

A ANÁLISE DA OPERAÇÃO AGRÍCOLA COMO BASE PARA A DEFINIÇÃO DE REQUISITOS FUNCIONAIS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Vinicius K. MARINI¹, Leonardo N. ROMANO², Arno U. DALLMEYER³

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

¹ Eng. Mecânico, Mestrando em Engenharia Agrícola, PPPGEA/CCR/UFSM, Santa Maria/RS.
Fone: (0xx55) 3220-8345, marinivk@gmail.com

² Eng. Mecânico, Prof. Adjunto, Departamento de Eng. Mecânica/CT/UFSM, Santa Maria/RS

³ Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Departamento de Eng. Mecânica/CT/UFSM, Santa Maria/RS

RESUMO: O processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas abrange uma série de fases que começam a partir do reconhecimento da oportunidade de mercado até o lançamento e a posterior validação de uma máquina agrícola (MA) no mercado consumidor pretendido. Entretanto, a execução de um processo de desenvolvimento formal não é garantia de sucesso da MA no mercado, se a necessidade que motiva a sua execução não puder ser traduzida em requisitos funcionais adequados ao contexto operacional dos seus potenciais usuários. A realização deste trabalho envolveu, na primeira fase, o levantamento de referências onde é feita a caracterização da operação agrícola. Foram encontradas organizações de abordagens descritivas de máquinas por operação agrícola, e um exemplo de método sistemático para a sua caracterização. Tal levantamento criou condições para a execução de um estudo de caso dessa caracterização em um trabalho acadêmico, consistindo na definição dos requisitos funcionais de um micro-tractor para gramas e jardins. Os resultados obtidos permitem concluir que a consideração sistemática da operação agrícola facilita a síntese de requisitos funcionais para o bom desempenho de operação da MA em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Máquina agrícola, operação agrícola, síntese funcional

THE AGRICULTURAL TASK ANALYSIS AS BASIS FOR THE FUNCTIONAL REQUIREMENT DEFINITION IN THE AGRICULTURAL MACHINERY DEVELOPMENT PROCESS

ABSTRACT: *The agricultural machinery development process encompasses a set of phases which start from the recognition of a market opportunity up to the launch of an agricultural machine (AM) and its aftersales validation within the intended market. However the execution of a formal development process is not a guarantee for the market success of the AM, if the motivating need for such undertaking is not to be translated into adequate functional requirements for the operational context of its potential users. The undertaking of this work involved, in the first phase, the survey of references wherein the agricultural operation is characterized. They were found with organizations of descriptive approaches upon machinery by agricultural task, and an example of systematic method of characterization for the same. Such survey created conditions for the execution of a case study on that characterization in an academic work on the definition of functional requirements for a small lawn/garden tractor. The attained results allow concluding that the systematic consideration of the agricultural task makes it easier to synthesize functional requirements for good operation performance of AM in the crop field.*

KEYWORDS: *Agricultural machine, crop operation, functional synthesis*

INTRODUÇÃO: Segundo Kepner et al. (1972), os atuais processos de desenvolvimento tendem, até certo ponto, a seguir uma metodologia de pesquisa baseada em um processo de análise, planejamento e de desenvolvimento de uma resposta conclusiva a dada necessidade. Em acordo com o mesmo autor,

a realização de testes físicos e funcionais é indispensável em um processo de desenvolvimento. Christianson e Rohrbach (1986) recomendam a abordagem de caixa-preta para o projeto de máquinas agrícolas, com os recursos disponíveis e os fatores de influência no projeto configurando-se como entradas do processo; e os resultados esperados do projeto em conjunto com os impactos sociais e ambientais do projeto como saídas do processo. Apesar de tais colocações, o quadro vigente no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas não é tão favorável assim ao sucesso dos projetos de desenvolvimento de MA. Mialhe (1996) e Romano (2003) apresentam abordagens complementares dos resultados de uma mesma pesquisa de avaliação tecnológica. O primeiro denuncia que as atividades de pesquisa e desenvolvimento praticamente não são executadas, ao mesmo tempo em que a grande maioria das MA existentes no mercado são cópias umas das outras. O segundo denuncia o desconhecimento, por boa parte das empresas, de informações básicas para o desenvolvimento do projeto, além do despreparo técnico de boa parte do pessoal empregado na atividade. Em acordo com o mesmo autor, só existem processos de engenharia de modelagem mais elaborada em empresas apoiadas por tecnologia estrangeira. Os métodos de análise da operação agrícola propostos por Mialhe (1974) possuem foco na utilização da máquina agrícola e por isso mesmo podem servir de base para a construção de conhecimento a ser utilizado para o projeto de MA's realmente embasadas nas necessidades que balizam as prioridades de escolha e a aquisição de equipamentos para a evolução dos processos de produção do agronegócio brasileiro. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é demonstrar a importância do exame da operação agrícola como base para o reconhecimento e o desdobramento das funções consideradas necessárias para obter da MA o desempenho operacional adequado às necessidades do cliente.

MATERIAL E MÉTODOS: Conforme Christianson e Rohrbach (1986), freqüentemente são propostas respostas para problemas que não existem, o que é ilógico. Por isso, a definição cuidadosa do problema em engenharia agrícola ajuda a manter o foco do projeto no problema real ao longo de seu desenvolvimento. Em acordo com tais considerações, a pesquisa foi dividida em duas etapas: a primeira etapa consiste na busca de informações pela abordagem de pesquisa exploratória, com o intuito de obter conhecimento sistemático e lógico dos fatores que norteiam a caracterização da operação agrícola. A segunda etapa consistiu em aplicar esses conhecimentos em uma prática de projeto proposta na disciplina de projeto conceitual de máquinas agrícolas, do currículo do programa de pós-graduação em engenharia agrícola da UFSM, de modo a testar a validade das informações obtidas. Tal abordagem pode ser classificada como um estudo de caso, pela utilização de uma circunstância real da atividade de projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Como resultado do processo de pesquisa teórica, pode-se afirmar que o ponto de partida fundamental para a definição das funções necessárias à MA, de modo a satisfazer as necessidades de seus clientes de utilização, é a determinação da modalidade de cultivo, em conjunto com a definição e a análise das operações agrícolas que devem ser executadas. Nesse aspecto, é fundamental levar em conta a conformação da análise da tarefa da MA. Segundo Mialhe (1974), a execução das operações agrícolas exige uma metodologia própria de análise. Tal critério motiva a classificação das máquinas agrícolas principalmente pelo tipo de tarefa que realizam. Outros critérios de classificação, como a modalidade de cultivo e a cultura em si, são encontrados na literatura pesquisada, podendo determinar a existência de capítulos dedicados com conhecimento específico. Exemplos de tal abordagem podem ser encontrados em Kepner et al. (1972), Silveira (1989), Ortiz-Cañavate (1995), Mialhe (1996), Ferreira, Alonço e Machado (2003) e Machado et al. (2005). Do estudo dessas publicações, depreende-se que a maior parte das informações baseia-se em aspectos constitutivos, de desempenho e de manutenção de soluções conhecidas. Nojimoto *apud* Mialhe (1996) comenta que a pesquisa em mecanização e mecânica agrícola encontra-se bastante defasada em relação às outras áreas de pesquisa em agricultura porque não há "externalidade", ou seja, grande parte dos projetos de desenvolvimento de máquinas agrícolas e mesmo de seus resultados não é divulgada publicamente. Isso denota uma carência essencial no desenvolvimento técnico e científico para o projeto de MA, que começa a ser tratada a partir do momento em que há intercâmbio efetivo entre as instituições de pesquisa e desenvolvimento e a indústria de MA, conforme a opinião de Kepner et al. (1972). Vários trabalhos científicos têm sido desenvolvidos na academia com uma abordagem tecnológica ao desenvolvimento de máquinas agrícolas. Carrafa (2002), Reis (2003) e Menegatti

(2004), entre outros, pautaram seus trabalhos pela união de conhecimentos básicos em agronomia a processos elaborados de projeto de engenharia, guiados pelo uso de metodologias de projeto e técnicas sistemáticas de análise, síntese e tomada de decisão. Nota-se nesses trabalhos que a proporção dos conhecimentos agrônômicos em tais trabalhos é diretamente proporcional à experiência do pesquisador no campo agrônômico. Tal aspecto torna-se diferencial definitivo na qualidade do projeto da MA, na medida em que existe um embasamento mais apurado em relação às condições operacionais em momentos antecipados do projeto, o que pode influir em uma maior chance de acerto no desenvolvimento dos aspectos funcionais e de especificação. Sendo assim, torna-se fundamental colocar a análise formal das condições operacionais como baliza inicial para o desenvolvimento de concepções de MA de melhor adaptação às condições operacionais e às efetivas demandas de desempenho, custo e manutenção colocadas pelos usuários. Em resposta a esse argumento, os métodos de análise da operação agrícola propostos por Mialhe (1974) constituem base para a busca desse objetivo. O autor formaliza a análise da operação agrícola de duas formas: a primeira é através do tratamento da operação como uma seqüência de eventos entre uma condição inicial e uma condição final, executados por um dispositivo ou uma máquina qualquer, que comportam uma ação de controle em um processo de realimentação contínua, conforme mostrado na Figura 1.

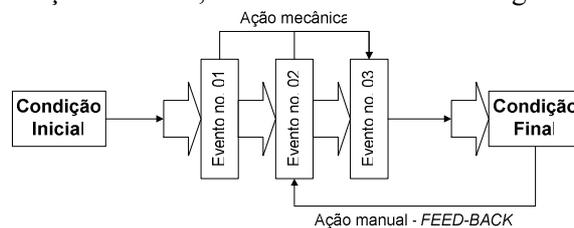


Figura 1 – Cadeia de eventos da operação agrícola. Mialhe (1974)

Segundo o mesmo autor, esse processo consiste em uma comparação entre o resultado obtido do efeito da MA e o resultado esperado – considerado ideal – para a operação agrícola em decurso. Tal comparação é seguida sempre de uma tomada de decisão no exercício de controle do sistema, que pode ou não motivar uma intervenção para efetuar correções ao desempenho imediato da MA. Nesse aspecto se coloca a definição de Mialhe (1974) para a função do operador do sistema, que é comparar duas impressões e reduzir ao mínimo a inconsistência entre elas. O ciclo de realimentação-intervenção é representado de duas maneiras: a primeira, onde o operador se utiliza da percepção visual para coletar as informações, processa-as e intervém conforme decide ser necessário e; a segunda, onde a percepção e a intervenção no sistema são realizadas por um sistema de sensor-processador-atuador cujas rotinas de funcionamento são previamente estabelecidas. Ambas são expostas na Figura 2.

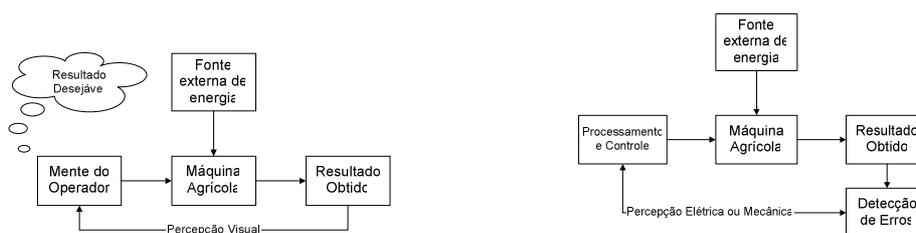


Figura 2 – Cadeia de controle da operação agrícola. Mialhe (1974)

A segunda forma de análise proposta por Mialhe (1974) é a análise metódica da operação agrícola através do estudo de movimentos, tomando por base o paradigma da administração científica. Tal estudo pode ser realizado a partir da observação metódica do ciclo de utilização da máquina agrícola, do depósito ao trabalho de campo, executando a operação agrícola e retornando ao depósito ao final, com especial atenção às tarefas desempenhadas pelo homem em interação com a máquina e aos métodos de percurso da máquina agrícola no campo de cultivo, com especial atenção às características geométricas dos limites do talhão e às condições de manobra da MA. A abordagem da operação agrícola como cadeia de eventos e a representação do ciclo de controle da MA em operação proporcionaram informações fundamentais ao estabelecimento de requisitos funcionais através do processo de desdobramento da estrutura de funções em acordo com a metodologia de Pahl e Beitz (1996), em que um sistema técnico qualquer tem uma função global que deve ser desdobrada em cadeias de fluxos de energia, material e sinal. A Figura 3 apresenta a definição da função global e o

desdobramento da cadeia de funções parciais de primeira ordem, sintetizadas para o desenvolvimento do projeto conceitual de um trator para o cultivo de gramados e jardins realizado por Marini et al. (2005). Nota-se explicitamente a função de controle da máquina agrícola em destaque, bem como os ciclos de realimentação de energia e de sinal presentes na cadeia de funções parciais.

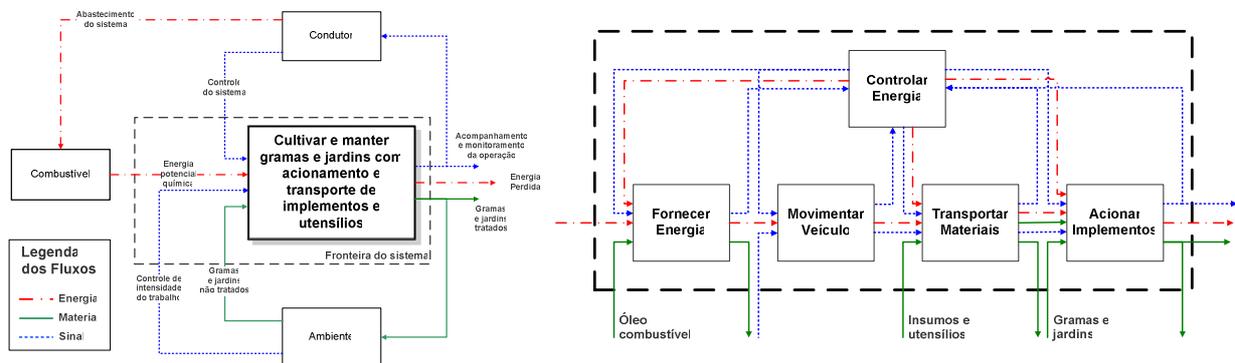


Figura 3 – Função global, e funções parciais, de um trator para gramados e jardins. Marini et al. (2005)

CONCLUSÃO: A MA, como um sistema técnico de grande complexidade, requer um conjunto específico de práticas projetuais para o universo de conhecimentos envolvido em sua produção e utilização. Esta contribuição nada mais faz além de formalizar uma sistemática de análise que, embora utilizada na experiência dos engenheiros e pesquisadores em máquinas e mecanização agrícola, carecia de declaração explícita. Tal declaração é realizada através de um resgate e releitura de métodos simplificados e poderosos de caracterização e análise da operação agrícola e de suas condições, que revelam sua utilidade em novas propostas de desenvolvimento de máquinas agrícolas, mostrando eficácia no emprego em conjunto com práticas evoluídas de projeto de engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRAFA, W. M. **Desenvolvimento de uma Máquina Transplantadora para Pequenas Propriedades Rurais utilizando uma Abordagem de Projeto de Sistemas Modulares**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CHRISTIANSON, L. L.; ROHRBACH, R. P. **Design in Agricultural Engineering**. St. Joseph: ASAE, 1986.
- FERREIRA, M. F. P.; ALONÇO, A. dos S.; MACHADO, A. L. T. **Máquinas para Silagem**. Pelotas: Ed. UFPel, 2003.
- KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. **Principles of Farm Machinery**. Connecticut: The Avi Publishing Company, 1972.
- MARINI, V. K., *et al.* **Projeto de um Trator Agrícola de Pequeno Porte – Fases de projeto Informacional e Conceitual**. Santa Maria, 2004. Trabalho de disciplina (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria.
- MACHADO, A. L. T., *et al.* **Máquinas para Preparo do Solo, Semeadura, Adubação e Tratamentos Culturais**. Pelotas: Ed. UFPel, 2005.
- MENEGATTI, F. A. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão**. Florianópolis, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1974, 301p.
- _____. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las Maquinas Agrícolas y su Aplicacion**. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1995.
- REIS, A. V. **Desenvolvimento de Concepções para a Dosagem e Deposição de Precisão para Sementes Miúdas**. Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SILVEIRA, G. M. **O Preparo do solo: implementos corretos**. São Paulo: Ed. Globo, 1989.