

Novo Alimentador de Bagaço de Cana
New Feeder of Sugar Cane Bagasse
Nuevo Alimentador de Bagazo de Caña

Camargo¹ F. L.; Sanchez² C. G.

Resumo

Os sistemas de alimentação de sólidos granulares para reatores de combustão, gaseificação e pirólise compõem-se de silos destinados ao armazenamento de uma quantidade do produto, que permitem a homogeneidade do escoamento do material e de transportadores que transferem de modo apropriados o conteúdo do silo ao reator. O sistema de alimentação de bagaço de cana de açúcar proposto é baseado nos sistemas empregados na atualidade, consistindo de um silo, uma tremonha (seção de saída) e uma rosca transportadora. Apresenta também um misturador, paredes móveis do tipo correia transportadoras na seção da tremonha e um sistema de refrigeração da rosca transportadora. O bagaço de cana de açúcar armazenado no silo desenvolve tensões vinculadas a instabilidades e interrupção do sistema de alimentação, além de entrelaçamento das fibras e presença de pó coesivo. Estas propriedades contribuem na formação de arcos na seção de saída do silo. O emprego dos dispositivos auxiliares descritos, tais impedimentos de alimentação do bagaço de cana de açúcar foram eliminados.

Palavras-chave: Sistemas de alimentação, Sólidos granulares, Biomassa.

¹FATEC – Piracicaba. Rua Diácono Jair de Oliveira, s/n Bairro Santa Rosa. CEP 13414-141. TEL: (19) 3413-1702. Piracicaba, São Paulo. E-mail: flcamargo@eep.br.

²UNICAMP. Faculdade de Engenharia Mecânica. Rua Mendeleev, 200. CEP 13083-860. Campinas, São Paulo.

Abstract

The hooper system of granular solids jet combustion, gasification and pyrolysis consist of silos for storage of a quantity of products, which allow a uniform flow of material and carriers that transfer so appropriate to the contents of the silo to reactor. The power system of sugar cane bagasse is proposed based on the systems used today, consisting of a silo, a hopper (output section) and a screw conveyor. It also presents a mixer, movable walls of the type belt conveyor in the hopper section and a cooling system for the screw conveyor. The sugar cane bagasse stored in the silo develops instabilities and tensions linked to interruption of supply system, and interlace the fibers and the presence of cohesive powder. These properties contribute to the formation of arcs in the output section of the silo. The use of auxiliaries described, such impediments feeding sugar cane bagasse were eliminated.

Keywords: Hooper systems, Granular solids, Biomass.

Resumen

El sistema de alimentación de inyección de sólidos granulares de combustión, gasificación y pirólisis consiste de silos para el almacenamiento de una cantidad de productos, que permiten un flujo uniforme de material y las compañías que la transferencia de lo apropiado del contenido del silo para el reactor. El sistema de energía del bagazo de caña de azúcar se propone sobre la base de los sistemas utilizados en la actualidad, que consiste en un silo, una tolva (sección de salida) y un transportador de tornillo. También presenta un mezclador, paredes móviles de la cinta transportadora tipo en la sección de tolva y un sistema de enfriamiento para el transportador de tornillo. El bagazo de caña de azúcar almacenado en el silo se desarrolla la inestabilidad y las tensiones vinculadas a la interrupción del sistema de abastecimiento, y se entrelazan las fibras y la presencia de polvo cohesivo. Estas características contribuyen a la formación de arcos en la sección de salida del silo. El uso de auxiliares descritos, tales impedimentos de alimentación de bagazo de caña de azúcar fueron eliminados.

Palabras clave: Sistemas de alimentación, Sólidos granulares, Biomasa.

Introdução

O conteúdo de energia da biomassa pode ser explorado por combustão direta ou outros processos de conversão: físicos, biológicos e termoquímicos.

Os combustíveis sólidos são utilizados tipicamente em fornos e fornalhas, onde são aquecidos sob condições controladas. O comportamento das reações de combustão, gaseificação ou pirólise depende da estabilidade da dosagem efetuada pelo sistema de alimentação e o seu mau funcionamento pode tornar a utilização do combustível impraticável devido aos custos de manuseio e manutenção (SCHOFIELD & SUTTON, 1977). As características do material ensilado também podem comprometer o processo devido ao teor de umidade e o caráter polidisperso do bagaço de cana-de-açúcar sobre seus desempenhos de transporte (NEIVA, 1998).

Na maioria das aplicações existentes que utilizam a biomassa como fonte energética há problemas na alimentação nos processos devido à morfologia variada, dificultando o seu uso. O sistema de alimentação necessita de um equipamento que permita variar parâmetros como a descarga e a velocidade de injeção de combustível. Tais sistemas podem ser classificados como: contínuos, mecânicos ou pneumáticos.

No presente trabalho foi desenvolvido um novo alimentador para controlar a alimentação contínua de bagaço de cana, de granulometria bem definida em detrimento às necessidades requeridas no processo de pirólise rápida, num reator de leito fluidizado.

Sistemas de Alimentação

Os sistemas de alimentação de sólidos granulares para reatores de combustão, gaseificação e pirólise compõem-se de silos destinados ao armazenamento de uma quantidade do produto. Silos são construções destinadas ao armazenamento de materiais sólidos a granel. A retirada destes materiais requer o escoamento do material para sua parte inferior, onde normalmente há uma seção convergente denominada tremonha, com capacidade de dispensar o seu conteúdo de forma regulada pela abertura inferior do sistema. No escoamento deste material pela tremonha podem ocorrer vários tipos de obstrução como arcos

ou formação de um tubo no centro do silo. O arco é um fenômeno que pode interromper completamente a saída do material no silo.

O arco é um tipo de estrutura que pode ocorrer na tremonha de silos verticais durante o escoamento do material, denominados de coesivo ou intertravante, também chamado arco mecânico (MARINELLI & CARSON, 1992; CALIL Jr., 1990).

Segundo Jenike (1964) os limites de escoamento dependem do ângulo de inclinação das paredes do silo, do ângulo de atrito com as paredes e do ângulo de atrito interno do material, tanto para silos com tremonha cônica quanto para silos de tremonha em cunha.

Propriedades do Sólido Granular

O bagaço de cana, sólido granular estudado, apresenta grande tendência de formação de arco mecânico, devido ao entrelaçamento de suas fibras e da presença de pó coesivo, dificultando seu escoamento pelo sistema. Problemas relacionados à segregação foram sanados neste estudo com o emprego de uma distribuição granulométrica bem definida, cujo diâmetro médio de Sauter obtido do bagaço de cana de açúcar empregado foi de 234 μm .

O projeto e a construção do sistema de alimentação apresentado neste trabalho foram baseados nos parâmetros de aplicação do processo empregado, ou seja, na pirólise rápida de bagaço de cana-de-açúcar. Um dos fatores controladores do processo é a distribuição granulométrica bem definida, para que a transferência de massa no processo não interfira nos resultados finais.

O Sistema de Alimentação Proposto

Foi desenvolvido um novo alimentador para controlar a alimentação contínua de bagaço de cana num reator de leito fluidizado. O equipamento foi construído em aço carbono 1020 numa nova configuração que consiste de duas esteiras e um misturador para evitar arco mecânico (Figura I). É constituído de um moto-redutor de 0,25 cv de potência, com uma redução de 1:10. A conexão do moto-redutor com a rosca transportadora foi feita por corrente, com uma redução de 1:2. A rosca transportadora possui um sistema de refrigeração (Figura II) para

evitar a ocorrência de degradação térmica do material a ser alimentado antes mesmo de ser introduzido no reator. O sistema consistiu de tubos coaxiais onde no tubo interno injeta-se água na temperatura ambiente até a extremidade da rosca, introduzida no leito fluidizado, e o tubo externo conduz o fluido para a refrigeração das paredes do eixo da rosca, em contato com o bagaço de cana, reduzindo os efeitos térmicos condutivos da rosca transportadora para a biomassa e a degradação deste material neste local.

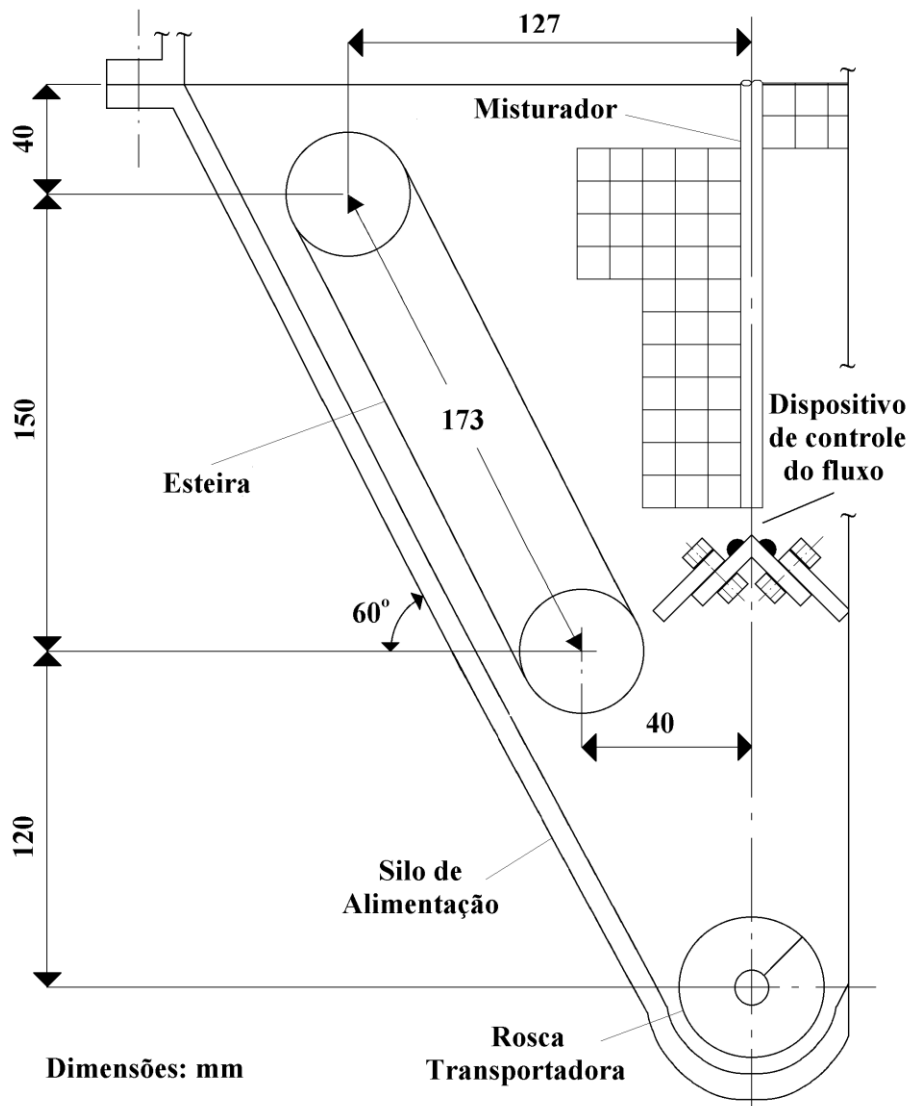


Figura I: Detalhe interno do sistema de alimentação – tremonha (CAMARGO, 2006).

Figura II

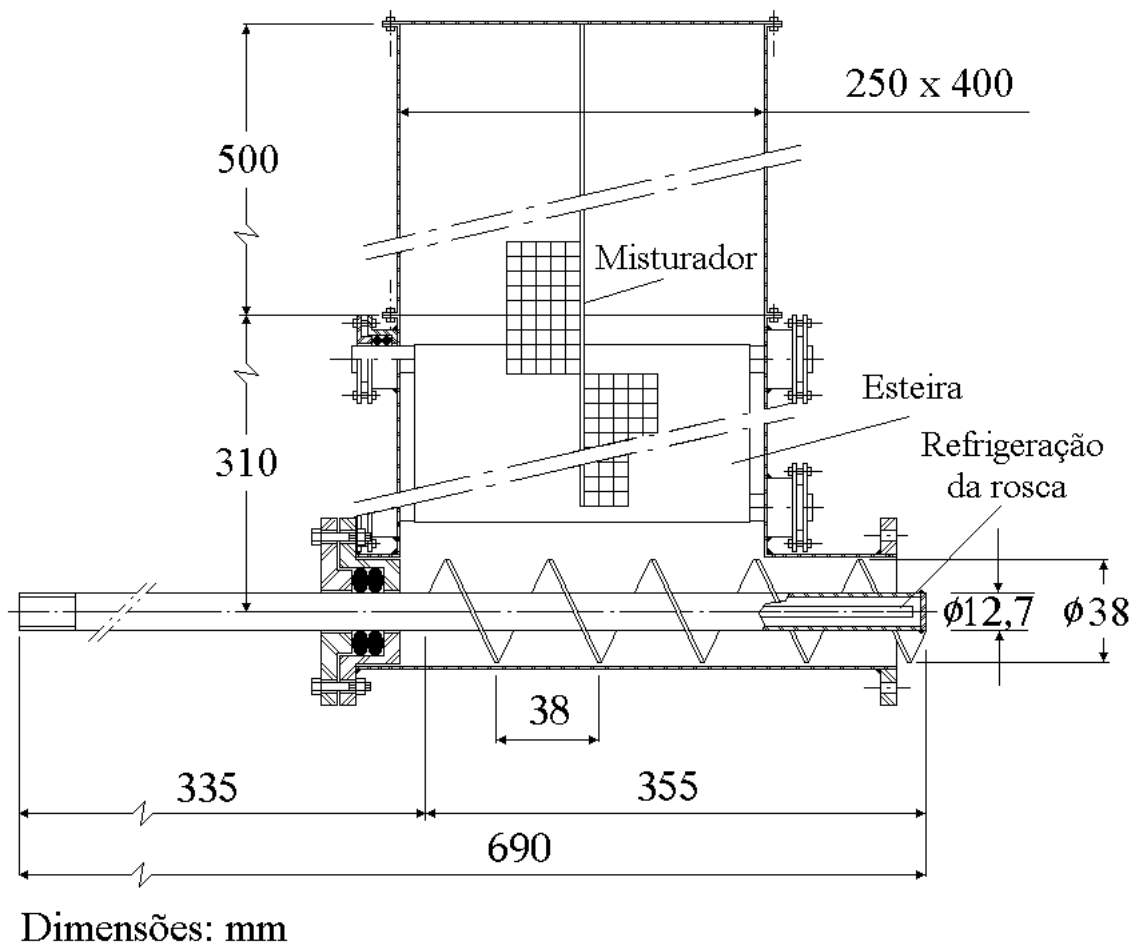


Figura 2: Sistema de alimentação (CAMARGO, 2006).

Baseado na metodologia de cálculo de Garcia (1987) obteve-se a potência necessária para o funcionamento do sistema de alimentação proposto baseada na descarga requerida. Para a consideração das resistências ao movimento (atrito interno, atrito com a parede, canal e parafuso), a metodologia elaborada por Garcia (1987) utiliza ω_o , denominado coeficiente total de resistência ao

movimento do material que se transporta, obtido experimentalmente. Segundo a característica do material empregado neste trabalho, seu valor segundo Garcia (1987) vale $\omega_0 = 2,5$.

Para a determinação da rotação da rosca, baseada na descarga requerida é obtida pela equação (1)

$$Q_m = 47 D^2 P n \psi \rho K \quad (1)$$

Q_m : Descarga (kg/h);

D: Diâmetro da rosca (m);

P: Passo (m);

n: rotação (rpm);

ψ : coeficiente de enchimento (-);

ρ : massa específica do material (kg/m^3);

K: coeficiente que considera o ângulo de inclinação da rosca com relação a horizontal.

Para a determinação da potência do motor, baseada na descarga requerida é obtida pela equação (2):

$$N = \frac{Q_m L \omega_0}{367 \eta} \quad (2)$$

η : eficiência de transmissão (usualmente de 0,85);

L: comprimento do transportador (m).

Resultados

Testes experimentais foram realizados com o silo de alimentação, sendo preenchido com bagaço de cana-de-açúcar até uma determinada altura, nivelando a segunda pá do misturador. O resultado é apresentado na Figura III.

Quando a rosca transportadora parava de alimentar acionava-se o misturador (Figura IV), acarretando em uma volta completa deste dispositivo dentro do silo. Foram realizados 9 testes e em todos eles foi verificado que o retorno da alimentação acontecia 1 minuto após a quebra do arco mecânico por parte do misturador (Figura V).

Através dos dados coletados nos experimentos, um procedimento de acionamento do misturador foi adotado e dois novos testes foram realizados e os resultados foram 512,206 g no primeiro e 520 g no segundo, num período de 30 minutos.

Figura III

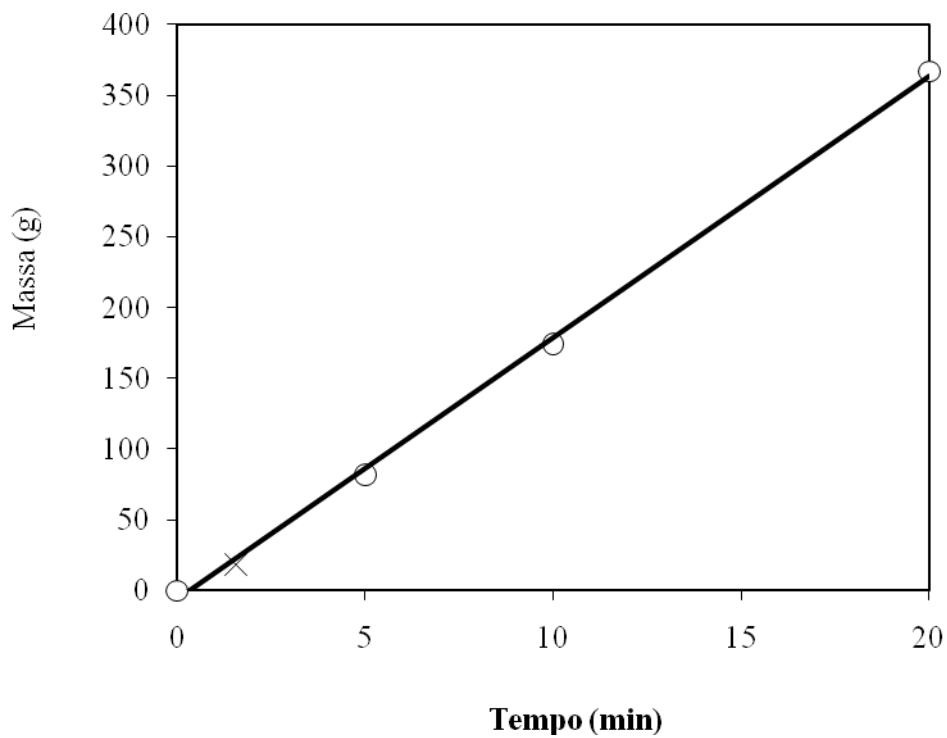


Figura III: Descarga de bagaço de cana-de-açúcar (234 μm)

Figura IV

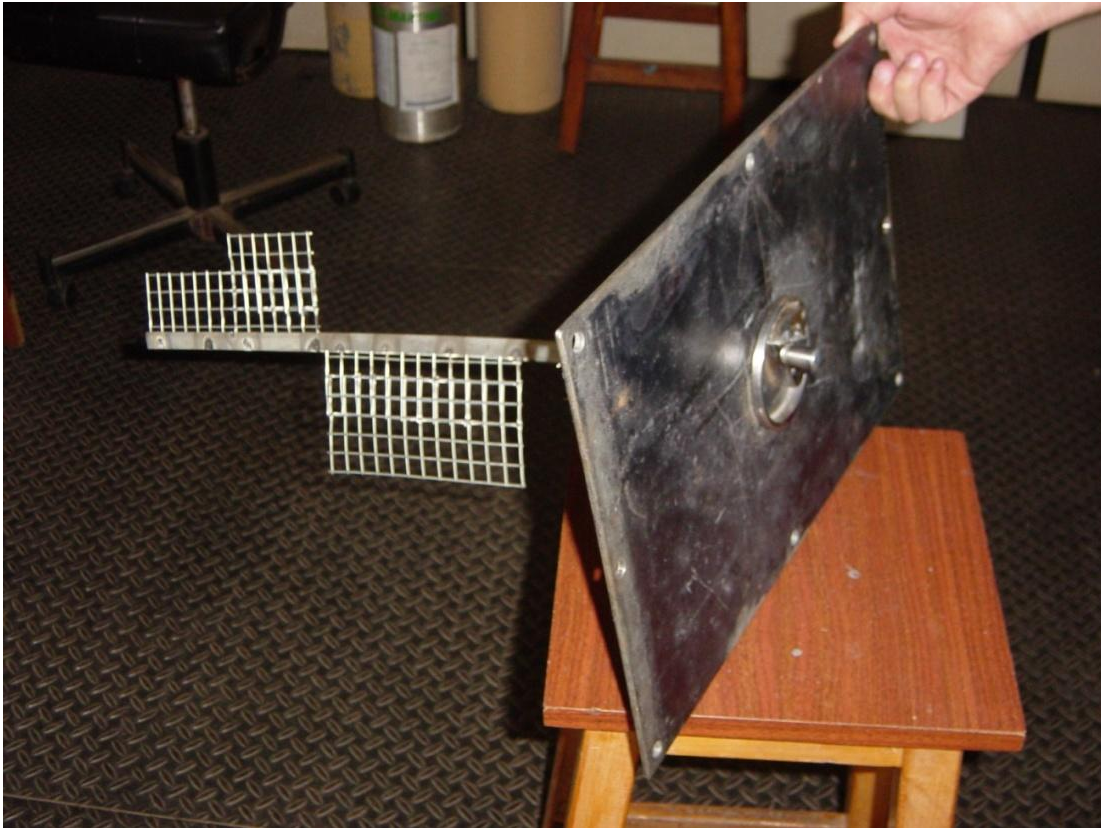


Figura IV: Detalhe do misturador acionado manualmente (CAMARGO, 2006).

Figura V



Figura V: Detalhe do arco mecânico defeito (CAMARGO, 2006).

Conclusões

O sistema de alimentação projetado e testado utilizou de alternativas simples para evitar arcos mecânicos e falhas na alimentação do combustível, promovendo o fornecimento contínuo de material para o processo. As alternativas aqui apresentadas referem-se ao respeito à altura e largura de entrada da rosca transportadora, à movimentação do misturador e a movimentação das paredes da tremonha por meio das correias transportadoras, para evitar a segregação do material ensilado.

Referências

CALIL Jr., C ., **Recomendações de Fluxo e de Cargas para Projetos de Silos Verticais**. São Carlos: EESC, USP, 1990.

CAMARGO, F. L. **Estudo da Pirólise Rápida de Bagaço de Cana em Reator de Leito Fluidizado Borbulhante**. Campinas: UNICAMP, 2006.

GARCIA, A. D.; Equipos para el transporte de materiales de la Industria Azucarera. **Transportadores y bombas**. Ed. ISPJAM, Santiago de Cuba, 1987.

JENIKE, A.W., **Storage and Flow of Solids-Bulletin 123**, University of Utah, Engineering Experimentation Station, Salt Lake City, nov., 1964.

MARINELLI, J., CARSON, J. W., Solve solids flow Problems in Bins, Hoppers, and Feeders. **Chem. Eng. Progress**, p. 22-28, May 1992.

NEIVA, A. C. De BARROS. **Estudo de alimentadores de bagaço de cana-de-açúcar para reatores atmosféricos**. Campinas, UNICAMP, 1998.

SCHOFIELD, C., SUTTON, H.M. - **Systems** Approach for In-Plant Bulk Materials Handling. **Chemical Engineering**, p.103-110; Mar, 1997.