterações, representar abordagens diferenciadas para representar os agentes operadores do processo, sem alteração significativa sobre a definição das ações auxiliares. Em conjunto com as operações principais, são as ações auxiliares que definem a configuração básica do sistema de execução do processo técnico. Caso não haja modificações significativas sobre a definição dos resultados pretendidos ou sobre a cadeia de operações parciais do sistema, esse conjunto de informações acaba por definir a essência do processo que conclui a tarefa pretendida da MA.

5.4.2 Definição da função global

A função global constitui a declaração da ação total realizada pelo sistema técnico para sua execução, de todos os elementos envolvidos no processo, e das interações entre esses elementos. A definição da função global é considerada em função das informações que definem seus elementos, mostradas no Quadro 5.17.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição	
A62 Função global →→	A621 Definição global da operação	Sentença que declara a ação total da máquina	Distribuir insumos agrícolas sólidos sobre o solo.	
	A622 Elementos processados	Fertilizantes a aplicar	Fertilizantes em geral, insumos em pó, granulados e cristalinos, simples e compostos.	
	A623 Elementos resultantes	Faixa de trabalho	Solo recebe os fertilizantes aplicados em uma faixa de trabalho, onde são depositados os fertilizantes aplicados sobre a cultura.	
	A624 Fonte de alimentação	Máquina motora	Tração	Energia de tração para o deslocamento.
			Torque	Energia de torque para a tomada de potência.
			Fluido	Vazão de fluido para deslocar dispositivos.
			Barramento	Informação para controlar as ações da máquina.
	A625 Agentes de controle	Ser humano	Controla a fonte de potência e ajusta as ações mecânicas realizadas.	
Sistema VRT <i>Variable Rate Technology</i>		Sistema de informação que controla as ações da máquina em posição, intensidade ou magnitude em acordo com prescrições agronômicas localizadas (mapa de aplicação em taxa variável).		
A626 Elementos ambientais	Solo (ambiente)	Recebe a ação física dos elementos de sustentação da máquina.		
	Planta	Sofre ação física secundária dos elementos de sustentação da máquina mediante o deslocamento.		

Quadro 5.17 – Propriedades da função global para a definição funcional do distribuidor.

Neste modelo, são definidos os elementos básicos que devem compor a representação da função global para o distribuidor de fertilizantes. Esses elementos são declarados inicialmente na forma dos constituintes do estado inicial e do estado final da ação processada pelo sistema. São apresentados a seguir os elementos responsáveis pela alimentação de entidades (energia, material e sinal) ao sistema considerado. Logo após, são definidos os elementos responsáveis pelo controle da tarefa em razão dos resultados pretendidos. Finalmente, são descritos os elementos que constituem o ambiente de execução da tarefa, que recebem ações secundárias da máquina. Todos devem ser declarados mediante representação gráfica específica, mostrando as interações entre o processo técnico e o sistema de execução.

A máquina motora fornece energia nas formas hidráulica e mecânica para a execução das ações auxiliares de ordem mecânica, e controla o deslocamento do sistema. O insumo agrícola entra no sistema na forma material armazenado e de energia gravitacional associada à massa do fertilizante. A declaração da função global, considerando inicialmente o caso da máquina estudada, com taxa fixa de distribuição de fertilizantes, é mostrada na Figura 5.7.

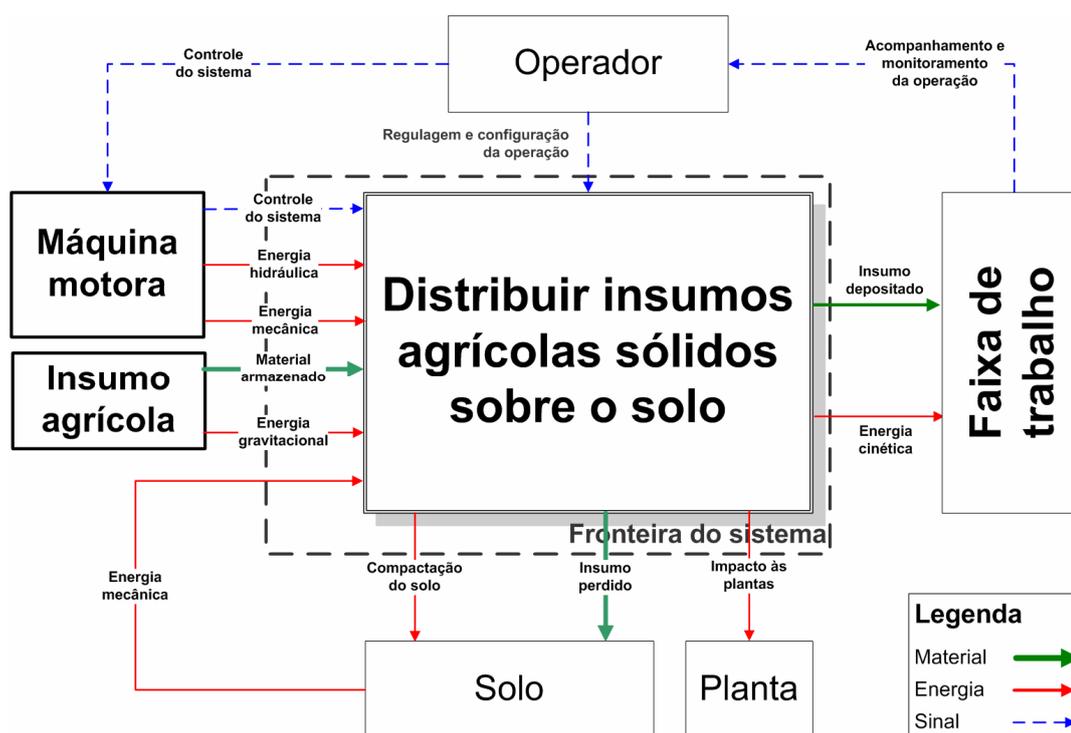


Figura 5.7 – Declaração da função global do distribuidor de fertilizantes, caso de taxa fixa.

O operador exerce ações de controle sobre a fonte de potência, com a máquina em operação, e sobre o sistema propriamente dito, quando parado. Em movimento, avalia o andamento da operação para corrigir conforme necessário. O solo recebe ações de compactação e a planta recebe impactos dos membros da máquina.

Para o caso de taxa variável, o sistema de informação VRT deve ser incluído como agente de controle adicional na declaração da função global. A representação da função é mostrada na Figura 5.8. O controle do sistema se dá também a partir de um barramento de informações, que transmite as decisões de comando a partir do posto de operação principal, localizado a partir da máquina motora. A função global deve incluir os elementos que caracterizam o controle localizado da operação.

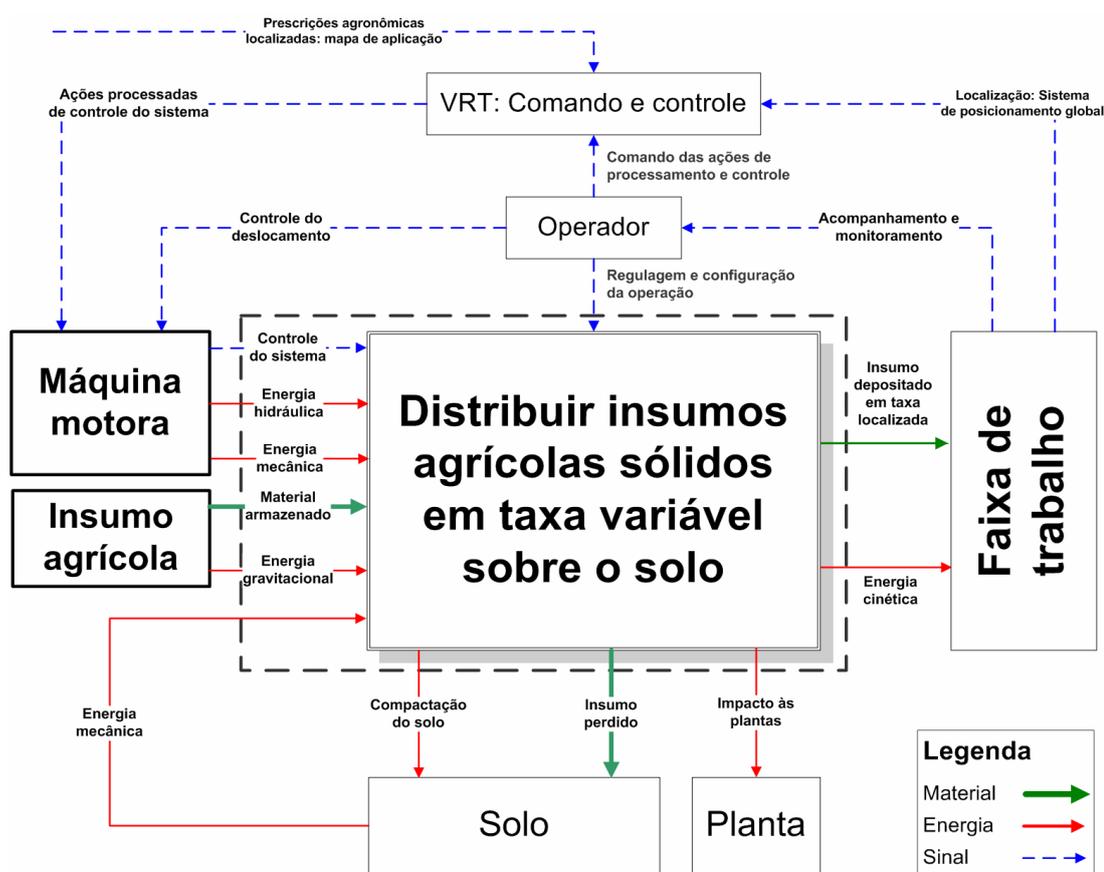


Figura 5.8 – Declaração da função global do distribuidor de fertilizantes, caso de taxa variável.

A diferença dessa segunda declaração para a primeira se trata da presença de um sistema VRT de comando e controle, encarregado do processamento das variáveis de funcionamento da máquina.

Esse processamento é feito ao longo do tempo de operação e controla os dispositivos da máquina em função das prescrições agronômicas localizadas, da posição global do sistema no campo de cultivo e dos comandos do operador. As interações do sistema com os entes representados no eixo horizontal permanecem de forma igual às declaradas para o caso da distribuição de fertilizantes em taxa fixa.

5.4.3 Definição da estrutura de funções

O fluxo principal da estrutura de funções é constituído pelas funções derivadas das operações parciais do processo de aplicação de fertilizantes ao solo, representado na Figura 5.4. A cadeia de operações é reinterpretada em funções cujos efeitos são representados na forma de fluxos de energia, material e sinal.

Tal representação dá significado às operações processadas a partir de sua representação em ações físicas. A interpretação do fluxo principal da estrutura é exibida na Figura 5.9.

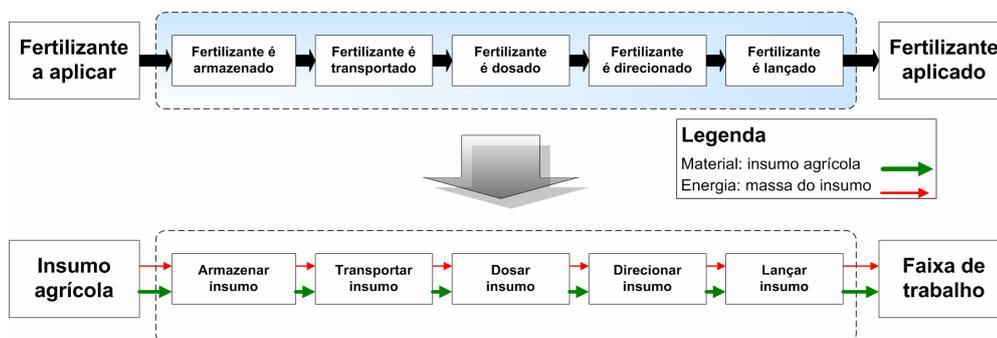


Figura 5.9 – Derivação das funções da cadeia principal a partir das operações parciais.

Tais funções constituem, em uma abordagem inicial as ações físicas parciais que o distribuidor de fertilizantes efetua sobre o insumo agrícola. Entretanto, tal consideração ainda não é completa, em função da provável presença de dispositivos auxiliares à execução dessas ações principais. A definição dos aspectos relacionados a essas ações foi feita através da análise da configuração física do equipamento avaliado. Além dos princípios de ação dedicados à conclusão das ações físicas principais, foram encontrados outros princípios de ação adjacentes, em auxílio à conclusão dessas funções. A cadeia de funções principais é mostrada na Figura 5.10.

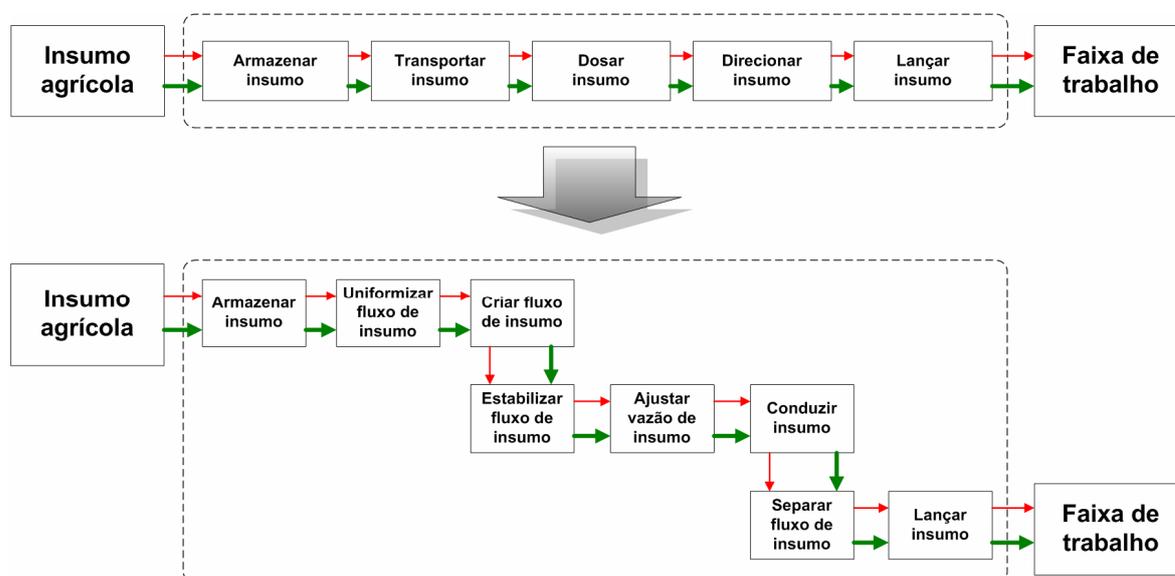


Figura 5.10 – Consolidação das funções da cadeia principal para o distribuidor de fertilizantes.

A definição consolidada das ações físicas que constituem o fluxo principal deve estar acompanhada da consideração de outros efeitos físicos. Tais efeitos podem ser necessários para garantir o funcionamento adequado das funções principais. Essa consolidação da cadeia funcional pode ser necessária para preservar a confiabilidade das ações físicas que seguem; ou para preparar os elementos para que possam ser adequadamente processados pelas ações físicas que seguem.

Neste caso do distribuidor de fertilizantes, a função 'armazenar insumo' passa a ser seguida por uma função de 'uniformizar fluxo de insumo', que trata de restringir o deslocamento de insumo para a esteira, evitando a ocorrência de sobrecarga. A função 'transportar insumo' foi decomposta em duas outras funções: 'criar fluxo de insumo', para iniciar o deslocamento da massa de insumo ao lançamento; e, 'estabilizar fluxo de insumo', que trata de dar suporte físico. A função 'dosar insumo' foi traduzida para a sentença 'ajustar vazão de insumo', de modo a melhorar a expressão funcional em significado físico. A função principal direcionar insumo foi desdobrada em duas ações físicas principais, conduzir insumo e separar fluxo de insumo, reconstituindo o princípio físico do equipamento avaliado. A função 'lançar insumo' permaneceu com a mesma definição. A partir desse ponto, a cadeia principal será arranjada na estrutura de funções de forma linear, em um único sentido.

A partir dessa definição, torna-se possível examinar as ações estabelecidas na representação do processo técnico e considerá-las na forma de cadeias auxiliares para a definição da estrutura de funções. As cadeias auxiliares para a definição da estrutura de funções devem tomar por consideração inicial as ações auxiliares necessárias ao cumprimento das operações principais para a conclusão da distribuição de fertilizantes ao solo.

Outros elementos a ser considerados são os elementos que compõem a declaração da função global da máquina agrícola. Estes contribuem com entradas secundárias que podem auxiliar à realização das ações principais do sistema, representadas na cadeia principal. As cadeias auxiliares devem ser desdobradas a partir dos seus elementos de entrada, declarados na função global e das ações principais às quais são entregues os efeitos pretendidos. As propriedades dessa classe são modelados a partir da designação das cadeias em termos dos elementos envolvidos e das entidades transferidas.

A descrição dessas informações é feita a partir da consideração das ações de suporte ao processo técnico principal e dos seus elementos, exibida na Figura 5.6.

A partir daí, a definição das ações individuais deverá ser feita em considerando o conhecimento tecnológico disponível sobre os princípios de ação envolvidos, particularmente quanto às cadeias relacionadas aos efeitos de acoplamento, suporte e de propulsão. Uma definição inicial dessas cadeias é mostrada no Quadro 5.18.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição	
A63 Estrutura de funções →→	A631 Fluxo principal	Insumo agrícola	Material	Elemento físico processado pelo sistema
			Energia	Energia potencial associada à inércia do elemento e à ação da gravidade
	A632 Cadeia de propulsão	Máquina motora	Energia	Energia para o movimento das partes móveis transmitida por acoplamento de torque
			Sinal	Sinal de ativação ou desativação da transmissão
			Energia	Energia para a ativação de dispositivos da máquina transmitida por vazão de fluido
			Sinal	Sinal de controle dos dispositivos da máquina
	A633 Cadeia de acoplamento	Máquina motora	Energia	Energia para o deslocamento transmitida mediante acoplamento de tração
			Sinal	Sinal de controle da trajetória da máquina
	A634 Cadeia de regulagem e controle	Operador	Energia	Acoplamento da propulsão das partes móveis, montar e desmontar
			Energia	Tração do elemento de transporte de insumo, selecionar relação de velocidade
			Material	Órgãos de condução do insumo, ajustar
			Material	Armazenar insumo, verificar nível
			Material	Vazão de insumo, ajustar abertura
			Material	Largura de trabalho, ajustar
	Energia	Largura de sustentação e altura de lançamento, ajustar		
A635 Cadeia de suporte	Solo	Energia	Sustentar e transportar carga de insumo, associada ao acoplamento de tração	

Quadro 5.18 – Propriedades da estrutura de funções para a definição funcional da MA.

Ainda não é possível, neste momento, realizar uma análise prospectiva a respeito das ações físicas que compõem cada cadeia, a não ser para as funções cujo papel seja de regular ou controlar as ações do sistema.

Conforme pode ser visto, a estrutura de funções ganha uma definição preliminar em termos das cadeias que irão compor sua definição. Duas cadeias para propelir as ações do sistema; uma cadeia para criar vínculos físicos para deslocar o sistema e lhe dar suporte; e sete ações específicas com o papel de regular ou controlar o funcionamento do sistema.

Tendo em mente essas definições, foi feito o exame da configuração física do implemento, com o objetivo de verificar as ações físicas individuais desempenhadas nessas cadeias. Com isso, foi possível desdobrar cada uma dessas cadeias e agrupá-las em conjunto para consolidar a definição da estrutura de funções do distribuidor centrífugo, mostrada na Figura 5.11. A partir de agora, as cadeias podem ser representadas por suas designações em letras e as funções serão definidas em função de seu posicionamento em linha e coluna. As funções sobrepostas de uma mesma cadeia podem ser tratadas acompanhando a designação de linha por um número de seqüência, em função da ordem de leitura da representação gráfica.

Qualquer função pode ser identificada a partir de três informações: a cadeia à qual pertence; a ordem de posição horizontal da função, seguindo a numeração das colunas da estrutura; e, a ordem de posição vertical da função dentro da cadeia. Para este caso, sugere-se uma abordagem de letra-número-número para a identificação individual das funções em sua posição. A cadeia do fluxo principal é mostrada com a letra M. As funções das operações principais são definidas em função das ações físicas do equipamento sobre o insumo. As ações físicas que são alimentadas mediante propulsão são a função M4-1 – ‘criar fluxo de insumo’ – e a função M8-1 – ‘lançar insumo’. As ações físicas do sistema são alimentadas mediante acoplamento e suporte através da concentração das cargas no sistema na cadeia de suporte, a partir da função C4-1 – ‘sustentar carga de insumo’. Tais efeitos são transmitidos para o restante do sistema em direção reversa à apontada pelos fluxos de energia gravitacional a partir da estrutura principal.

As ações das cadeias X, Y, e Z, se tratam das ações de controle e de regulagem realizadas pelos agentes operadores sobre determinadas funções das outras cadeias. No caso de taxa fixa, as ações de regulagem e controle são apenas de origem manual. Para cada uma das cadeias, é possível perceber que os elementos são definidos no estado de entrada, em que alimentam as funções principais, e no estado de saída do sistema. Isso se aplica em qualquer cadeia, seja quando o operador termina a operação de ajuste e/ou regulagem, seja quando uma cadeia de propulsão cede uma parte da energia para o meio ambiente na forma de ruído e calor, ou quando uma cadeia de acoplamento entrega movimento para deslocar o sistema.

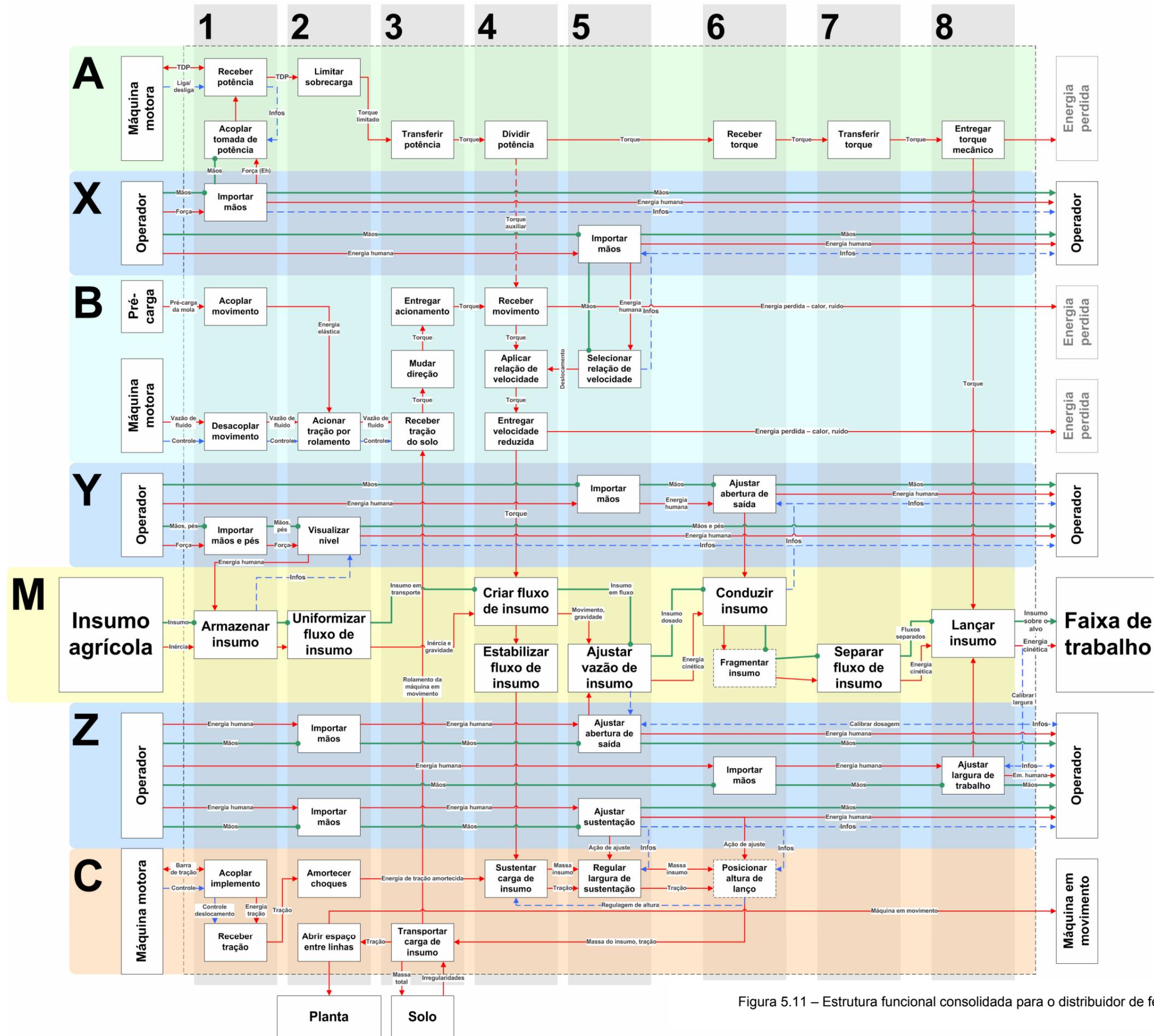


Figura 5.11 – Estrutura funcional consolidada para o distribuidor de fertilizantes.

6.1 Validação dos objetivos

6.1.1 Fatores de influência no projeto

O modelo de classificação dos fatores de influência se compõe de categorias, classes e propriedades. Tais identificações constituem linha-guia para possibilitar aos projetistas traduzir as informações do ambiente do ciclo de vida diretamente para o formato de engenharia, na forma de qualidades ou especificações.

Isso significa que, de acordo com o nível de conhecimento dos agentes envolvidos, se torna possível ‘fotografar’ o estado atual da técnica no ambiente de comercialização e de utilização da MA. Com isso é possível definir especificações de projeto de forma mais específica para as máquinas agrícolas. Considerando o papel do modelo de classes e propriedades na constituição global desta proposta de contribuição teórica, é possível concluir que esse objetivo específico, declarado para a realização da pesquisa, foi atingido. O modelo proposto constitui base referencial para a sistematização das informações que constituem fatores de influência no projeto da MA e para o seu levantamento durante o processo de desenvolvimento.

A definição de classes e de propriedades para o modelo de informação dos fatores de influência possibilitou estabelecer uma rede de dependências que, definidas, possibilitaram estabelecer um modelo de procedimentos para o levantamento dos fatores de influência. Os conjuntos de informações que abrangem classes no modelo foram escolhidos para definir tarefas. Esse modelo de processo possibilita definir que tarefas serão feitas, e quais são as dependências básicas de informações entre elas. É razoável dizer que se trata de uma representação da abordagem funcional dos fatores de influência, para possibilitar a reprodução desse processo em outras práticas de projeto. Atingido esse caráter de reprodutibilidade das tarefas de levantamento, torna-se possível dizer que o segundo objetivo específico definido para esta pesquisa foi atingido.

A definição das propriedades como unidades do modelo, e sua caracterização, se constitui na base fundamental para a sua constituição. As características derivadas a partir de critérios estabelecidos e conhecidos na literatura possibilitaram a proposição de um modelo sistemático que representa as características do meio com razoável completeza. Isso significa dizer que, tanto quanto foi possível a partir do conhecimento reunido, nenhum aspecto importante ao desempenho operacional das máquinas foi deixado de fora na caracterização. Tendo em mente tais considerações, é possível considerar que este objetivo também foi atingido.

6.1.2 Estrutura de funções

O conjunto de conhecimentos propostos para definir a estrutura de funções da máquina agrícola se constitui de dois elementos básicos: o primeiro é a modelagem de classes e propriedades para os elementos básicos da estrutura de funções; o segundo é a modelagem gráfica da representação das etapas que compõem o processo de definição e de desdobramento da função da MA. A abordagem empregada para o arranjo das funções possibilita entender o funcionamento do sistema com base em critérios físicos. A distribuição das cadeias funcionais mediante os tipos de efeitos possibilita definir claramente as ações necessárias ao funcionamento da máquina. Dadas estas considerações, é possível concluir que o objetivo de propor uma modelagem de representação genérica das funções da MA foi atingido, pois a característica básica pela qual qualquer consideração pode ser definida como referencial é a reprodutibilidade.

As cadeias de regulagem e controle se constituem em ações específicas de ajuste e de controle, considerando as características físicas dos elementos e as necessidades de capacidade para o processo executado. Isso permitiu definir representações básicas das ações manuais e das ações processadas no enfoque de representação da estrutura de funções da MA. Foi possível então esclarecer a maneira como as funções de regulagem e controle devem ser agregadas à representação funcional, permeando as ações físicas básicas. Alcançou-se também a possibilidade de reproduzir as ações pelas quais os efeitos pretendidos de regulagem e controle são obtidos.

Isso possibilita empreender o projeto de máquinas agrícolas considerando de forma explícita o controle e a regulagem das ações físicas. Tais propriedades permitem concluir que o objetivo de agregar considerações de controle foi atingido conforme declarado na introdução deste relato.

6.2 Inferências do trabalho

6.2.1 Avaliação dos resultados

A execução deste trabalho envolveu a realização de um esforço exaustivo para constituir uma base de conhecimento satisfatória. A extensão deste trabalho é diretamente influenciada pelas características de complexidade e pelo nível de detalhe envolvido na definição das informações. Ambos os tópicos levantados e elaborados neste trabalho se caracterizam por uma complexidade intrínseca, em razão da quantidade de elementos envolvidos, de características individuais e, principalmente, em razão das interdependências.

É possível que, apesar do esforço empreendido, haja incoerências localizadas nas relações de dependência entre os elementos envolvidos, ou quanto ao caráter de reprodutibilidade da abordagem proposta. Justificam-se essas prováveis falhas em função de características inerentes à reconstituição e à modelagem de processos de solução de problemas, como são os processos de desenvolvimento de produtos em geral e em particular o PDMA. Tais processos podem ser definidos como sendo mal-comportados, pois são muito sensíveis a quaisquer variações ou eventos.

6.2.2 Lições aprendidas

Tais recursos de auxílio aos processos de solução de problemas, consolidados em um ambiente de P&D que reconstitui em certo grau a dinâmica de uma atividade profissional de projeto, ganham melhores chances de constituir contribuições efetivas ao melhoramento das práticas vigentes de projeto. Por isso, ganha grande relevância a abordagem do estudo de caso na realização de trabalhos de pesquisa sobre o desenvolvimento de produtos. Tal abordagem permite constituir informações relevantes à consolidação de abordagens melhoradas para o processo.

Seguindo uma forma ordenada para garantir a evolução e a maturação progressiva do conhecimento envolvido, os trabalhos de pesquisa exploratória, de definição da modelagem e do estudo de caso foram executados de forma concorrente.

Uma das características mais importantes dessa área é a complexidade intrínseca aos processos. Primeiramente representados a partir de parâmetros particulares, os processos em engenharia passam a ser retratados em termos das ações fundamentais desempenhadas para sua conclusão. Assim este trabalho trata as máquinas agrícolas, para reconhecer os elementos que influenciam no desempenho operacional e na elaboração das ações físicas. A maior contribuição que é possível dar nesse campo não serve tanto àqueles que já possuem seus processos de desenvolvimento consolidados. Mas servirá em maior grau às organizações e às pessoas que percebem as carências de seus processos em razão dos elevados custos materiais e financeiros da “era do ferro”.

A complexidade deste trabalho exigiu uma análise exaustiva para consolidar a metodologia, e realizar o estudo de caso. A multidisciplinaridade envolvida na definição de considerações técnicas para o projeto de máquinas agrícolas ultrapassa de forma notável a capacidade de conhecimento de um único profissional. O reconhecimento das limitações técnicas deste estudo motivou a aplicação de rigor técnico na revisão do conhecimento relatado. Face à complexidade inerente ao tema estudado, torna-se fundamental formar mais profissionais com entendimento de projeto agregado à sua formação.

Com isso, guardadas as proporções entre o ambiente de pesquisa e o ambiente de prática de projeto, reproduziu-se neste trabalho o caráter mal-comportado que caracteriza tipicamente os processos de solução de problemas.

6.2.3 Oportunidades futuras

A constituição da presente contribuição como conhecimento relevante à definição do conceito técnico da MA pode ser observada a partir de um ponto de vista pertinente à visão de oportunidades para a realização de trabalhos futuros. Tais oportunidades podem ser definidas em função elementos que compõem os principais resultados desta pesquisa, e das relações destes com outros aspectos do PDMA.

O modelo de informações para os fatores de influência no projeto tem consolidada a sua constituição em razão das unidades de informação envolvidas e das dependências entre elas.

Tal característica induz ao empreendimento de abordagens práticas de pesquisa, para consolidar esta proposta como ferramenta de informação para o PDMA. As oportunidades para este enfoque devem ser detalhadas em função das características das pesquisas.

O modelo de informação dos fatores de influência no projeto é demonstrado em um estudo de caso. É importante colocar que muitos dos dados apresentados nesse estudo são estimados a partir de conhecimento tácito. Por isso, uma *primeira oportunidade* de novas pesquisas quanto aos fatores de influência no projeto é a implementação do modelo para caracterizar os fatores a partir de *conhecimento explícito*. Isso significa empregar métodos estruturados de pesquisa para caracterizar um dado conjunto de fatores que influenciam no projeto de uma MA.

A *segunda oportunidade* está em esclarecer a caracterização das propriedades em informações qualitativas ou quantitativas, no interesse principal de *desdobrar as os fatores de influência em especificações de projeto*. Isso significa consolidar a definição das propriedades quanto às características das informações envolvidas, feita em nível básico neste trabalho.

A *terceira oportunidade* está em implementar o modelo proposto como linha-guia para a avaliação comparativa de máquinas agrícolas existentes, pertencentes a um dado segmento de mercado definido pela operação realizada e pela capacidade disponível. Num trabalho desse tipo, será possível diagnosticar os recursos oferecidos pelo modelo proposto para a avaliação comparativa de máquinas, e sugerir melhoramentos ao modelo proposto em contriubição à sua utilidade.

A *quarta oportunidade* está em realizar novas pesquisas para consolidar a definição da *fase de projeto informacional* do projeto de máquinas agrícolas, em que o processo de levantamento dos fatores de influência apareça em caráter complementar ao processo de definição dos requisitos de cliente. A definição das relações do modelo com as outras atividades do projeto informacional permitirá consolidar o caráter referencial do MR-PDMA para o projeto de máquinas agrícolas.

A definição da estrutura de funções motiva oportunidades para pesquisas futuras, em razão da definição das ações que compõem os processos auxiliares para a execução da cadeia de funções principais. É importante realizar novos trabalhos que permitam aumentar o grau de sistematização do desdobramento da estrutura de funções, garantindo clareza, objetividade e segurança às definições obtidas. É possível verificar novas oportunidades de pesquisa, principalmente no que tange à interpretação da estrutura de funções para o rastreamento das premissas e das tomadas de decisão no projeto. A estrutura de funções constitui fonte de informação fundamental na definição das ações físicas da máquina. Por isso, pode ser objeto de estudo em relação às informações dependentes do conteúdo da estrutura. Tal pesquisa deve fornecer conhecimento relevante a atividades posteriores no PDMA.

Em primeiro lugar, é possível *interpretar a estrutura de funções* para a realização de análises ligadas à segurança e à confiabilidade das máquinas. As informações nela contidas declaram as grandezas que são processadas no sistema. Tais grandezas são descritas na estrutura a partir dos fluxos de energia, material e sinal. Esses fluxos podem ser reconhecidos em razão dos estados de funcionamento possíveis da máquina e então analisados quanto às interações envolvidas. As *considerações de controle* da máquina agrícola, representadas em um enfoque funcional, podem ser relacionadas à definição de requisitos e de critérios básicos de desempenho para diagnosticar a capacidade de adaptação dessas máquinas a diferentes ambientes ou de controle dessas máquinas em função da dispersão dos parâmetros avaliados localmente em agricultura de precisão.

As estruturas de função podem ainda ser desdobradas em informações básicas para o desenvolvimento dos princípios de ação e de sua configuração física. Nesse aspecto em particular, será possível ampliar o escopo de informações rastreadas. Essa extensão do escopo de modelagem consiste em estabelecer nexos de informação, desde os fatores de influência no projeto até a definição da configuração física básica da máquina agrícola. Por fim, outros trabalhos envolvem a *caracterização dinâmica e cinemática* de ações físicas fundamentais desempenhadas pelas máquinas agrícolas, considerando como modelo de abordagem o enfoque descritivo empregado por Kanafojski e Karwowski (1976), ou a implementação de modelos de simulação como realizado por Duhovnik (2004).

6.3 Encerramento

A extensão do relato deste trabalho de pesquisa reflete a complexidade intrínseca dos elementos que constituem o foco de estudo do mesmo, bem como o esforço pessoal deste pesquisador em entregar uma contribuição teórica digna dos melhores esforços da comunidade técnico-científica envolvida em atividades de pesquisa na área de projeto de engenharia. Ambas as características constituem elementos que definem o caráter único desta pesquisa em entregar um marco para o melhoramento e a consolidação do conhecimento técnico para o projeto de máquinas agrícolas, tomando por base as melhores técnicas disponíveis para a realização de processos de solução de problemas em objetos de engenharia.

A criação de tal conhecimento permitirá ao pesquisador atuar de forma objetiva e determinada para dar continuidade ao processo de evolução contínua do bem-estar e da qualidade de vida da humanidade, no que tange aos processos pelos quais os gêneros agrícolas são produzidos. Por fim, a unicidade de cada projeto e o caráter dinâmico inerente à sua realização definirá oportunidades para a realização de novos esforços de pesquisa, pertinentes à busca de alternativas ou à proposição de novas contribuições para a evolução permanente do conhecimento.

ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de Projeto para a Concepção de Máquinas Agrícolas Seguras**. 221p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389p.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à Engenharia Mecânica**. Florianópolis: Editora UFSC, 1996. 272p.

BERIO, G.; VERNADAT, F. New developments in enterprise modeling using CIMOSA. **Computers in Industry**, v. 40, p. 99-114, 1999.

BLOSWICK, D. S.; SESEK, R. Occupational Safety Management and Engineering. In: **Maynard's Industrial Engineering Handbook**. New York: Mc-Graw-Hill, 2004, p. 6.171-6.204.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agronegócio Brasileiro – Uma Oportunidade de Investimentos**. Brasília, 2005. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 25 de outubro de 2005.

_____. **Agricultura em Números – Anuário 2005**. Brasília, 2006. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 05 de outubro de 2006.

CHRISTIANSON, L. L.; ROHRBACH, R. P. **Design in Agricultural Engineering**. St. Joseph: ASABE, 1986. 310p.

COOPERATIVA DOS AGRICULTORES DE PLANTIO DIRETO. **Cooplantio – Galeria de Fotos – Fotos Técnicas - Máquinas**. Disponível online em <<http://www.cooplantio.com.br/?on=galeria&cid=21>> Acesso em 22 de dezembro de 2006.

DA SILVA, H.; PEREIRA, P. A.; LOPES, C. R. Caracterização morfo-agronômica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado, crioulo e melhorado. in: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 1999. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Empraba Arroz e Feijão (Documentos, 99), 1999, p. 75-78.

DE SOUZA, L. F. C. **Prêmio Gerdau Melhores da Terra: 20 anos de história**. Porto Alegre: Grupo Gerdau, 2003. 297p.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de Modelos para a Representação de Produtos no Projeto Conceitual**. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional**. 180p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, 4ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 175p.

HARI, A.; WEISS, M. P. Analysis of Risk and Time to Market during the Conceptual Design of Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, ICED 2003. **Proceedings...** Stockholm: KTH/The Design Society, 2003.

HOFSTEE, J. W. Handling and spreading of fertilizers: part 2, physical properties of fertilizer, measuring methods and data. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 53, p. 141-162, 1992.

HUBKA, V.; ANDREASEN, M. M.; EDER, W. E. **Practical Studies in Systematic Design**. London: Butterworths, 1988. 138p.

HUBKA, V.; EDER, W. E. **Engineering Design: General Procedural Model of Engineering Design**. Zürich: Heurista, 1992. 133p.

HUBKA, V.; EDER, W. E. **Design Science: Introduction to the Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge**. London: Springer-Verlag, 1995. 251p.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **ISO 5690-1: Equipment for distributing fertilizers– Test methods – Full width fertilizer distributors**. Genève: ISO, 1982.

KANAFOJSKI, Cz. Fertilizer distributors. In: BERNACKI, H.; HAMAN, J.; KANAFOJSKI, Cz. **Agricultural Machines: Theory and Construction, Vol. 1**. Warsaw: SPFCC-USDA/USF, 1972. p. 571-618.

KANAFOJSKI, Cz.; KARWOWSKI, T. **Agricultural Machines: Theory and Construction, Vol. 2: Crop-Harvesting Machines**. Warsaw: SPFCC-USDA/USF, 1976. 1043p.

KARRELMeyer, R. Engenharia de Controle. In: BOSCH, ROBERT. **Manual de Tecnologia Automotiva**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 223-227.

KEPNER, R. A.; BAINER, R. BARGER, E. L. **Principles of Farm Machinery**. Connecticut: The Avi Publishing Company, 1972.

KUSIAK, A.; LARSON, N. Decomposition and Representation Methods in Mechanical Design. **ASME Journal of Mechanical Design**, v. 117, p. 17-24, 1995.

MACHADO, O. D. C. **Diagnóstico Técnico da Mecanização na Depressão Central do Rio Grande do Sul**. 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

MALMSTRÖM, J.; P. PIKOSZ; MALMQVIST, J. The complementary roles of IDEF0 and DSM for the modeling of information management processes. **Concurrent Engineering: Research and Applications**, v. 07, n^o 2, p. 95-104, 1999.

MARINI, V. K.; ROMANO, L. N.; DALLMEYER, A. U. *Considerações Fundamentais para a Sistematização dos Fatores de Influência no Projeto da Máquina Agrícola*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006. **Anais...** João Pessoa: UF-Campina Grande/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006a. CD-ROM.

MARINI, V. K.; ROMANO, L. N.; DALLMEYER, A. U. *Conceitos Técnicos para a Modelagem dos Fatores de Influência no Projeto de Máquinas Agrícolas*. In: JORNADA DOS JOVENS PESQUISADORES DA AUGM, 14, 2006. **Anais...** Campinas: Unicamp/Associação das Universidades do Grupo Montevideo, 2006b.

MÁRQUEZ, L. **Maquinaria para preparación del suelo, la implantación de los cultivos y la fertilización**. Madrid: Blake & Helsey Editores, 2001. 495p.

MENEGATTI, F. A. **Desenvolvimento de Sistema de Dosagem de Fertilizantes para Agricultura de Precisão**. 280p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1974. 300p.

_____. **Máquinas Agrícolas: Ensaio e Certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

_____. **O novo consumidor de máquinas**. Folha de São Paulo, São Paulo, 08 set. 1998. Disponível em: <<http://www.radar.com.br/Hecta/Dreport.nsf/0/1ddd71746a4f81cc032566940012b36c?OpenDocument&ExpandSection=1>>. Acesso em: 09 nov. 2005.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY – NIST. **Standard for Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)**. Draft Federal Information Processing Standards Publication – FIPS 183. Gaithersburg, MD, 1993.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang. **Engineering Design: A Systematic Approach, 2nd Edition**. Translated by Ken Wallace, Lucienne Blessing and Frank Bauert. London: Springer-Verlag, 1996.

PINHEIRO, J. R. **Capacitação Tecnológica na Indústria de Máquinas Agrícolas do Rio Grande do Sul**. 98p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. Pennsylvania: Project Management Institute, 2000.

_____. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (PMBOK® Guide)**. Pennsylvania: Project Management Institute, 2004.

ROMANO, L. N. **Uma Proposta de Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Desenvolvimento do Produto: Aplicações na Indústria de Máquinas Agrícolas**. 123p. Proposta de Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. 266p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROMANO, L. N.; BACK, N.; OGLIARI, A.; MARINI, V. K. An introduction to the agricultural machinery development process. **Product: Management and Development**, v. 3, n. 2, p. 109-132, 2005.

ROMANO, L. N. ; BACK, N. ; OGLIARI, A. . Introdução ao processo de projeto integrado de máquinas agrícolas: modelo de referência para a projeção.. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 5, 2005. **Anais...** Concepción : Universidad de Concepción/Facultad de Ingeniería Agrícola, 2006.

STONE, R. B.; WOOD, K.; L.; CRAWFORD, R. H. A heuristic method for identifying modules for product architectures. **Design Studies**, v. 21, p. 5-31, 2000.

SUDDUTH, K. A. Engineering Technologies for Precision Farming. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON AGRICULTURAL MECHANIZATION TECHNOLOGY FOR PRECISION FARMING. **Proceedings...** Suwon: USDA-ARS, 1999. Disponível em <http://www.amesremote.com/education.htm>. Acesso: em 20 de novembro de 2003.

TJALVE, E. **A Short Course in Industrial Design**. London: Newnes-Butterworths, 1979. 207p.

VAN VIE, M. J. **Designing Product Architecture: A Systematic Method**. 227p. Thesis (Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering) – University of Texas, Austin, 2002.

São recursos físicos ou de conhecimento que devem ser utilizados em auxílio à transformação e à elaboração das informações relacionadas às propriedades que compõem os fatores de influência.

A.1.1. Práticas agrícolas

Os mecanismos pertinentes consistem em técnicas utilizadas para determinar ou estabelecer características do campo e/ou das espécies cultivadas, e podem ser divididas em dois conjuntos: as práticas de agrimensura e as práticas agrônômicas. As práticas de agrimensura e georeferenciamento, descritas no **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, servem à caracterização geográfica das áreas cultivadas.

Classe	Propriedades	Descrição
Práticas de agrimensura →→	Agricultura de precisão	Para este modelo, um sistema de informação geográfica especializado para aplicação agrícola, que tem por recurso a avaliação de propriedades do cultivo em caráter geo-referenciado (CLARK E McGUCKIN, 1996).
	Altimetria	Procedimento de medição da altitude pela utilização de dispositivo medidor baseado na diferença de pressão atmosférica entre uma altitude qualquer e o nível do mar
	Análise de mapas	É a prática de analisar informações referenciadas a partir de critérios geográficos e representadas em mapas. Esses documentos podem conter várias informações relacionadas às características dos locais onde a máquina será utilizada.
	GIS: Sistema de Informação Geográfica	É um conjunto de tecnologias de informação e comunicação que permite a avaliação e a consideração de propriedades cuja variação se dá mediante critérios espaciais (CLARK E McGUCKIN, 1996)
	GPS: Sistema de Posicionamento Global	É um sistema de informação geográfica que determina a posição global de um dispositivo qualquer no globo terrestre através do intercâmbio de sinais entre este e uma rede de satélites (CLARK E McGUCKIN, 1996).
	Mapas das áreas	Documentos de caráter geográfico que caracterizam uma área qualquer em dados propriedades, tendo por critério sua posição geográfica.

Quadro A.1 – Mecanismos de prática de agrimensura e georeferenciamento.

As práticas agronômicas consistem em recursos e técnicas utilizados para a caracterização e o acompanhamento dos cultivos, com vistas aos resultados desejados em produtividade e rentabilidade. As descrições das práticas de ordem agronômica são exibidas no Quadro A.2.

Classe	Propriedades	Descrição
Práticas agronômicas →→	Caracterização morfo-agronômica	Caracterização morfológica das plantas em razão de seus elementos físicos, suas respectivas dimensões e propriedades (DA SILVA <i>et al.</i> , 2003).
	Dados meteorológicos	São dados recuperados a partir de sistemas de medição e armazenamento de variáveis da atmosfera e do clima que constituem informações relevantes a respeito do comportamento climático em uma região.
	Estação meteorológica	É uma instalação física que reúne equipamentos de medição, armazenamento e processamento de informações climáticas.
	Etapas do processo de cultivo	Trata-se das etapas típicas pelas quais é realizado o ciclo de produção agrícola. Tais etapas são operações que visam auxiliar ao desenvolvimento das espécies vegetais para produzir gêneros úteis à sociedade (MIALHE, 1974)
	Literatura especializada	Consiste na reunião de conhecimentos a partir de literatura didática especializada no assunto de interesse, tais como: livros técnicos e didáticos; projetos, informes e relatórios de pesquisas;; artigos técnicos e científicos publicados em congressos e periódicos.
	Mapa fenológico	Constitui o conjunto de informações relacionadas às mudanças das propriedades físicas e morfológicas da planta em razão de seu desenvolvimento. As unidades fenológicas (estádios) são caracterizadas a partir da observação das modificações dos propriedades morfológicas da planta ao longo de seu ciclo vital.
	Prescrições agronômicas documentadas	São instruções de caráter agronômico que tratam de práticas, abordagens e considerações particulares a respeito da execução das operações agrícolas, para a produção de uma cultura em condições adaptadas às características do local.
	Zoneamento agro-climático	Trata-se de uma análise prospectiva do provável ciclo de desenvolvimento das plantas ao longo de uma temporada, válida para uma região específica em razão das características climáticas. É feita a partir de prognósticos com base em anos anteriores, tendo por propósito indicar as épocas adequadas de plantio, tratos culturais e colheita.

Quadro A.2 – Mecanismos para o levantamento dos fatores de influência no projeto.

Tais práticas têm como meio de execução dominante o próprio campo de cultivo, sendo que nele acabam por ser coletados dados que virão a ser analisados para embasar as tomadas de decisão no gerenciamento das atividades de produção agrícola. Muitas se tratam da coleta de dados característicos do campo de cultivo. Outras se tratam de técnicas necessárias para as mesmas tarefas.

A.1.2. Práticas e recursos de desenvolvimento de produtos

Essas práticas e recursos consistem em mecanismos associados às práticas necessárias ao desenvolvimento das máquinas. Dois critérios são definidos para agrupar as práticas de características semelhantes: o critério das práticas para o projeto e das práticas para sua administração e gerenciamento.

O critério das práticas de projeto reúne técnicas e ferramentas utilizadas para a pesquisa e a análise em engenharia das máquinas, em relação aos fatores de influência no projeto. As respectivas descrições são mostradas no Quadro A.3.

Classe	Propriedades	Descrição
Práticas de projeto →→	Norma ISO 3339	Trata-se da norma que estabelece a classificação universal das MAs (MÁRQUEZ, 2001)
	Análise de especialista	Consiste em procedimento de análise que é realizado segundo uma soma de conhecimentos tácitos e explícitos que constituem um corpo de conhecimento especializado sobre o tema.
	Análise orgânica das máquinas	Consiste na análise visual da configuração das máquinas agrícolas, e pode ser feita através dos seguintes procedimentos: inspeção estática da máquina no local; e, revisão de documentos técnicos (manuais de operação, listas de peças)
	Análise operacional	Consiste na realização de inspeções dinâmicas da máquina, mediante as seguintes abordagens: demonstrações dinâmicas de funcionamento; acompanhamento de ensaios de desempenho; e, acompanhamento da máquina em regime pleno de operação.
	Análise preliminar de perigos	Se trata de uma metodologia conhecida no ambiente industrial (BLOSWICK E SESEK, 2004) que tem por objetivo direcionar a atividade de projeto em favor da segurança através de quatro passos definidos: (1) Identificar condições perigosas; (2) determinar as causas; (3) determinar os potenciais efeitos; e, (4) estabelecer requisitos iniciais de projeto para eliminar ou controlar esses perigos e seus efeitos.
	Benchmarking	Consiste na comparação entre as máquinas existentes a partir de critérios pré-estabelecidos para o estabelecimento de metas para o conjunto de especificações físicas e técnicas da máquina em desenvolvimento.
	Engenharia reversa	É o estudo detalhado da constituição física de um sistema ou de uma máquina, através da aquisição de uma unidade completa, sua desmontagem e da medição dos respectivos parâmetros dimensionais que são relevantes ao desempenho.
	Ensaio de máquina	Consiste na avaliação de desempenho da MA ou de um grupo de componentes em particular, mediante condições declaradas e/ou controladas e procedimentos definidos a partir de disposições contidas em documentos publicamente reconhecidos como normas técnicas
	Pesquisa de campo	Consiste na visitação, por um ou mais membros da equipe de projeto, a um ou mais locais específicos que representem as prováveis condições de utilização da MA. Os métodos para agregar informações normalmente utilizados se tratam de inspeções, fotografia, entrevistas e questionários.

Quadro A.3 – Mecanismos de práticas de projeto para o desenvolvimento de produtos.

O critério das práticas gerenciais reúne ferramentas, técnicas e abordagens necessárias à condução dos esforços relacionados às atividades de projeto que fazem parte do levantamento dos fatores de influência. As descrições são mostradas no Quadro A.4.

Classe	Propriedades	Descrição
Práticas gerenciais →→	Análise da lacuna de conhecimento	Consiste no diagnóstico feito pela equipe do projeto sobre o nível de conhecimento tecnológico existente a respeito dos meios possíveis para a solução do problema de projeto. Tal diagnóstico influi sobre o estabelecimento das características relacionadas ao caráter de melhoria ou inovação que define a abordagem técnica do projeto (HARI E WEISS, 2003).
	Análise de severidade das falhas	Consiste na análise do grau de prejuízo que pode ser imposto à organização pela ocorrência de insuficiência de desempenho, de falhas funcionais importantes ou de acidentes com prejuízos ao patrimônio ou à vida humana (HARI E WEISS, 2003).
	Estrutura analítica do projeto	É a abordagem pela qual um processo é desdobrado em vários menores, no intuito de decompor a entrega total do projeto em componentes menores até o nível de pacotes de trabalho. Tais pacotes devem ser delegados a unidades organizacionais específicas, de modo a facilitar o gerenciamento do processo, a verificação do resultado e a atribuição de responsabilidades pelas tarefas executadas e resultados entregues. (PMI, 2004)
	Plano estratégico de negócio	Consiste no conjunto de estratégias que a empresa delimita para definir os mercados pretendidos, as oportunidades e as metas pretendidas para o desempenho de suas atividades e seus resultados (ROMANO, 2003)
	Reunião da equipe de desenvolvimento	É o evento em que a equipe de desenvolvimento realiza reunião interna para avaliar o nível de conhecimento tecnológico disponível aos envolvidos e o caráter de severidade da ocorrência de eventuais falhas sobre os resultados.
	Sistema de documentação do projeto	É o conjunto de documentos onde são anexadas as e registradas as informações relativas ao andamento do processo de desenvolvimento da MA, em seu âmbito técnico e gerencial (ROMANO, 2003).

Quadro A.4 – Mecanismos de práticas gerenciais para o desenvolvimento de produtos.

A.1.3. Características básicas dos mecanismos

Para o reconhecimento dos fatores de influência no projeto, vários desses mecanismos envolvem a busca de informações que podem se caracterizar de forma diferenciada em função dos locais que constituem os mercados pretendidos. Muitos deles envolvem o emprego de métodos de pesquisa e de sistemas de informação, em razão da complexidade intrínseca dos propriedades considerados.