

## **“SISTEMA E PROCESSO DE MONITORAMENTO DE PESO EM ESTEIRAS DE TRANSPORTE DE PRODUTOS COM TALISCAS”.**

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

A presente invenção refere-se a um Monitor de Produtividade de cana-de-açúcar, para elaboração de mapas de produtividade, requisito básico para a implementação da agricultura de precisão (AP), que permite a aplicação de um sistema de gerenciamento de produção eficiente.

Monitor com aplicação na agricultura, setor sucro-alcooleiro, usinas e fabricantes de colhedoras de cana-de-açúcar. Com mercado em fabricantes de equipamentos eletrônicos para a agricultura, fabricantes de equipamentos para agricultura de precisão.

### **FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

A agricultura de precisão (AP) é um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado de culturas. O conceito de AP tem despertado em nível mundial um interesse muito grande e é considerada por muitos como a terceira onda na agricultura, tendo sido a primeira, a mecanização com tração animal, e a segunda, com equipamentos motorizados.

A possibilidade de se obter dados geo-referenciados em estudos da variabilidade espacial de atributos de uma propriedade agrícola, utilizando-se um sistema de posicionamento global diferencial, DGPS, com o armazenamento dessas informações permitirá a obtenção de mapas de fertilidade de solos, da produtividade das culturas, e o estabelecimento de estratégias de aplicação de fertilizantes e, ainda, a combinação dessas informações para que seja gerenciada de forma localizada toda uma propriedade.

O mapa de produtividade é apenas uma etapa de todo processo que envolve a AP e representa o efeito combinado de diversas fontes de variabilidade temporal e espacial. A interpretação do mapa de produtividade é imprescindível para a correção dos fatores de produção que persistem ao longo do tempo, tais como, variação do tipo de solo na área plantada, acidez do solo em locais específicos, deficiência de fertilizantes, ou mesmo, locais com falta ou excesso de água, etc.

Os trabalhos mais comuns apresentados sobre AP, estão na área de colheita de grãos.

Empresas como JOHN DEERE (1998) desenvolveram sensores para medição do desempenho de suas máquinas e dispositivos para auxiliar o operador nas tomadas de decisões. Suas máquinas colhedoras são produzidas com um sistema completo de monitoramento capaz de detectar o rendimento da cultura, com sensores de umidade, sensores de posicionamento, processador de mapas e um aplicativo computacional para geração de mapas de produtividade. Para as culturas de cereais, os sistemas de monitoramento para a AP encontram-se em estado avançado.

Similarmente a CASE (1999) desenvolveu um sistema de monitoramento de produção de grãos chamado AFS (Advanced Farming Systems), que conta com dois tipos de receptores, sendo que um deles faz automaticamente a conversão diferencial, um monitor de produtividade e umidade que armazena os dados em um cartão PCMCIA para posterior análise, e ainda um software para confecção de mapas de rendimento.

A Massey Ferguson (AGCO, 1998) começou o desenvolvimento de mapas de produtividade no começo dos anos 80, mas somente em 1991 é que foi lançado o primeiro sistema para esta função, o Fieldstar. Foram feitos vários ensaios com vários agricultores, esta experiência mostrou que a aplicação de insumos foi reduzida e a produtividade aumentou. No sistema Fieldstar, a produtividade e o posicionamento, são registrados a cada 1,2 segundos, durante a colheita, fornecendo, neste caso, 785 pontos de referência por hectare. Isto poderia ser comparado com outros mapas, como o de propriedades de solo.

Embora não existam ainda monitores de produtividade para cana-de-açúcar disponíveis no mercado, várias pesquisas foram realizadas no Brasil e em outras partes do mundo com o intuito de se desenvolver um produto para este fim.

COX et al (1996) apresentou um trabalho de desenvolvimento de um sensor de fluxo mássico para a cultura de cana-de-açúcar, baseado na determinação de pressões hidráulicas, fluxo de óleo e velocidade de deslocamento da má-

quina. Com os sinais obtidos com estes sensores determinaram a demanda de potência tanto do elevador quanto do picador do produto, relacionando esta quantidade com o fluxo de cana. O erro obtido no rendimento foi de aproximadamente 2%, e apresentou uma relação linear com o rendimento determinado com o uso de caminhões pesados na usina.

COX et al (1997) verificaram a utilização deste dispositivo no campo para obtenção de mapas de rendimento para a cultura de cana-de-açúcar. Este sistema de elaboração de mapas de rendimento apresentou erro de 10%.

COX et al (1998) relata o uso de várias técnicas diretas e indiretas para se medir a quantidade de cana sendo colhida. As técnicas indiretas envolvem a medição de pressões e demanda de potência em vários pontos da colhedora. Embora os autores não apresentem detalhes de como estes sensores funcionam os resultados apresentados mostram que o mesmo tem uma boa precisão, ainda segundo o autor o invento seria patenteado na Austrália.

Thomas et al. (2001) publicaram nos Estados Unidos a patente sob o número US6272819 onde descrevem um monitor de produtividade para ser adaptado às colhedoras de cana-de-açúcar. O equipamento consiste de um sensor de peso instantâneo e de uma unidade de controle. O sensor de peso é composto de um transdutor de pressão instalado no motor hidráulico do elevador e um transdutor de torque, colocado após o término da unidade elevadora o qual é o responsável por gerar um sinal elétrico proporcional a quantidade de cana-de-açúcar sendo transferida ao veículo de transbordo. O monitor de controle recebe o sinal deste sensor e calcula a quantidade de cana que está sendo colhida. Como transdutor os autores utilizam um sensor de pressão no motor hidráulico do elevador, que gera um sinal proporcional a pressão hidráulica aplicada ao motor, e um sensor de torque na árvore do motor, ou um prato sensível ao impacto dos rebolos de cana que são lançados contra ele antes serem transferidos para o veículo de transbordo. Um equipamento de GPS registra a localização da colhedora na área sendo colhida.

Todavia para as demais culturas, que tradicionalmente não são plantadas nestes países, os recursos técnicos para se aplicar a AP ainda não foram totalmente desenvolvidos.

5 A cana-de-açúcar, tem uma grande expressão econômica para o Brasil, com aproximadamente 5,4 milhões de hectares plantados. Esta cultura movimenta cerca de 12,7 bilhões de reais por ano, com faturamentos diretos e indiretos, o que corresponde a 2,3% do PIB brasileiro. Para a implantação da AP com êxito nesta cultura, com característica própria e bem distinta de grão, é necessário o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de produção  
10 específico, que aliado à informação do GPS irá permitir gerar os mapas de produtividade.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

A Figura 1 mostra como deve ser instalado o SPR, Sistema de Pesagem de Rebolos, na colhedora.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

O sistema proposto não depende de sensores de pressão hidráulica que além de caros são mais complicados de serem instalados. A determinação do peso dos rebolos de cana-de-açúcar é obtida por medidas diretas e não por medidas indiretas como os sistemas anteriores.

20 Sensores de inclinação do elevador garantem a correção destes valores para qualquer tipo de terreno que a colhedora estiver trabalhando. O programa computacional dedicado desenvolvido para gerenciar as informações obtidas das células de carga e dos sensores instalados na colhedora permite a obtenção da quantidade de cana-de-açúcar sendo colhida e de mapas de produtividade se  
25 um equipamento de GPS estiver acoplado a colhedora.

O sistema de controle eletrônico recebe o sinal já tratado do sensor de peso, da velocidade da esteira transportadora, do sensor de velocidade de deslocamento da colhedora e do sensor instalado no sistema de corte de base. Essas informações juntamente com as coordenadas obtidas por um GPS instalado  
30 na colhedora, permitem a elaboração de um mapa digital que representa a superfície de produção da área colhida. Um programa computacional de gerenci-

amento, especificamente para este sistema de aquisição de informações, permite que sejam informadas e armazenadas informações específicas sobre a área que está sendo colhida.

5 Este sistema foi testado em laboratório e em campo nas safras de 2000/2001 e 2003/2004. O erro observado nos ensaios de laboratório, utilizando uma massa constante, oscilou entre um mínimo de 0,70% e um máximo de 2,71 %, e de 0,35 % a 4,02 % nos ensaios onde se utilizou a passagem de massas conhecidas sobre o elevador.

### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

10 O sistema desenvolvido consiste de:

1. Células de carga, como instrumento de determinação do peso da matéria-prima colhida;

2. Sistema de condicionamento de sinais, composto de amplificador e filtros;

15 3. Sensor de velocidade de rotação do eixo da esteira do elevador;

4. Sensor de velocidade de deslocamento da colhedora;

5. Acelerômetros para determinação do ângulo de inclinação do elevador;

6. Sensor de funcionamento do motor hidráulico do cortador de base;

20 7. GPS para registro da localização espacial da colhedora, este item é necessário apenas para a elaboração do mapa de rendimento, para determinação da quantidade de cana colhida ele é dispensável;

8. Sistema de aquisição de dados; e

9. Programa computacional para gerência de dados e elaboração dos mapas de rendimento e/ou armazenamento de dados para posterior tratamento.

25 O dispositivo completo montado é então capaz de mensurar o fluxo de rebolos que passa pela esteira antes de serem lançados ao veículo de transbordo e, juntamente com as informações obtidas por um GPS instalado na colhedora, elaborar um mapa digital que representa a superfície de produção para a área colhida.

30 Este equipamento chamado de Sistema de Pesagem de Rebolos (SPR) deve ser instalado na colhedora, como mostra a Figura 1, que consiste de:

▪ Sistema de pesagem.- A esteira elevadora da colhedora é composta por um conjunto de taliscas presas a correntes laterais que acionadas por motores hidráulicos, se movimentam a uma velocidade constante de aproximadamente  $2,7 \text{ m.s}^{-1}$ , sobre um fundo de chapa fixo conduzindo os rebolos ao veículo de transbordo. Assim, um pequeno segmento dessa chapa fixa foi substituído pelo sensor de peso, o qual é composto de 2 células de carga independentes. Um sensor magnético foi instalado no eixo do motor hidráulico que aciona o elevador, para determinar a velocidade de deslocamento da esteira. Um componente eletrônico composto de um acelerômetro foi desenvolvido para se determinar o ângulo de inclinação da esteira e é instalado próximo ao sensor de peso. O sinal elétrico recebido das células de carga é amplificado, filtrado e somado por meio de um circuito eletrônico específico projetado para este fim e localizado perto do sensor no extremo do elevador. O sinal analógico depois de tratado é enviado para o monitor que transforma em um sinal digital e armazena na memória do computador de bordo instalado na cabine do operador.

▪ Adaptação de sensores.- Sensores, como radar, transdutores indutivos e pick-up magnético, estão instalados na colhedora para fornecer a velocidade de deslocamento da máquina, condição do corte de base além do sinal de controle de início e fim da aquisição de dados, reduzindo-se assim, erros provenientes de paradas indesejadas, troca de transbordo e de manobra de cabeceira.

▪ Software.- Um programa computacional desenvolvido controla o sistema de aquisição de dados e as informações do GPS.

O equipamento depois de instalado na colhedora é de fácil utilização. O operador na cabine, onde é alojado o controlador eletrônico, tem como função informar ao sistema o nome do arquivo do banco de dados que será criado de acordo com o sistema de adotado pela usina de controle de zona e talhão e ativar o sistema. O operador pode ainda, abrir um arquivo já existente, utilizado no caso de estar voltando ao mesmo talhão após uma interrupção de colheita.

No controlador é possível também informar a ocorrência de algum problema na área no momento da colheita, que é configurado de acordo com os

requisitos da usina. Ao iniciar a colheita não é requerida do operador nenhuma outra interferência no sistema de coleta. Os sensores instalados na colhedora informam ao controlador eletrônico quando iniciou a colheita e a partir de que localização se iniciou a transferência ao veículo de transbordo.

5 O sensor colocado na esteira mede instantaneamente o peso que está passando sobre a mesma e com as informações da velocidade de rotação da esteira e da inclinação desta em relação ao terreno, o programa calcula o peso dos rebolos que passaram sobre a esteira em função do tempo. Com a informação da velocidade de deslocamento da colhedora provido pelo DGPS ou outro  
10 sistema de determinação da velocidade, é possível então determinar a quantidade de cana-de-açúcar que foi colhida.

A partir destes dados e com as informações do DGPS, pode-se elaborar um mapa de rendimento da área, e mostrá-lo imediatamente na tela para o operador, dependendo apenas do tipo de equipamento que foi instalado pela usi-  
15 na, (com ou sem monitor) em função do custo de aquisição. Ao término da colheita do talhão, o operador informa o programa interrompendo a aquisição dos dados.

A descrição acima da presente invenção foi apresentada com o propósito de ilustração e descrição. Além disso, a descrição não tenciona limitar a inven-  
20 ção à forma aqui revelada. Em conseqüência, variações e modificações compatíveis com os ensinamentos acima, e a habilidade ou conhecimento da técnica relevante, estão dentro do escopo da presente invenção.

Assim sendo, as modalidades acima descritas tencionam melhor explicar os modos conhecidos para a prática da invenção e para permitir que os técnicos  
25 na área utilizem a invenção em tais, ou outras, modalidades e com várias modificações necessárias pelas aplicações específicas ou usos da presente invenção. É a intenção que a presente invenção inclua todas as modificações e variações da mesma, dentro do escopo descrito no relatório e nas reivindicações anexas.

## REIVINDICAÇÕES

- 1) Sistema de monitoramento de vazão mássica em esteiras de transporte utilizadas em colhedoras de produtos agrícolas, caracterizado por ser aplicado ao monitoramento da produtividade desejada, por medidas diretas, pois  
5 permite mensurar o fluxo de matéria-prima ou produtos que passam pela esteira antes de serem lançadas ao seu destino, propiciando a realização de mapas de produtividade quando associado a um aparelho capaz de geo-referenciar os dados obtidos e por possuir os seguintes componentes:
- A. Células de carga, como instrumento para determinação do peso do  
10 produto;
  - B. Sistema de condicionamento de sinais, composto de amplificador e filtros;
  - C. Sensores instalados na esteira e na colhedora;
  - D. GPS para registro da localização espacial da colhedora, este item é  
15 necessário apenas para a elaboração do mapa de produtividade de produções agrícolas, para determinação da quantidade de produto colhida ou de produto transportado ele é dispensável;
  - E. Sistema de aquisição de dados; e
  - F. Programa computacional para gerência de dados e elaboração dos  
20 mapas de rendimento e/ou armazenamento de dados para posterior tratamento.
- 2) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser, preferencialmente, o destino final da matéria-prima ou dos produtos transportados os veículos de transbordo.
- 25 3) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser a produtividade preferencial a produtividade agrícola e sendo adequado à implementação da agricultura de precisão.
- 30 4) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por ser a produtividade preferencial a atividade sucro-alcooleira.

- 5) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser a matéria-prima monitorada a cana-de-açúcar ou outros produtos que possam ser transportados em esteiras com taliscas transportadoras.
- 5 6) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 1 e 5, caracterizado pelo monitoramento ser realizado pela medida direta dos rebolos de cana-de-açúcar transportados pela esteira de uma colhedora.
- 7) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com  
10 todas as reivindicações acima, caracterizado pelo fato dos sensores instalados (item A) serem constituídos, no mínimo, pelos seguintes sensores:
- a) Sensor de velocidade de rotação do eixo da esteira do elevador;
  - b) Sensor de velocidade de deslocamento, no caso de uma colhedora;
  - c) Acelerômetros para determinação do ângulo de inclinação do elevador; e
  - 15 d) Sensor de funcionamento do motor hidráulico do cortador de base, no caso de matérias-primas que necessitem de corte.
- 8) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato dos sensores, como radar,  
20 transdutores indutivos e pick-up magnético, estarem instalados em uma colhedora para fornecer a velocidade de deslocamento da máquina (item b), condição do corte de base (item d), além do sinal de controle de início e fim da aquisição de dados, reduzindo-se assim, erros provenientes de paradas indesejadas, troca de transbordo e de manobra de cabeceira.
- 25 9) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 7 e 8, caracterizado pelo fato dos sensores de inclinação do elevador (item c) corrigirem os dados recebidos em qualquer tipo de terreno que a colhedora estiver trabalhando.
- 30 10) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo programa computacional (item F) ser desenvolvido para gerenciar as informações obtidas das células de carga e dos sensores instalados, permitindo a obtenção da quantidade de matéria-prima

sendo colhida e de mapas de produtividade se um equipamento de GPS estiver acoplado a, por exemplo, uma colhedora.

- 5 11) Sistema de monitoramento de peso em esteiras de transporte, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo programa computacional (item E) ser desenvolvido para gerenciar as informações obtidas das células de carga e dos sensores instalados em uma colhedora, permitindo a obtenção da quantidade de cana-de-açúcar sendo colhida e de mapas de produtividade se um equipamento de GPS estiver acoplado a uma colhedora.
- 10 12) Colhedora de cana-de-açúcar, caracterizada por possuir o sistema de monitoramento de peso, de acordo com as reivindicações 1 a 11, e por ser constituída pelos seguintes dispositivos: GPS; cortador de base; rolos alimentadores; picadores; sensores; extrator primário; elevador; sensor de peso; sensor de ângulo; condicionador de sinal; e extrator secundário, sendo
- 15 o dispositivo completo capaz de mensurar o fluxo de rebolos que passa pela esteira antes de serem lançados ao veículo de transbordo e, juntamente com as informações obtidas por um GPS instalado na colhedora, elaborar um mapa digital que representa a superfície de produção para a área colhida.

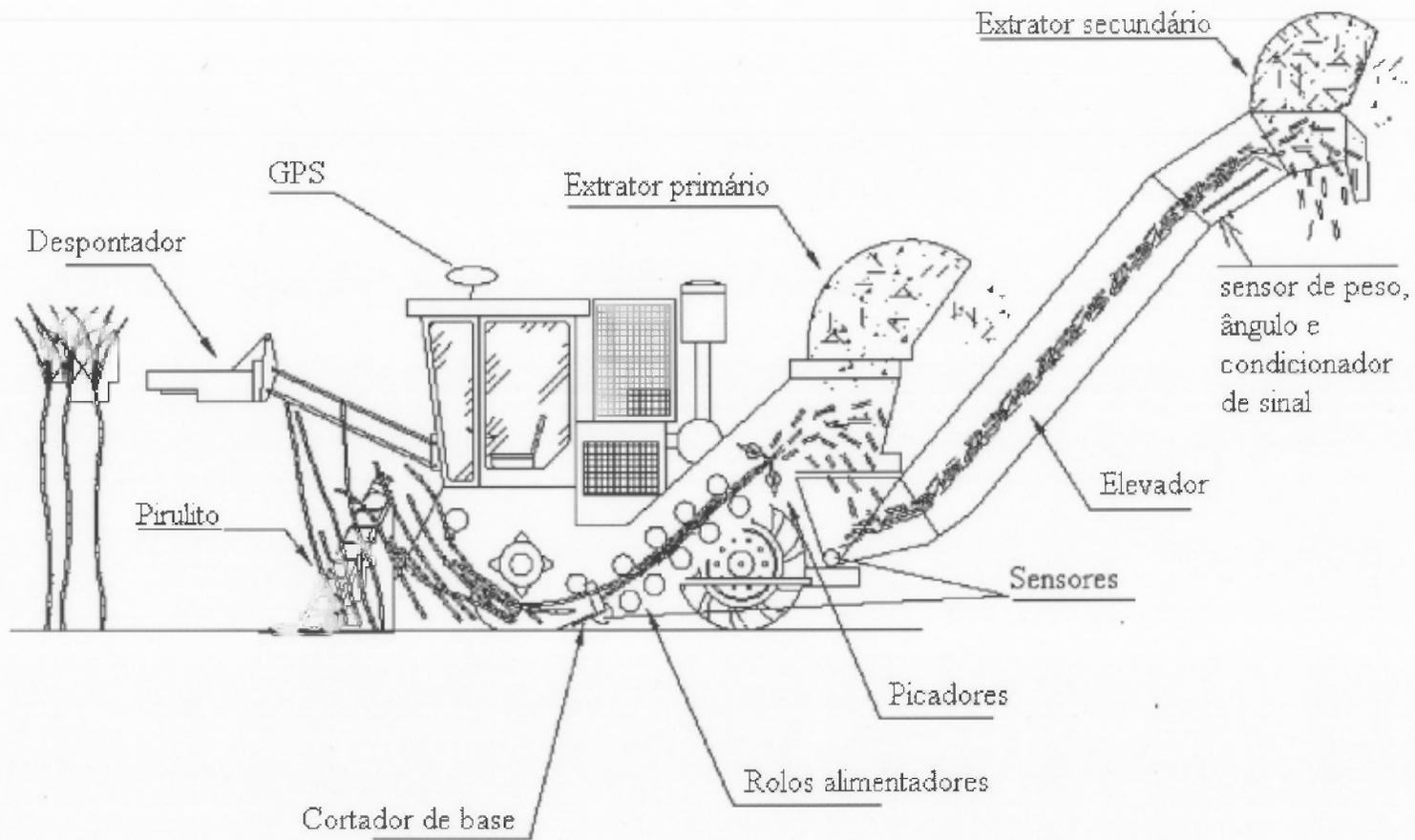


FIGURA 1

**RESUMO****“SISTEMA E PROCESSO DE MONITORAMENTO DE PESO EM ESTEIRAS DE TRANSPORTE DE PRODUTOS COM TALISCAS”.**

A presente invenção refere-se a um Monitor de Produtividade de cana-de-açúcar, para elaboração de mapas de produtividade, requisito básico para a implementação da agricultura de precisão (AP), que permite a aplicação de um sistema de gerenciamento de produção eficiente. O sistema proposto não depende de sensores de pressão hidráulica que além de caros são mais complicados de serem instalados. A determinação do peso dos rebolos de cana-de-açúcar é obtida por medidas diretas e não por medidas indiretas. Sensores de inclinação do elevador garantem a correção destes valores para qualquer tipo de terreno que a colhedora estiver trabalhando. O programa computacional dedicado desenvolvido para gerenciar as informações obtidas das células de carga e dos sensores instalados na colhedora permite a obtenção da quantidade de cana-de-açúcar sendo colhida e de mapas de produtividade se um equipamento de GPS estiver acoplado a colhedora. O sistema de controle eletrônico recebe o sinal já tratado do sensor de peso, da velocidade da esteira transportadora, do sensor de velocidade de deslocamento da colhedora e do sensor instalado no sistema de corte de base. Essas informações juntamente com as coordenadas obtidas por um GPS instalado na colhedora, permitem a elaboração de um mapa digital que representa a superfície de produção da área colhida.