

# Sistemática de Avaliação do Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas

Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng. (UFSC) [romano@smail.ufsc.br](mailto:romano@smail.ufsc.br)

Nelson Back, Ph.D. (UFSC) [backnb@terra.com.br](mailto:backnb@terra.com.br)

André Ogliari, Dr. Eng. (UFSC) [ogliari@grante.ufsc.br](mailto:ogliari@grante.ufsc.br)

## Resumo

*Este artigo apresenta uma sistemática de avaliação do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. O objetivo é auxiliar no diagnóstico do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) praticado nas empresas do setor. O método consiste da análise comparativa dos processos praticados pelas empresas com um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. A avaliação completa se dá segundo critérios estabelecidos para dois grupos de processos: (i) desenvolvimento do produto; e, (ii) gerenciamento de projetos. O resultado da avaliação evidencia os pontos positivos e negativos dos processos praticados, auxiliando no planejamento de um caminho de migração para um PDP melhorado e em consonância com as estratégias e objetivos de negócio da empresa. O artigo apresenta ainda a aplicação da sistemática de avaliação em duas empresas fabricantes de máquinas agrícolas de grande porte.*

*Palavras chave: Avaliação, Processo de desenvolvimento de produtos, Máquinas agrícolas.*

## 1. Introdução

É notória a forma com que o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é realizado em grande número de empresas do setor industrial de máquinas agrícolas brasileiro. Isso ocorre principalmente nas empresas de pequeno e médio porte, que não adotam procedimentos sistemáticos para o desenvolvimento dos produtos, sendo fácil encontrar exemplos onde este processo é realizado apenas de acordo com a experiência do responsável pelo projeto (ROMANO, BACK & OGLIARI, 2001), expondo a empresa a uma série de riscos que podem afetar sua competitividade. Mesmo nas empresas que realizam o processo com um certo grau de formalidade, sobretudo nas de grande porte, observam-se deficiências, dentre outras, nas fases iniciais do processo de projeto do produto. Um exemplo é a não aplicação de métodos projetuais que auxiliam na geração de novas concepções, o que acarreta dificuldades no atendimento das reais necessidades de mercado, afetando diretamente o desempenho das máquinas no campo.

Como resultado tem-se o desenvolvimento de novos produtos – entenda-se novas concepções – realizado em alguns casos, apenas através de acordos tecnológicos com empresas estrangeiras, ou seja, a nacionalização de produtos desenvolvidos (concebidos) no exterior. Salvo raras exceções, o PDP deste setor industrial está baseado na definição da demanda de mercado e na adaptação de conceitos de máquinas agrícolas já existentes, resultando no lançamento de produtos no mercado com características muito parecidas. A consequência direta dessa situação é que as empresas perdem a oportunidade de aumentar o conhecimento sobre os produtos lançados, principalmente por não considerarem o caráter sistêmico do processo de projeto de produtos industriais, que determina maior formalismo.

Deste modo, o paradigma estabelecido é de que “o processo de desenvolvimento é tão importante quanto o produto”. Nesse caso, torna-se imprescindível que as empresas passem a se preocupar com a forma (isto é, o processo) pela qual os produtos são desenvolvidos, sendo necessário avaliar o PDP como praticado (WHEELWRIGHT & CLARK, 1992; ARAÚJO,

MENDES & TOLEDO, 2001; VALERI, ALLIPRANDINI & ROZENFELD, 2000).

Nesse contexto, o artigo apresenta uma sistemática de avaliação do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (SA-PDMA), cujo propósito é auxiliar no diagnóstico do PDP praticado nas empresas do setor, através de critérios de avaliação, revelando pontos positivos e negativos – identificando as qualidades e deficiências –, auxiliando no planejamento de um caminho de migração para um PDP melhorado e em consonância com as estratégias e objetivos de negócio da empresa (Figura 1).

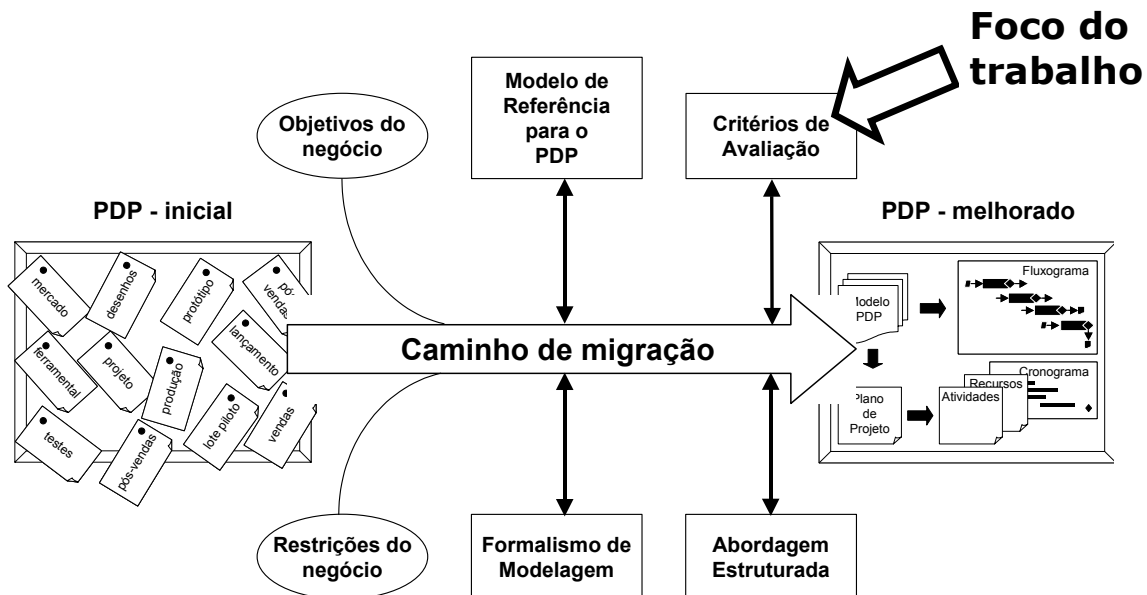


Figura 1 – Caminho de migração para a melhoria do PDP. Fonte: Adaptado de Vernadat (1996).

## 2. Visão Geral do Modelo de Referência para o PDMA

O modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (MR-PDMA) tem como objetivo explicitar o conhecimento acerca do PDP, de modo a auxiliar no entendimento e na prática do processo desse setor industrial (ROMANO, 2003).

Este modelo pode ser usado de duas formas: (i) na formação e/ou na atualização de profissionais que trabalham na área; (ii) como base para a implementação de melhorias no PDP das empresas. É no segundo caso que se insere o presente trabalho.

O MR-PDMA é do tipo *phases-gates* e abrange três macrofases:

- **Planejamento** – que corresponde à fase de “planejamento do projeto”. Envolve a elaboração do plano do projeto da máquina agrícola, principal resultado da fase.
- **Projetação** – que envolve a elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura. Decompõe-se em quatro fases: “projeto informacional”, “projeto conceitual”, “projeto preliminar” e “projeto detalhado”. Os resultados de cada fase são, respectivamente, as especificações de projeto, a concepção, a viabilidade econômica e a solicitação de investimento.
- **Implementação** – que envolve a execução do plano de manufatura e o encerramento do projeto. Decompõe-se em três fases: “preparação da produção”, “lançamento” e “validação”. Os resultados de cada fase incluem, respectivamente, a liberação do produto, a liberação do lote inicial e a validação do projeto.

A Figura 2 ilustra as macrofases do MR-PDMA e sua subdivisão em oito fases.

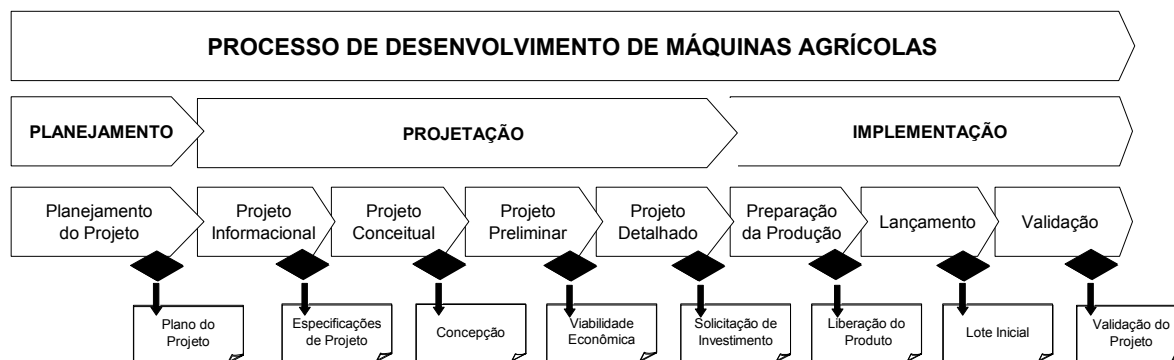


Figura 2 – Processo, macrofases, fases e saídas do MR-PDMA. Fonte: Romano (2003).

Para cada fase do processo são definidos os resultados desejados e que permitem a tomada de decisão (*gate*) a respeito do progresso do projeto. O Quadro 1 descreve as saídas (documentos formais) de cada fase do MR-PDMA.

FASE	SAÍDAS	DESCRIÇÃO
1 – Planejamento do Projeto	Plano do Projeto	Usado para gerenciar e controlar a execução do desenvolvimento da máquina agrícola.
2 – Projeto Informacional	Especificações de Projeto	Apresenta os objetivos que a máquina deve alcançar, de modo a atender aos requisitos dos clientes e/ou usuários. As especificações de projeto são usadas para orientar o desenvolvimento dos projetos conceitual, preliminar e detalhado da máquina agrícola.
3 – Projeto Conceitual	Concepção	Apresenta a concepção gerada para a máquina (viabilidade técnica), de modo a atender às especificações de projeto, e portanto, aos requisitos dos clientes. Usado para orientar o desenvolvimento dos projetos preliminar e detalhado da máquina agrícola.
4 – Projeto Preliminar	Viabilidade Econômica	Usado para determinar a viabilidade econômica de produzir a máquina agrícola.
5 – Projeto Detalhado	Solicitação de Investimento	Usado para descrever e solicitar os investimentos necessários à implementação da produção da máquina agrícola.
6 – Preparação da Produção	Liberação do Produto	Usado para descrever e liberar o produto para lançamento.
7 – Lançamento	Liberação do Lote Inicial	Usado para liberar o lote inicial produzido para comercialização.
8 – Validação	Validação do Projeto	Usado para validar o projeto e registrar o aceite do resultado do projeto.

Fonte: Romano (2003).

Quadro 1 – Saídas das fases do modelo de referência para o PDMA.

As tarefas descritas no MR-PDMA estão classificadas por domínios de conhecimento (DC), cujo propósito é auxiliar na identificação das pessoas e das habilidades necessárias para a realização das atividades, uma vez que, na maioria dos casos, os DC estão relacionados aos departamentos funcionais das organizações. Os DC abordados no MR-PDMA são: Gestão Empresarial, Gerenciamento de Projeto, Marketing, Projeto do Produto, Projeto da Manufatura, Suprimentos, Qualidade, Segurança, Dependabilidade, Administrativo-Financeiro, Produção e Pós-venda.

### **3. Sistemática de Avaliação do PDP**

A sistemática de avaliação do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (SA-PDMA) consiste, do ponto de vista conceitual, da análise comparativa dos processos praticados pelas empresas com o MR-PDMA. A comparação é feita através de critérios estabelecidos a partir do modelo de referência para os grupos de processos de desenvolvimento do produto e gerenciamento de projetos.

Para cada um dos grupos de processos descritos acima foram definidos elementos e critérios. Assim para o grupo 1, que trata do processo de desenvolvimento de produtos, os elementos definidos são: formalização do PDP, fases do PDP, planejamento do projeto, definição das especificações de projeto, desenvolvimento da concepção do produto, definição do leiaute do produto, detalhamento do projeto (produto e processo), preparação da produção, lançamento do produto no mercado, e, validação do produto. Para o grupo 2, que trata do processo de gerenciamento de projetos, os elementos são: iniciação, planejamento, execução, controle, e, encerramento. Neste artigo são apresentados apenas os critérios de avaliação referentes aos elementos do grupo 1.

#### **3.1 Elementos de Análise e Critérios**

Os dez elementos de análise que caracterizam o processo de desenvolvimento de produtos definem um total de 99 critérios, os quais são apresentados a seguir e enumerados seqüencialmente ao longo do texto. Os dois primeiros elementos, formalização do PDP e fases do PDP, fornecem a diagnose inicial de como o PDP é praticado na empresa em observação. Os elementos restantes definem critérios específicos para cada fase do MR-PDMA.

##### *Elemento 1: formalização do PDP*

Esse elemento de análise tem por objetivo definir o nível de formalidade existente na empresa a ser examinada. Neste sentido os critérios relacionados à formalização do PDP são: (1) o PDP está formalizado em documento (manual, normas, etc.); (2) o PDP é subdividido em fases; (3) o processo define pontos de avaliações (decisão passa/não passa) para cada fase; (4) existe a definição dos responsáveis pelas tomadas de decisão a cada avaliação; (5) existe definição das saídas desejadas de cada fase; (6) existe definição da lista de atividades recomendadas para cada fase; (7) existe definição dos responsáveis pelas atividades (áreas ou domínios de conhecimento), entradas, saídas, mecanismos e controles; (8) existe promoção de melhorias do PDP (registro das lições aprendidas nas diferentes fases).

##### *Elemento 2: fases do PDP*

Como o próprio nome do elemento analisado denota, busca-se verificar quais as diferentes fases que compõem o processo de desenvolvimento da máquina agrícola. Em outras palavras, este elemento define o processo praticado. Assim, os critérios estabelecidos incluem a verificação da realização de atividades que caracterizam: (9) o planejamento do projeto; (10) a definição das especificações de projeto (fase de projeto informacional); (11) o desenvolvimento da concepção do produto (fase de projeto conceitual); (12) a definição do leiaute do produto (fase de projeto preliminar); (13) o detalhamento do projeto (fase de projeto detalhado); (14) a preparação da produção; (15) o lançamento do produto no mercado; e, (16) a validação do produto.

##### *Elemento 3: planejamento do projeto*

Esse elemento permite identificar o nível de planejamento e integração dos projetos de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Os critérios estabelecidos incluem a verificação de atividades de: (17) elaboração do planejamento de marketing; (18) aprovação do planejamento de marketing; (19) estabelecimento da política de segurança para o produto; e, (20) aprovação do plano do projeto.

#### Elemento 4: definição das especificações de projeto

O nível de atividades para a fase de projeto informacional é verificado neste elemento. Os critérios estabelecidos para tal incluem: (21) estabelecimento do ciclo de vida do produto; (22) definição dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto; (23) levantamento de informações relacionadas à operação agrícola; (24) identificação das necessidades, desejos e preferências dos clientes do produto; (25) transformação das necessidades em requisitos dos clientes do produto; (26) conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto; (27) realização de análise comparativa com produtos disponíveis no mercado; (28) estabelecimento das especificações de projeto; (29) definição dos fatores de influência no plano da manufatura; (30) desenvolvimento da estratégia para o envolvimento de fornecedores; (31) levantamento de informações relacionadas à segurança no ciclo de vida do produto; (32) estabelecimento das metas de confiabilidade e manutenibilidade; (33) definição do custo meta do produto; e, (34) aprovação das especificações de projeto.

#### Elemento 5: desenvolvimento da concepção do produto

Esse elemento permite verificar as atividades relacionadas à fase de projeto conceitual da máquina agrícola. Os critérios definidos abrangem: (35) definição da função global/subfunções do produto (estrutura funcional); (36) estabelecimento de estruturas funcionais alternativas; (37) seleção da estrutura funcional; (38) desenvolvimento de concepções alternativas para o produto; (39) seleção da concepção do produto; (40) identificação dos processos de fabricação; (41) estabelecimento de contrato com o fornecedor de componentes; (42) realização de estudo inicial de segurança sobre a concepção do produto; e, (43) aprovação da concepção do produto.

#### Elemento 6: definição do leiaute do produto

Para a fase de projeto preliminar os critérios que medem o nível do processo praticado são: (44) monitoramento das variações de mercado que possam influenciar a definição do leiaute do produto; (45) desenvolvimento e estabelecimento do leiaute do produto; (46) avaliação do leiaute do produto junto a clientes através de clínicas com mock-ups do produto; (47) desenvolvimento do plano de fabricação e teste do protótipo; (48) elaboração da estrutura preliminar do protótipo do produto; (49) avaliação preliminar da manufatura do protótipo (máquinas, dispositivos e ferramentas); (50) avaliação da capacidade de manufatura interna e/ou externa dos componentes (capacidade, recursos, prazos, local de manufatura, armazenamento e montagem, avaliação fabricar ou comprar); (51) realização de análise de segurança sobre o leiaute do produto; (52) determinação da viabilidade econômica do produto; e, (53) aprovação da viabilidade econômica do produto.

#### Elemento 7: detalhamento do projeto

O sétimo elemento se refere aos critérios ligados ao encerramento da macrofase de projeção. Os critérios abrangidos são: (54) monitoramento das variações de mercado que possam influenciar o projeto final do produto; (55) construção do protótipo do produto; (56) avaliação da montagem do protótipo (relatório de montagem); (57) avaliação do protótipo (atendimento as especificações de projeto e as normas para homologação); (58) realização de testes de laboratório, testes de campo e/ou clínicas com o protótipo; (59) plano de ação corretiva/implementação; (60) aprovação do protótipo do produto; (61) finalização do detalhamento dos componentes; (62) elaboração da estrutura do produto; (63) detalhamento do plano de manufatura do produto; (64) certificação de componentes; (65) elaboração dos procedimentos de assistência técnica do produto (manual de instruções do produto, catálogo de peças de reposição, manual de assistência técnica); (66) revisão do projeto do produto e do plano de manufatura (documentação do produto); (67) implementação do controle das mudanças do projeto; (68) elaboração da solicitação de investimento para implementação da produção; (69) aprovação da solicitação de investimento; e, (70) liberação da documentação

do produto para a preparação da produção.

#### Elemento 8: preparação da produção

Esse elemento define os critérios para verificação da primeira fase da macrofase de implementação, e são assim definidos: (71) implementação do planejamento de marketing; (72) elaboração da documentação para montagem do produto; (73) implementação do plano de manufatura (liberação para construção de ferramental); (74) desenvolvimento do plano de produção do lote piloto; (75) programação da produção do lote piloto; (76) produção do lote piloto e emissão de relatório de teste de montagem; (77) avaliação do lote piloto (verificação das não conformidades/ planejamento das ações corretivas); (78) realização de testes de laboratório, testes de campo e/ou clínicas com produtos do lote piloto; (79) implementação das ações corretivas; (80) aprovação do lote piloto e teste de montagem; (81) realização de teste de homologação e/ou ensaio de certificação de conformidade com produtos do lote piloto; (82) revisão do plano de manufatura; (83) implementação do plano de gerenciamento da qualidade (métodos de controle da produção, certificação dos componentes, etc); (84) revisão dos procedimentos de assistência técnica; (85) treinamento das áreas de vendas, pós-vendas e concessionárias; (86) finalização da revisão da documentação do produto (desenhos, estrutura do produto, etc); (87) rastreamento das despesas e investimentos (custo do produto, do ferramental, de lançamento e propaganda, etc); (88) liberação do produto (identificação do produto/projeto, documentação para montagem do produto, etc); (89) cadastramento do produto no sistema administrativo da empresa; e, (90) aprovação da liberação do produto.

#### Elemento 9: lançamento do produto no mercado

O nono elemento refere-se aos critérios que avaliam a fase de produção, liberação e comercialização do lote inicial de máquinas agrícolas. Inclui os seguintes critérios: (91) preparação da produção do lote inicial; (92) produção do lote inicial; (93) acompanhamento da produção do lote inicial; (94) liberação do lote inicial; e, (95) aprovação da liberação do lote inicial.

#### Elemento 10: validação do produto

O décimo e último elemento define os critérios de encerramento da macrofase de implementação e do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Incluem: (96) acompanhamento dos produtos comercializados (primeiras unidades); (97) preparação da validação do produto; (98) validação do produto junto aos clientes; e, (99) implementação de melhoria contínua do produto.

### **3.2 Procedimento de Avaliação**

A SA-PDMA envolve a entrevista de pessoas conhecedoras do PDP da empresa em estudo, e que possuam amplo e profundo conhecimento da prática realizada nos projetos.

O procedimento de avaliação é bastante simples. Os critérios de avaliação apresentados são arranjados em uma planilha eletrônica. Durante a entrevista, procura-se verificar, para os critérios estabelecidos, a existência de documentos que comprovem o seu atendimento.

Assim, para cada elemento analisado deve-se verificar a ocorrência dos critérios correspondentes. Determina-se a ocorrência de um critério pelo registro formal de atividades que o contemple no modelo do PDP praticado. Quando um critério é contemplado marca-se na planilha a letra “S”, de “sim”. Caso contrário marcava-se a letra “N” de “não” ocorrência. Durante as entrevistas, qualquer observação ou particularidade comentada sobre o processo praticado em relação ao critério avaliado deve ser registrada na planilha da SA-PDMA.

Ao término do preenchimento da planilha da SA-PDMA, os resultados são contabilizados. O número total de respostas “S” representa o quanto o modelo do PDP praticado explicita (contempla) atividades formais em relação ao MR-PDMA. Os critérios que obtiverem

respostas “N” indicam pontos possíveis de implementação de melhoria no processo praticado. Evidentemente, os objetivos e restrições do negócio de cada empresa delineiam o processo praticado e, portanto, os pontos possíveis de melhoria devem ser analisados criteriosamente de modo a manter a consonância com as estratégias de cada empresa.

Para cada processo analisado pode-se gerar inúmeros relatórios. A SA-PDMA recomenda a construção de gráfico tipo radar para ilustrar o quanto o processo praticado atende aos elementos de análise estabelecidos como um todo.

#### 4. Estudos de Caso: Diagnóstico do PDP

A SA-PDMA foi aplicada em duas empresas multinacionais de grande porte instaladas no Brasil, fabricantes de máquinas agrícolas, líderes de mercado e de tecnologia, aqui denominadas de Empresa 1 e Empresa 2. Ambas empresas possuem processos formais de desenvolvimento de produtos. Os resultados obtidos da análise dos processos demonstram um bom nível de formalização em ambas empresas, sobretudo na Empresa 2.

O modelo do PDP utilizado pela Empresa 1 atende a 77,8% dos critérios formulados na SA-PDMA. Analisando o gráfico radar gerado (Figura 3), percebe-se que esse resultado se deve, quase que exclusivamente, aos tipos de produtos desenvolvidos (consonante aos objetivos do negócio), os quais não requerem o desenvolvimento de novas concepções, sendo variadas, nesse caso, apenas as especificações de projeto das máquinas existentes, com o propósito de atender a demandas específicas. Os projetos desenvolvidos na Empresa 1 são do tipo evolutivos e adaptativos. Com relação à formalização do PDP (elemento 1), verifica-se que a Empresa 1 pode melhorar o processo através da identificação das atividades conforme as áreas ou DC envolvidos, e determinando as entradas e saídas desejadas para cada atividade. Além disso, poderia implementar um processo de melhoria contínua do processo, através do registro das lições aprendidas nos projetos desenvolvidos. Para que a Empresa 1 passe a desenvolver novas concepções de produtos, a mesma deverá implementar atividades que melhor definam as especificações de projeto (elemento 4), e que possibilitem a geração dos novos conceitos (elemento 5). Com relação aos demais elementos da SA-PDMA, a Empresa 1 atendeu a maioria dos critérios avaliados, sendo as observações mais significativas citadas acima.

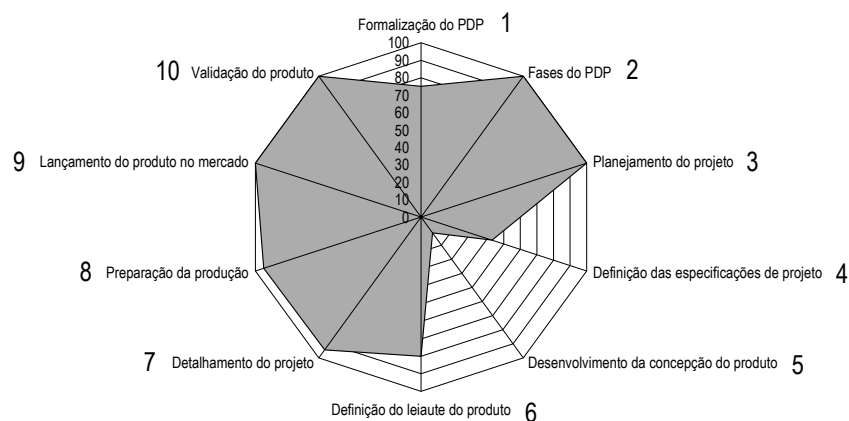


Figura 3 – Processo de desenvolvimento de produtos da Empresa 1. Fonte: Romano (2003).

Quanto ao processo praticado na Empresa 2, observa-se um atendimento a 93,9% dos critérios formulados, indicando um grande nível de detalhamento e completeza em todas as fases do PDP (Figura 4). Os pontos identificados de melhoria no processo da Empresa 2 são relativos: à modelagem das informações de entrada e saída das atividades (maior formalização do PDP – elemento 1); à transformação das necessidades dos clientes (informações originais) em

requisitos dos clientes (itens exigidos pelos clientes e expressos em termos técnicos) e estes, em requisitos de projeto para definição das especificações de projeto; e, ao estabelecimento e seleção das estruturas funcionais para o desenvolvimento da concepção do produto.

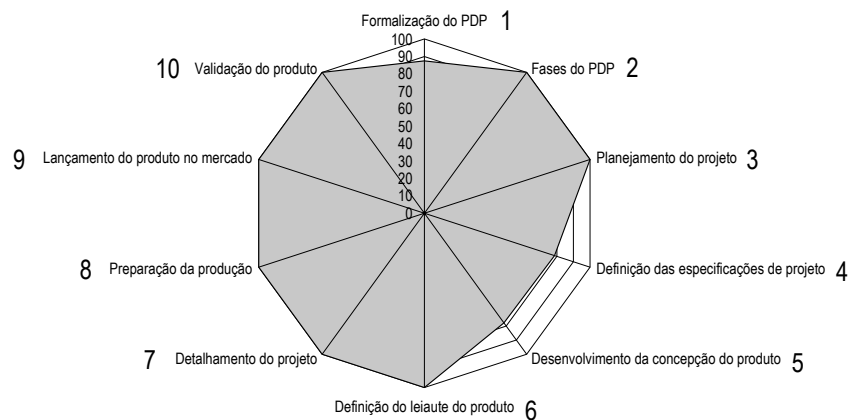


Figura 4 - Processo de desenvolvimento de produtos da Empresa 2. Fonte: Romano (2003).

## 5. Considerações Finais

Certamente a avaliação do PDP de empresas manufatureiras não é tarefa simples, principalmente pela complexidade do processo e pela habitual indisponibilidade de informações. Sendo o processo de desenvolvimento tão importante quanto o produto criado, passa a ser fundamental o estabelecimento de mecanismos que auxiliem no diagnóstico dos processos praticados. É nesse sentido que a SA-PDMA, do mesmo modo que o MR-PDMA, traz suas contribuições às empresas para a construção do caminho de migração para processos mais estruturados e integrados aos demais processos de negócios.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos Engenheiros Luiz Fernandes Ghiggi e Marlon Adamy pela participação de suas empresas nos estudos de caso.

## Referências

- ARAÚJO, C. S.; MENDES, L. A. G.; TOLEDO, L. B. (2001) - Modelagem do desenvolvimento de produtos: caso EMBRAER – experiência e lições aprendidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: NeDIP-CTC/UFSC, CD-ROM: il.
- ROMANO, L. N. (2003) - *Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- ROMANO, L. N.; BACK, N.; OGLIARI, A. (2001) - Estudos Sobre o Processo de Desenvolvimento de Produto da Indústria de Máquinas Agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz de Iguaçu. *Anais...* Foz de Iguaçu: UNIOESTE. CD-ROM: il.
- VALERI, S. G.; ALLIPRANDINI, D. H.; ROZENFELD, H. (2000) - Análise do Processo de Desenvolvimento de Produtos de uma Indústria do Setor Automobilístico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2, São Carlos. *Anais...* São Carlos: UFSCar. CD-ROM: il.
- VERNADAT, F.B. (1996) - *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications*. London: Chapman & Hall.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. (1992) - *Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality*. New York: Free Press.