

## **BALANÇO DE ENERGIA DE UM SISTEMA RECOLHEDOR DE CAFÉ PARA REGIÕES DE MONTANHA<sup>1</sup>**

Haroldo Carlos Fernandes<sup>2</sup>; Danilo Roberto Loureiro<sup>3</sup>; Anderson Candido da Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trabalho desenvolvido como parte da tese de doutorado do segundo autor

<sup>2</sup>Professor Titular, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, haroldo@ufv.br

<sup>3</sup>Professor Assistente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, loudanilo@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Estudante de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, anderson.candido@ufv.br

**RESUMO:** A necessidade de suprir a carência de mão-de-obra na colheita do café e a falta de máquinas que trabalham em regiões montanhosas motivam o desenvolvimento de equipamentos adaptados ao trabalho em regiões de declive acentuado. Objetivou-se com o presente trabalho determinar a demanda energética de um sistema de recolhimento de café de uma colhedora automatizada. O projeto do sistema de recolhimento foi desenvolvido para implantação em um protótipo de colhedora de café em áreas montanhosas. Na concepção do projeto foi considerada a variação de declividade durante a operação de colheita, que direciona o fluxo de frutos de café no sistema de recolhimento e consequentemente determina a energia necessária para seu transporte. O aumento da declividade do terreno aumenta a massa de grãos de café na esteira transportadora superior e diminui a massa de grãos de café na esteira transportadora inferior. Além disso, a potência na esteira transportadora superior aumenta e a potência na esteira inferior diminui com o aumento da declividade do terreno. A maior potência do mecanismo recolhedor, que é de 348,90 kW, ocorre na esteira transportadora inferior.

**PALAVRAS-CHAVE:** colheita, gasto energético, projeto de máquinas

### **ENERGY BALANCE OF A COFFEE GATHERING SYSTEM FOR MOUNTAIN REGIONS**

**ABSTRACT:** The need to supply the scarcity of hand labor in the coffee harvest and the lack of machines working in mountainous regions motivate the development of equipment adapted to work on steep regions. The objective of this work was to determine the energy demand of a coffee gathering system of a combine harvester. The gathering system design was developed for deployment in a coffee harvester prototype in mountainous areas. In the design concept was considered the variation of slope during the harvesting operation, which directs the coffee fruits flow in gathering system and therefore determines the energy needed for its transportation. Increased land slope increases coffee bean mass in the wake top carrier and decreases of coffee beans mass in the wake lower carrier. Furthermore, the power increases on the mat top conveyor and the bottom conveyor the power decreases with increasing steepness of the terrain. The higher potency of the collector mechanism, which is 348.90 kW occurs in the lower conveyor belt.

**KEYWORDS:** harvesting, energy expenditure, machine design

### **INTRODUÇÃO**

A carência de mão-de-obra e o aumento do seu custo motivam os produtores de café a buscar alternativas para a execução das atividades no campo. Nesse contexto, a mecanização da colheita é um dos aspectos mais discutidos dentro do processo produtivo do café (VEGRO et al., 2011). Segundo Loureiro et al. (2014) as colhedoras comerciais de café fazem a colheita dos frutos de forma eficiente e com alto rendimento, porém essas máquinas estão restritas ao trabalho em áreas planas ou de pouco declive, o que inviabiliza a colheita mecanizada em regiões montanhosas. Dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de colhedoras adaptadas à operação em áreas de declive acentuado. As colhedoras utilizadas em lavouras com declividade acentuado devem apresentar um sistema de recolhimento dos frutos de café adaptável à variação da declividade de trabalho e gasto energético que permita sua adoção pelos cafeicultores. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a demanda energética do sistema de recolhimento de uma colhedora de café para regiões montanhosas.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

O sistema de recolhimento proposto será acoplado em uma estrutura formada por um mecanismo de quatro barras, que permite que a coluna da estrutura sempre trabalhe na posição vertical fornecendo estabilidade ao sistema (Figura 1). O ângulo representa a declividade do terreno. Conforme a inclinação do terreno se altere, as colunas do mecanismo recolhedor permanecerão sempre na posição vertical, conferindo estabilidade lateral ao mecanismo. A esteira transportadora (elemento A1) possui a função de receber os frutos de café provenientes da derriça e direcioná-los até um ponto de saída da máquina. O mecanismo de vedação (elemento A2) permite que a planta atravesse a máquina sem ser danificada e que seus frutos, ao se desprender da planta pelo sistema de derriça, sejam coletados e encaminhados para as esteiras transportadoras.

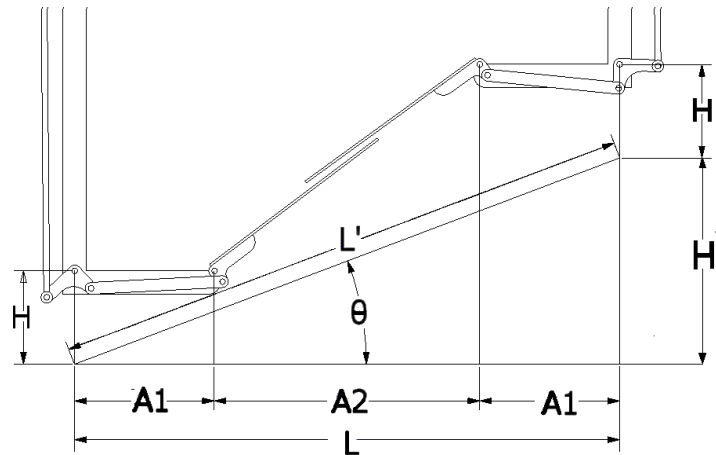


Figura 1–Distribuição da largura ocupada pelo mecanismo recolhedor em função da declividade do terreno.

A altura que o mecanismo se encontra em relação ao solo ( $H$ ) permanece constante em qualquer situação de declividade. A largura efetiva do mecanismo recolhedor ( $L$ ) é dependente da declividade do terreno. O acionamento do mecanismo de vedação é realizado pela própria inclinação do terreno através de outro mecanismo de barras conectado à estrutura da máquina. A energia necessária para o acionamento do mecanismo é utilizada somente para o acionamento das esteiras transportadoras que será realizado individualmente para cada esteira por um motor elétrico com um sistema de transmissão de potência por polias e correias.

No cenário em que o ângulo  $\theta$  é igual a zero, o fluxo de grãos de café que entra no mecanismo será dividido igualmente para as duas esteiras. Porém, quando o mecanismo operar em um plano inclinado, a distribuição desse fluxo será diferente para cada esteira transportadora. A largura do mecanismo recolhedor ( $L$ ) pode ser dividida em três seções, sendo duas delas constantes apresentadas pela seção ( $A1$ ) das esteiras e uma seção ( $A2$ ) apresentada pelo mecanismo de vedação, o qual se modifica de acordo a declividade do terreno.

Ao considerar que a queda dos grãos de café sobre o mecanismo recolhedor seja uniformemente distribuída na largura ocupada pelo mecanismo recolhedor, a esteira posicionada na parte inferior receberá os grãos que cairão sobre sua seção  $A1$  e também os que cairão na seção  $A2$ . Dessa forma o fluxo de grãos na esteira inferior é calculado de acordo com a equação 1.

$$F_i = \left[ 1 - \left( \frac{A1}{\sqrt{\frac{L'^2}{1 + \text{Sen}^2 \theta}}} \right) \right] F_e \quad (1)$$

Em que

$F_i$  = Fluxo de grãos recebido pela esteira posicionada na parte inferior do mecanismo de recolhimento,  $\text{kg s}^{-1}$ ;

$A1$  = Seção ocupada pela esteira transportadora, m;

$L'$  = Constante que depende das dimensões do projeto, m;

$\theta$  = Ângulo que representa a declividade do terreno, graus

$F_e$  = Fluxo de grãos de café que entra no mecanismo recolhedor,  $\text{kg s}^{-1}$ ;

Como o fluxo de frutos de café que entra no mecanismo será dividido para as esteiras transportadoras superior e inferior, podemos encontrar o fluxo recebido pela esteira superior de acordo com a Equação 2.

$$F_s = F_e - F_i \quad (2)$$

Em que

$F_e$  = Fluxo de grãos de café que entra no mecanismo recolhedor,  $\text{kg s}^{-1}$ ;

$F_s$  = Fluxo de grãos recebido pela esteira posicionada na parte superior do mecanismo de recolhimento,  $\text{kg s}^{-1}$ ;

$F_i$  = Fluxo de grãos recebido pela esteira posicionada na parte inferior do mecanismo de recolhimento,  $\text{kg s}^{-1}$ ;

A potência de acionamento de cada esteira do mecanismo de recolhimento será determinada de acordo com a Equação 3.

$$P_x = M_x G V_e \quad (3)$$

Em que

- $P_x$  = Potência de acionamento da esteira, W;  
 $M_x$  = Massa de grãos de café sobre a esteira, kg;  
 $G$  = Aceleração da gravidade,  $m\ s^{-2}$ ;  
 $V_e$  = Velocidade de trabalho da esteira transportadora inferior, ( $m\ s^{-1}$ );

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o cenário em que a velocidade de deslocamento do mecanismo recolhedor é de  $0,28\ m\ s^{-1}$  e opera em uma lavoura que apresenta uma produtividade média de  $0,035\ m^3$ , espaçamento entre plantas de 1m e eficiência na operação de derriça de 85%, o fluxo de frutos de café que entra no mecanismo recolhedor é de  $10\ kg\ s^{-1}$ . Esse fluxo de café será distribuído entre as duas esteiras transportadoras em função da declividade do terreno. As Figuras 2 e 3 apresentam a distribuição do fluxo de grãos recebidos pelas esteiras transportadora superior ( $F_s$ ) e inferior ( $F_i$ ), respectivamente, em função da declividade do terreno.

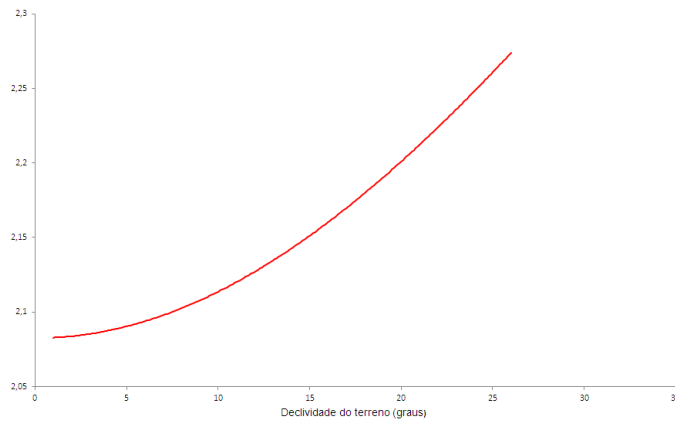


Figura 2 –Distribuição do fluxo de grãos recebidos pela esteira transportadora superior em função da declividade do terreno.

Essa distribuição somente é válida quando o mecanismo recolhedor não se encontra no cenário de “declividade zero”, pois nessa situação pressupõe-se que a distribuição seja igual para as duas esteiras transportadoras. Para o cálculo da velocidade de trabalho da esteira transportadora, deve ser considerado o maior fluxo de grãos recebido pela esteira, que ocorre no transportador inferior quando o mecanismo está trabalhando a uma declividade próxima de zero. Nesse cenário, o maior fluxo de grãos de café encontrado na esteira transportadora inferior foi de  $7,9135\ kg\ s^{-1}$ . Como o fluxo de grãos recebido pelas esteiras superior e inferior se modificam com a declividade do terreno, a massa de grãos presente sobre a esteira também será modificada.

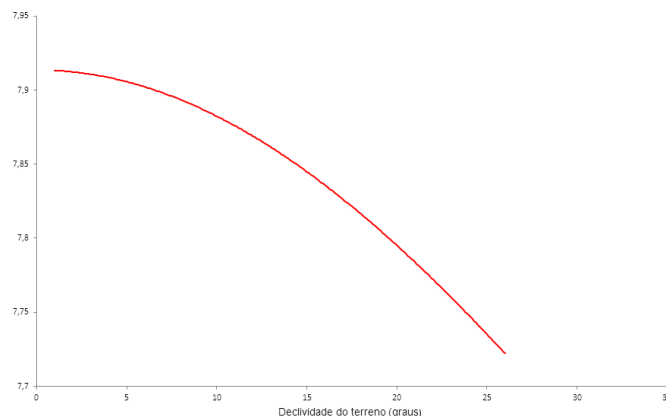


Figura 3 –Distribuição do fluxo de grãos recebido pela esteira transportadora inferior em função da declividade do terreno.

declividade do terreno.

Considerando que a largura da esteira transportadora seja de 0,5 m, a altura da camada de frutos de café sobre a esteira seja de 0,015 m, o comprimento da esteira seja de 4,5 m e a densidade média dos frutos de café seja de  $1200 \text{ kg m}^{-3}$ , a velocidade de trabalho da esteira transportadora será de  $0,90 \text{ m s}^{-1}$ . As Figuras 4 e 5 apresentam a massa de grãos de café presente na esteira superior ( $M_{ps}$ ) e inferior ( $M_{pi}$ ) em função da declividade do terreno de operação do mecanismo recolhedor.

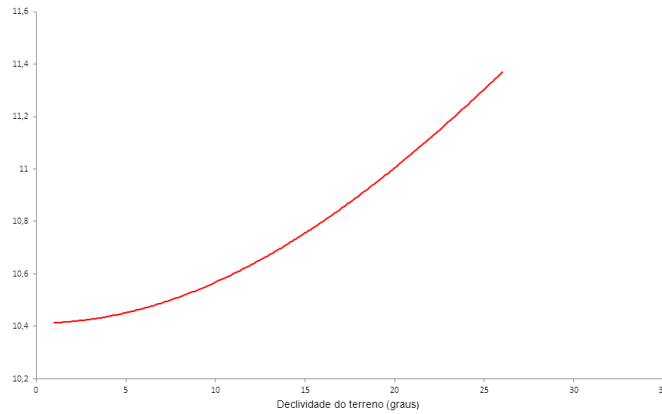


Figura 4 – Distribuição da massade grãos de café na esteira transportadora superior ( $M_s$ ) em função da declividade do terreno.

A maior massa de grãos de café presente ocorre na esteira transportadora inferior na situação em que a declividade é mínima, apresentando um valor de 39,57 kg.

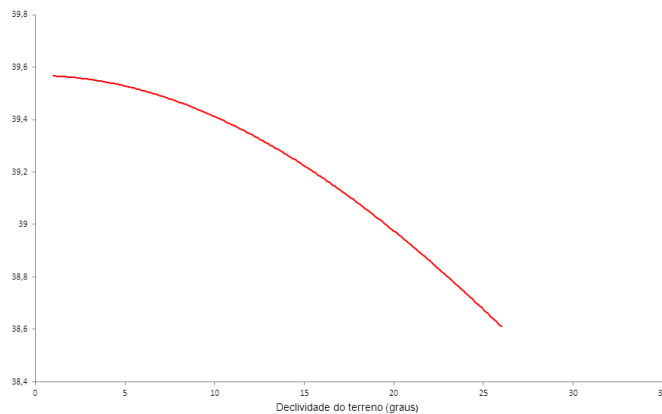


Figura 5 – Distribuição da massade grãos de café na esteira transportadora inferior ( $M_i$ ) em função da declividade do terreno.

O perfil de distribuição das potências de acionamento da esteira superior e inferior estão representadas nas 6 e 7 respectivamente.

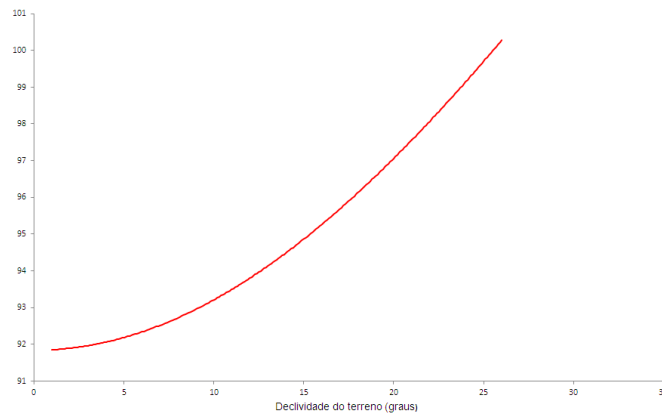


Figura 6 – Distribuição da potência na esteira transportadora superior ( $C_{ps}$ ) em função da declividade do terreno.

A maior potência do mecanismo recolhedor ocorre na esteira transportadora inferior na situação de declividade mínima. O valor encontrado foi de 348,90 W. Essa potência considera apenas a carga de café aplicada na esteira.

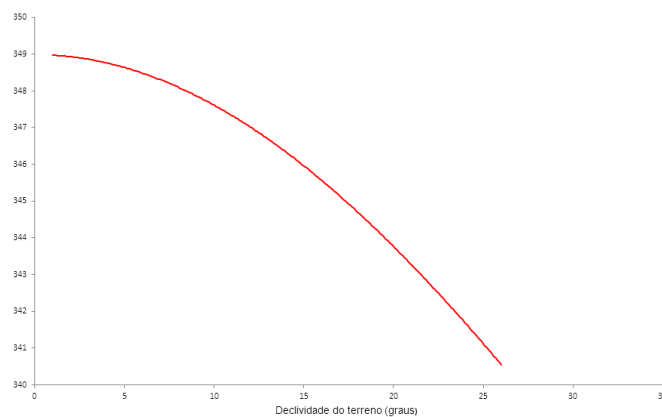


Figura 7 – Distribuição da potência na esteira transportadora inferior ( $C_{pi}$ ) em função da declividade do terreno

Para a seleção dos motores elétricos utilizados para o acionamento do mecanismo é necessário o conhecimento da carga e do comportamento da estrutura da esteira transportadora, que depende do material de fabricação e dimensões do projeto. Portanto, o balanço de energia realizado considera apenas a entrada e saída de grãos de café do mecanismo recolhedor trabalhando em declividades do terreno variadas.

## CONCLUSÕES

No sistema de recolhimento de café a esteira transportadora inferior apresenta o maior fluxo de grãos, atingindo o valor de  $7,9135 \text{ kg s}^{-1}$ .

Na situação em que a declividade é mínima a massa de grãos de café é de 39,57 kg na esteira transportadora inferior.

A esteira transportadora inferior demanda 348,90 W de potência para o recolhimento dos grãos de café na situação de declividade mínima.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- VEGRO, C. L. R.; FRANCISCO, V. L. F. S.; ÂNGELO, J. A. Repercussões socioeconômicas da adoção da mecanização da colheita na cafeicultura paulista. In: Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil (7. : 2011 : Araxá, MG). Anais Brasília, D.F: Embrapa - Café, 2011 (1 CD-ROM), 6p.
- LOUREIRO, D. R.; FERNANDES, H. C.; FURTADO JÚNIOR, M. R.; SILVA, A. C.; DADALTO, J. P. Sistema de recolhimento de café para regiões montanhosas: um projeto conceitual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 43, 2014. Anais... Campo Grande: Centro de Convenções 'Arquiteto Rubens Gil de Camilo', Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014. CD-ROM.