

ESTRUTURA FUNCIONAL DE UM DISPOSITIVO INDICADOR DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NA SEMEADURA

Roger Toscan Spagnolo¹, Alisson Alves², Cesar Augusto Cansian³, David Peres da Rosa¹

¹ Engº Agrícola, Prof. Dr. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - *Campus Sertão*, Sertão - RS. Fone: (054) 3345.8011, roger.spagnolo@sertao.ifrs.edu.br

² Acadêmico do curso Bacharel em Agronomia, bolsista PIBITI-CNPq/IFRS, Núcleo de Estudos em Solos e Máquinas Agrícolas, IFRS - *Campus Sertão*, Sertão - RS

³ Acadêmico do curso Bacharel em Agronomia, bolsista PROBITI-FAPERGS/IFRS, Núcleo de Estudos em Solos e Máquinas Agrícolas, IFRS - *Campus Sertão*, Sertão - RS

Apresentado no

XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: A compactação do solo que têm sido mensurada no campo via utilização de penetrômetro, ou por meio de coleta de amostras com estrutura preservada que tornam a atividade delongada e onerosa. Uma possível de avaliação da qualidade estrutural física do solo é através da demanda de tração da haste sulcadora, pois há alta correlação desse parâmetro mecânico com as propriedades físicas indicadoras de compactação do solo. Nesse contexto, o presente trabalho visou à elaboração de estrutura funcional que auxilie o projeto de um sensor de mensuração da demanda de força da haste sulcadora empregada na semeadora agrícola e, através dessa gerar mapas da demanda de força no momento da semeadura. A partir da definição do escopo do problema foi definida a função global, que consiste basicamente em um diagrama de bloco que delimita o problema. A função global foi dividida em subfunções chamadas de funções parciais, as quais apresentam menor grau de complexidade com relação à função global. Em segundo momento, foram atribuídas funções elementares a cada subfunção, sendo este o último nível de desdobramento da função global. Foram confeccionadas várias estruturas funcionais alternativas e, por meio da aplicação da Matriz de Decisão foi escolhida a mais promissora.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de desenvolvimento de produto, Propriedade físicas do solo, Haste sulcadora

FUNCTIONAL STRUCTURE THE POINTING DEVICE OF SOIL COMPACTION IN DRILLING

ABSTRACT: The soil compaction have been measured in the field by penetrometer, or by collecting samples with preserved structure, but this, make delay and costly activity. There is a possibility to evaluate the quality of physical structure by draft demand of shank drill, because the high correlation this mechanical parameter with physical properties used to indicate the soil compaction. In this context, this paper aims to draw up functional structure that help the project of measurement sensor of draft demand by shank of drill and, through this, generate power demand of maps at the time of sowing. Starting by definition of the scope problem has been defined the global function, which basically consists of a block diagram which delimits the problem. The overall function is divided into sub called partial functions which have a lower degree of complexity in relation to the overall function. In second moment, elementary functions have been assigned to each sub-function, which is the last level of the unfolding global function. Various alternative functional structures were made and, through the application of Decision Matrix was chosen the most promising.

KEYWORDS: Product development project, Physical properties of the soil, Shank of drill

INTRODUÇÃO

A compactação do solo é totalmente indesejável, considerando que essa aumenta a densidade e a resistência mecânica, e diminui a porosidade, resultando na alteração do tamanho e continuidade dos poros (Cortez et al., 2011), sendo que essa alteração gera problemas nas interações no processo dinâmico dos movimentos de água e de solutos no solo (Llanillo et al., 2006). Dentre os principais efeitos negativos relacionados à compactação do solo, temos o aumento da resistência ao crescimento radicular, a redução da aeração e da disponibilidade de água e nutrientes (Goedert et al., 2002). De acordo com Pedrotti & Dias Junior (1996), quando a compactação do solo começa a limitar o crescimento e desenvolvimento das culturas, tornam-se necessárias medidas recuperadoras que objetivem o rompimento da camada compactada.

Combinado aos problemas de compactação, temos a dificuldade de coleta e informações a campo, pois para tal é necessário coleta de cilindros com amostras de solo de estrutura preservada nas camadas em que atua o sistema radicular, para posterior análise laboratorial, tal ação, além de ser trabalhosa, torna-se onerosa. Ressalta-se aqui que tais avaliações são as mais precisas para se obter informações do estado físico do solo, pois alguns aparelhos que vem sendo utilizados, como o penetrômetro, possui a limitação que isoladamente não é um indicativo preciso. De acordo com Conte et al. (2008) a resistência a penetração e a força de tração requeridas pelas hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras apresentaram correlação significativa e positiva, sendo portanto, um parâmetro que pode ser utilizado para o diagnóstico do estado de compactação do solo. Esse parâmetro é possível de ser mensurado com uma estruturação eletrônica, seja com a utilização de extensômetros elétricos conforme utilizados por Conte et al. (2008) e Palmas, (2013) ou células de cargas conforme, Silveira et al. (2013), Chioderoliet al. (2016) e Macedo et al. (2016).

No entanto, esses estudos não contemplaram a integração dos dados coletados referentes ao esforço de tração das hastes sulcadoras das semeadoras a um módulo SIG (sistema de informação geográfica). Além disso, não se utilizaram de metodologia de projeto de produto para implantação da instrumentação eletrônica. De acordo com Romano (2005) a utilização de metodologia de projeto com abordagem sistemática no projeto de produtos é uma prática cada vez mais comum e que possibilita maior qualidade dos produtos. Pahl et al. (2005) e Back et al. (2008), dividem o projeto de produtos em quatro fases (projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado), pois permite organizar as informações, os resultados e os momentos de tomada de decisão de modo que o conhecimento sobre o problema e suas respectivas soluções aumente a cada etapa. Os modelos de produtos gerados em cada uma das fases são por ordem: especificações do projeto, concepção do produto, leiaute definitivo e documentação. Uma das etapas do projeto conceitual é a elaboração de estrutura funcional, na forma de diagrama de blocos.

Desta forma, no presente trabalho pretende-se por meio da utilização de metodologias de projeto estabelecer a estrutura funcional que auxilie o projeto de um sensor de mensuração da demanda de força da haste sulcadora empregada na semeadora agrícola e, através dessa gerar mapas da demanda de força no momento da semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada baseou-se nos modelos propostos por Pahl et al. (2005) e Back et al. (2008). Foram realizadas as duas primeiras etapas da fase de projeto conceitual. A primeira foi a verificação do escopo do problema, com análise das especificações de projeto e identificação de restrições.

Na primeira etapa do projeto conceitual foi realizada uma reflexão e reformulação do problema, visando generalizar o mesmo. Após esta reformulação do problema foi verificado que não havia necessidade de modificação da tarefa original que é de gerar uma alternativa física que possibilite a análise da compactação do solo durante a operação de semeadura. Esta reformulação do problema foi realizada conforme metodologia proposta por Pahl et al. (2005). A partir da definição do escopo do problema foi definida a função global, que consiste basicamente em um diagrama de bloco que delimita o problema.

A função global foi dividida em subfunções chamadas de funções parciais, as quais apresentam menor grau de complexidade com relação à função global. Em segundo momento, foram atribuídas funções elementares a cada subfunção, sendo este o último nível de desdobramento da função global, para o qual deve existir pelo menos um princípio de solução capaz de atender a essa função.

Para escolher a estrutura funcional, foi utilizada a Matriz de Decisão que teve como critérios de seleção os requisitos de projeto. Os pesos dos critérios na avaliação (PR) foram o valor percentual dos requisitos de projeto no diagrama de Mudge. Na avaliação das estruturas funcionais quanto ao atendimento aos requisitos, foi atribuído valor 1 para desempenho fraco, 5 para satisfatório e 10 para excelente. Para os custos do ciclo de vida, foram atribuídos valores de 1 para baixo custo, 5 para médio e 10 para alto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o foco de desenvolver um produto inovador, procedeu-se conforme as recomendações de Pahl et al. (2005) a abstração orientada a partir das especificações do produto. Transformaram-se os requisitos quantitativos relacionados diretamente com a função em requisitos qualitativos, que, por sua vez, foram generalizados. Tal investigação permitiu definir que a natureza do problema consiste em: gerar uma alternativa física que possibilite a análise da compactação do solo durante a operação de semeadura. A função global, representada pelas entradas e saídas de material, energia e sinal em relação a um sistema periférico que delimita a fronteira entre o produto e suas interfaces (ambiente e usuário), foi definida como: Estimar a compactação do solo no momento da semeadura.

A partir da função global, foram estabelecidas sete estruturas funcionais parciais as quais necessitaram um segundo desdobramento, formando chamadas de funções elementares.

Na figura 1 está representada a primeira estrutura funcional parcial, ou seja, estrutura com menor nível de desdobramento. Em seguida na figura 2, em segundo nível desdobramento, estão representadas as funções elementares da estrutura funcional A. Nesta representação, após o rompimento do solo (F1) a força de tração será mensurada (F2) por algum princípio de solução que, ao mesmo tempo consiga produzir sinais (F2.1) e conduzir sinais (F2.2). Embora nesta etapa deve-se trabalhar com ideias abstratas, é impossível não pensar em possíveis princípios de solução para estas duas funções. No caso possivelmente seriam utilizados extensômetros ou “*strain gages*” (F2.1 e F2.2) fixados na estrutura do sulcador, seja ele tipo disco ou haste sulcadora (F1). Picos de medida de força encontrados em função obstáculos naturais presentes no solo (pedras, sedimentos) durante a mensuração de força de tração serão identificados e removidos por um meio da função delimitar sinais (F5.2). Há necessidade da delimitação e seleção de sinais em função dos obstáculos do solo, os quais podem trazer erros de leitura da força de tração requerida para rompimento do solo, bem como, pode ocorrer a quebra de um sensor. Com o intuito de proteger os sensores, foram confeccionadas estruturas funcionais E, F e G com a adição desta função (F9).

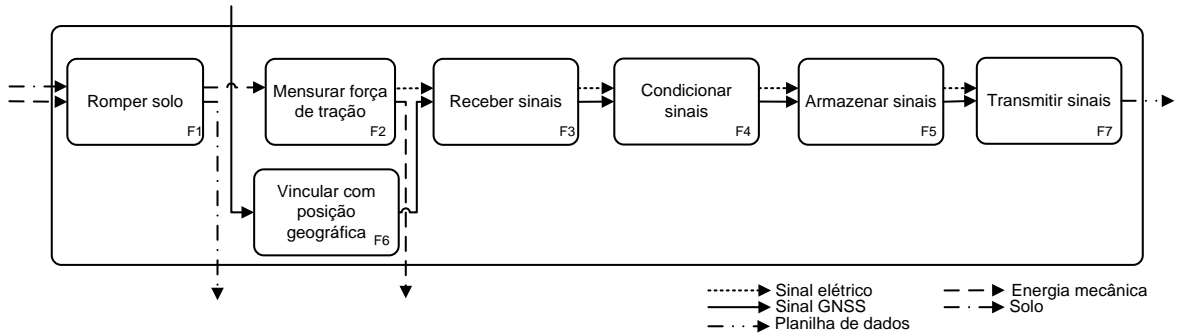


FIGURA 1. Estrutura funcional parcial A.

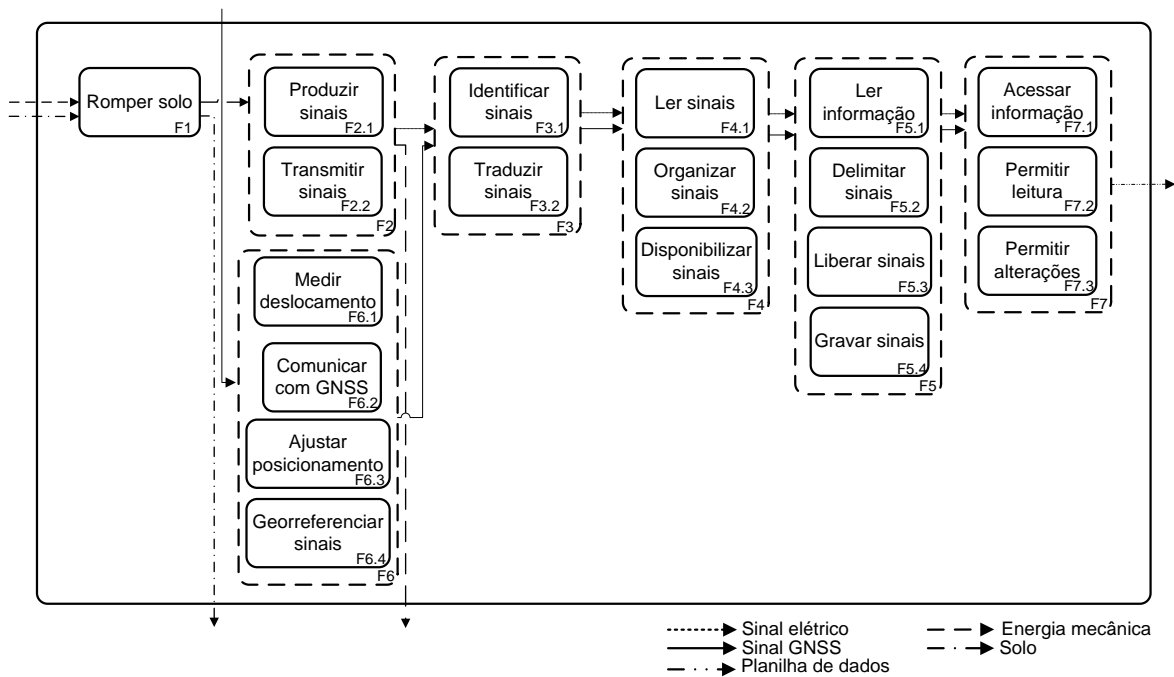


FIGURA 2. - Estrutura funcional elementar A.

Se na estrutura funcional A possivelmente seriam utilizados extensômetros ou “*strain gages*” (F2.1 e F2.2) fixados no mecanismo sulcador (F1). Na estrutura funcional B (figura 3 e figura 4) a mensuração da força de tração pode ser realizada, por exemplo, por uma célula de carga acoplada junto à barra de tração, ou extensômetros colados na mesma. Com esta alocação, os sensores irão dimensionar toda força necessária que o trator irá disponibilizar na barra de tração para tracionar a semeadora.

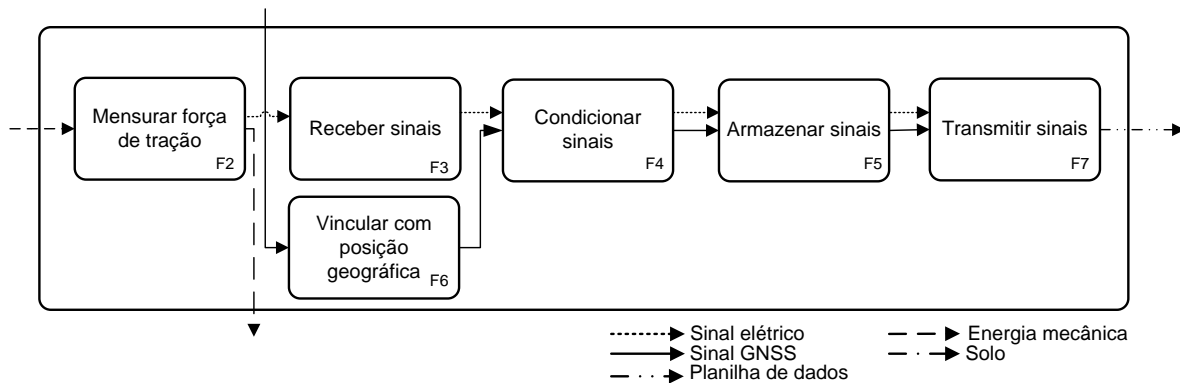


FIGURA 3. Estrutura funcional parcial B.

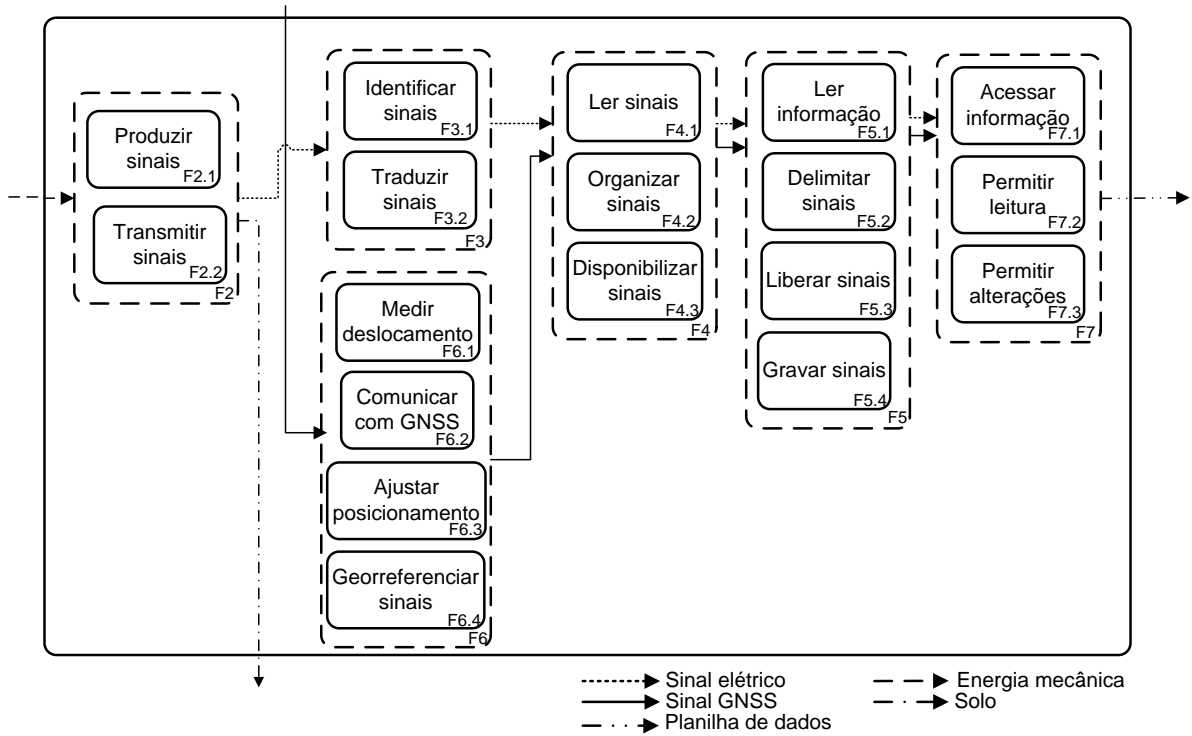


FIGURA 4. - Estrutura funcional elementar B.

Na estrutura funcional C (figura 5 e figura 6) a mensuração da força de tração será realizada junto à barra de tração, assim como na estrutura funcional B. Nesta estrutura o sistema irá utilizar ferramentas de agricultura de precisão semelhantes às quais são encontradas no mercado de máquinas e implementos agrícolas atualmente. A intenção é disponibilizar os dados coletados em forma de mapas de condição de compactação do solo. Para isso, o sistema poderá contar, por exemplo, com um computador dotado de softwares que processe estes sinais e gerem, instantaneamente, os mapas de compactação.

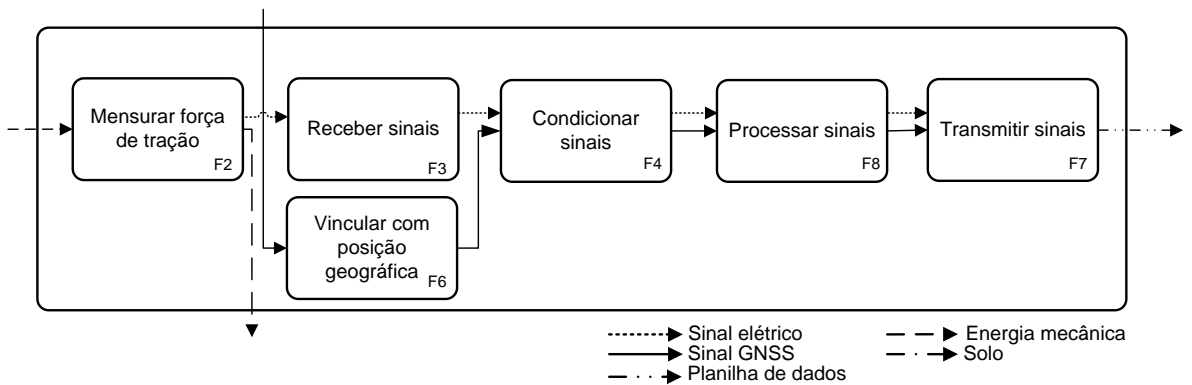


FIGURA 5 - Estrutura funcional parcial C.

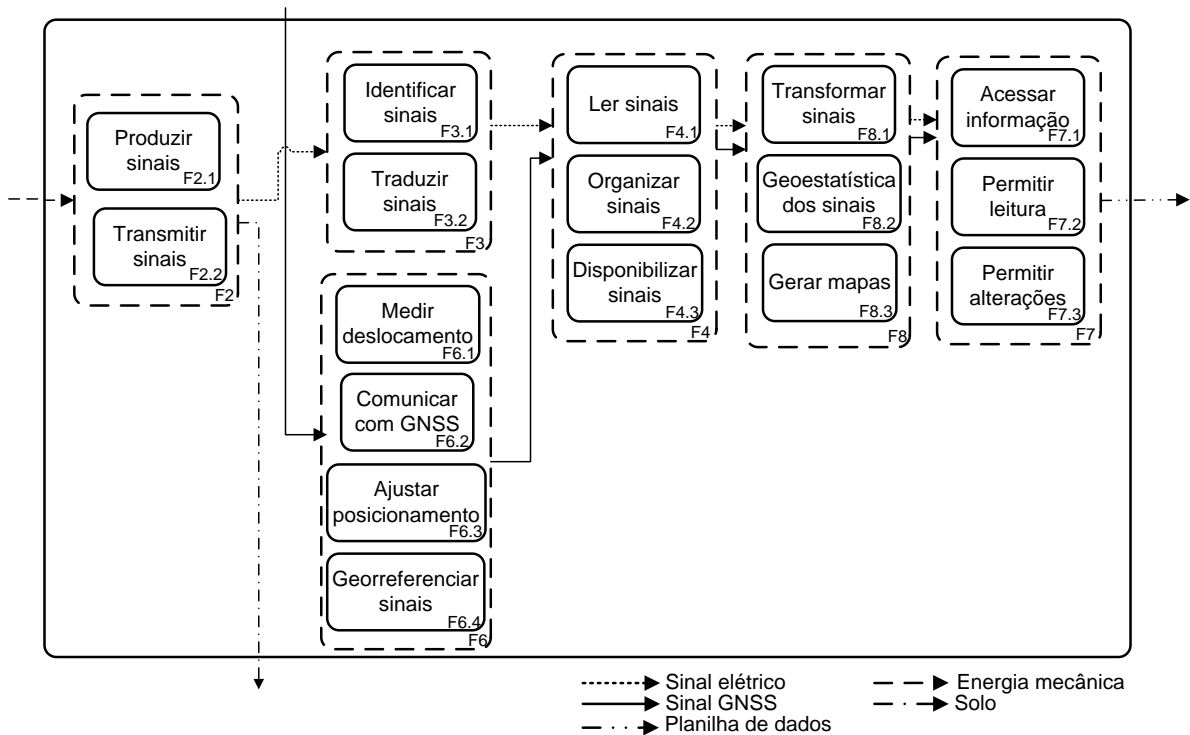


FIGURA 6 - Estrutura funcional elementar C.

Na estrutura funcional D (figura 7) a mensuração da força de tração será realizada junto ao mecanismo sulcador, assim como na estrutura funcional A. Esta estrutura funcional permite ainda a geração de mapas, igualmente a estrutura funcional C.

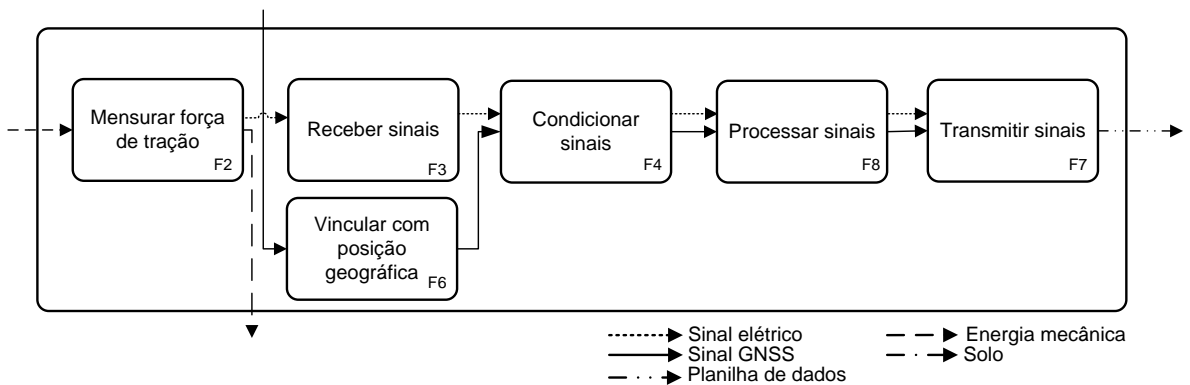


FIGURA 7 - Estrutura funcional parcial D.

Nas estruturas funcionais E, F e G, os extensômetros ou “*strain gages*” poderão estar acoplados em uma das opções citadas anteriormente, mecanismo sulcador ou barra de tração. A estrutura funcional E, baseia-se na estrutura funcional A, conforme pode ser visualizado nas Figuras 8 e 9. Já as estruturas funcionais F e G (Figuras 10 e 11), baseiam-se nas estruturas B e C respectivamente. Contudo, foi proposta para estas estruturas, uma peculiaridade em comum, a função F9 - Proteger sinais. Desta forma, o mecanismo escolhido para ter os sensores acoplados receberia uma função que, além de resguardar os sensores, barraria no momento da mensuração, os índices de força de tração pré-estabelecidos como muito altos, ocasionados por barreiras naturais encontradas no solo, como por exemplo, raízes e pedras. Para suprir tal função, poderiam ser utilizados, algum tipo de batentes. Estes

de custo (IC) sendo a relação IDT/IC maior que a estrutura funcional A, indicando que essa deve ser utilizada para a continuidade do projeto. Ressalta-se que a estrutura escolhida é similar a estrutura A, com a inclusão da função proteger sensores (F9).

Dentre os critérios técnicos (tabela 1), destacam-se os relacionados aos aspectos funcionais: mensurar força e correlacionar força e posição geográfica; bem como aspectos relacionados à confiabilidade: interferência no processo de semeadura, confiabilidade na informação, precisão espacial, os quais não interferiram na escolha da estrutura funcional. Analisando-se os demais requisitos, por exemplo, a duração da manutenção será maior nas estruturas E, F e G, pois haverá um mecanismo a mais para proteger o sistema (F9), necessitando provavelmente de maior tempo para realizar a manutenção. Entretanto a função F9 proporciona maior vida útil e menor interferência dos ruídos, que podem ser filtrados com esta função. Acredita-se que a alocação dos sensores responsáveis pela mensuração de força na barra de tração pode acarretar em maior nível de ruído ao sistema, bem como, menor vida útil do mesmo, pois existe a possibilidade de interferência nos sensores toda a vez que ocorrer o acoplamento da semeadora, assim como, a necessidade de retirada dos mesmos após o processo de semeadura.

Em relação ao requisito disponibilidade tecnológica, analisou-se que nas estruturas funcionais (C, D e G) que possuem a função de processar sinais (F8), este requisito pode ser afetado devido à necessidade de elaboração de um software específico para geração de mapa de compactação de forma instantânea. A função F8 também afetará o tempo de operação que, provavelmente será maior, no entanto, esta função proporcionará a visualização instantânea de mapas melhorando a acessibilidade dos dados.

Com isso, acredita-se que, a concepção gerada ao final do projeto conceitual permitirá, de forma inovadora, a geração de uma alternativa física que possibilite a análise da compactação do solo durante a operação de semeadura.

CONCLUSÕES

Foi possível estabelecer uma estrutura funcional que possibilite a elaboração de uma alternativa física que possibilite a análise da compactação do solo durante a operação de semeadura. A estrutura funcional E é a mais adequada para continuidade do projeto.

REFERÊNCIAS

- BACK, N.; OGLIARI, A. DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri SP: Manole, 2008. 648 p.
- CHIODEROLI, C. A.; SILVA, V. F. A.; FURLANI, C. E. A.; BERTONHA, R. S.; CAVICHIOLI, F. A. Energy demand in soybean seeding on maize straw intercropped with forage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.8, p.873–878, 2014
- CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; MAZURANA, M.; DEBIASI, H. Resistência mecânica do solo e força de tração em hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.730-739, out./dez. 2008
- CORTEZ, J. W.; SILVA ALVES, A.D da; MOURA, R. D. de. Atributos físicos do Argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 1207-1216, 2011.
- GOEDERT, W. J., SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 223-227, 2002.

LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; FILHO, J. T.; GUIMARÃES, M. de F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, 27: 205-220, 2006.

MACEDO, D. X. S.; NICOLAU, F. E. DE A.; NASCIMENTO, H. C. F. DO; COSTA1, E.; CHIODEROLI1, C. A.; LOUREIRO, D. R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.3, p.280–285, 2016.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411 p.

PALMA, M. A. Z. **Desenvolvimento e avaliação de ponteiras utilizadas em hastes sulcadoras de semeadoras para plantio direto**. 2013. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2013. Silveira et al. (2013)

PEDROTTI, A.; DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo: como evitá-la. **Agropecuária**, 9: 50-52, 1996.

ROMANO, L. N. ; BACK, N. ; OGLIARI, A. ; MARINI, V. K. An Introduction to The Reference Model for the Agricultural Machinery Development Process. **Product: Management & Development**, v. 3, n. 2, p. 109-132, 2005.