



[página inicial](#) | [resumos expandidos](#) | [índice onomástico](#)

Modelo de Simulação para o Sistema de Corte, Carregamento e Transporte de Cana-de-açúcar: um estudo de caso no Estado do Rio de Janeiro

João José de Assis Rangel*
Leonardo do Espírito Santo Francisco**

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo de simulação para o sistema de corte, carregamento e transporte da cana-de-açúcar (conhecido como CCT) das frentes de corte até uma usina localizada no norte do Estado do Rio de Janeiro. O objetivo do modelo foi analisar parâmetros do sistema, a partir do carregamento de cana-de-açúcar, sendo estes influenciados por operações de descarregamento na usina. Foi avaliado, então, o impacto do tempo de descarregamento da cana na usina e as suas implicações no sistema de corte, carregamento e transporte, considerando diferentes cenários.

Palavras-chave: Simulação computacional. Cana-de-açúcar. Logística. CCT - Corte, carregamento e transporte.

Introdução

O aumento da utilização dos biocombustíveis em escala mundial provocou, nos últimos anos, uma expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil, sendo registrada uma evolução da produção de cana-de-açúcar de 252.389.982 toneladas, na safra 2000/2001, para 391.035.669 toneladas, na safra 2005/2006 (NUNES *et al.*, 2007). Um aumento de 55% (ARJONA *et al.*, 2001; DIAZ, PERES, 2000).

Comparando Estados como São Paulo e Paraná com o Rio de Janeiro, verifica-se que, no Estado do Rio de Janeiro, a produtividade ainda é baixa. Em São Paulo e Paraná, obtém-se 70% a mais de açúcar, por hectare, que no Estado do Rio de Janeiro (VEIGA *et al.* 2006). Estes números podem ser explicados pela questão de a produção do Estado do Rio de Janeiro estar concentrada na região Norte Fluminense, principalmente, no município de Campos dos Goytacazes, onde a cultura da cana-de-açúcar já é tradicional há séculos.

Este trabalho utiliza dados de uma usina localizada em Campos dos Goytacazes, no norte do Estado do Rio de Janeiro, como campo de estudo e análise. Um dos problemas levantados é que esta região, por possuir tradicional atividade agrícola, apresenta muitos minifúndios. Do ponto de vista das operações agrícolas com tecnologias modernas, este fato apresenta-se como uma dificuldade, já que as colheitadeiras atuais precisam de grandes extensões de terra para apresentar maior produtividade (CARVALHO, 2007).

O presente trabalho teve com objetivo a construir um modelo de simulação para o sistema de corte, carregamento e transporte (CCT) de cana-de-açúcar das Frentes de Corte até o desembarque na usina.

* Doutor. CEFET Campos.

** Bacharelado em Engenharia. CEFET Campos.

1 Sistema de Corte, Carregamento e Transporte da Cana-de-açúcar (CCT)

O sistema logístico responsável pelo suprimento de matéria-prima (cana-de-açúcar) às usinas é conhecido como CCT. Este sistema opera da seguinte forma: o corte da cana-de-açúcar pode ser feito sem queimadas (cana crua) ou com queimadas e o carregamento pode ser feito de forma manual, semi-automática (com embarcadeiras, também conhecidas como Moto Cana) ou mecanizada (com colheitadeiras). O transporte é feito, quase em sua totalidade, por caminhões. As Frentes de Corte (FC) são o local onde ocorre o corte e o carregamento da cana-de-açúcar nas lavouras. Nas FC, existe grande concentração de máquinas e operários e, também, um sistema logístico importante a ser gerenciado. A Figura 1, a seguir, ilustra a forma de carregamento manual.

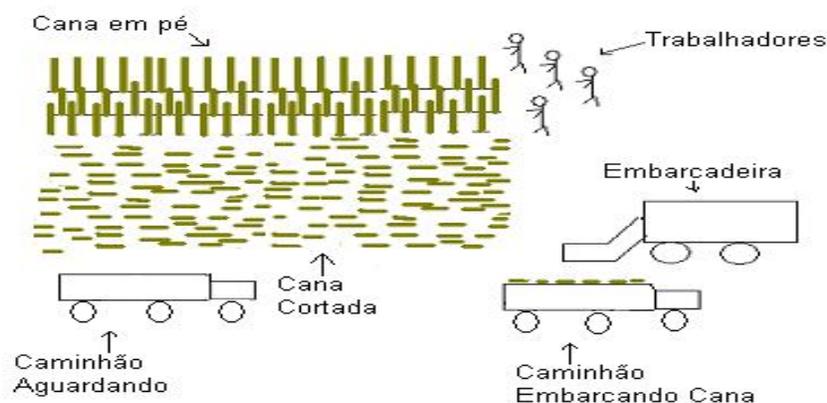


Figura 1: Processo de corte e embarque manual da cana

A Tabela 1 apresenta algumas das diferenças básicas entre as operações de corte e carregamento da cana-de-açúcar, nas formas manual e mecanizada.

Tabela 1:
Corte manual x mecanizado

| MANUAL | MECANIZADO |
|---|--|
| Muitos operários no campo | Poucos operários no campo |
| Necessidade de embarcadeira | Ausência de embarcadeira |
| Ausência de colheitadeira | Presença de colheitadeira |
| 7 toneladas de cana por operário, por dia | 800 toneladas de cana por colheitadeira, por dia |
| Independe do tamanho da lavoura | Necessidades de lavouras extensas |

2 Descrição do Modelo de Simulação do Sistema

A simulação é definida, segundo Harrel (2002), como um processo de experimentação sobre um modelo simplificado de um sistema real tendo como objetivo determinar como o sistema responderá às mudanças em sua estrutura, ambientes ou condições de contorno.

A Figura 2 mostra o modelo conceitual do sistema CCT. Utilizaram-se os elementos do IDEF-SIM (LEAL, 2008) para descrição do respectivo modelo contendo duas Frentes de Corte manuais (FC1 e FC2). As FC geram 3000 toneladas e 2000 toneladas de cana-de-açúcar, respectivamente. A cana cortada é gerada no momento inicial da simulação, bem como, a frota de 25 caminhões por FC. Cada caminhão possui capacidade de 16ton e pertencem a uma FC especificamente. O modelo foi traduzido para o Arena®12 para realização das simulações computacionais.

O objetivo da simulação foi avaliar a operação de carregamento da cana-de-açúcar, considerando a influência das operações anteriores e posteriores ao referido carregamento.

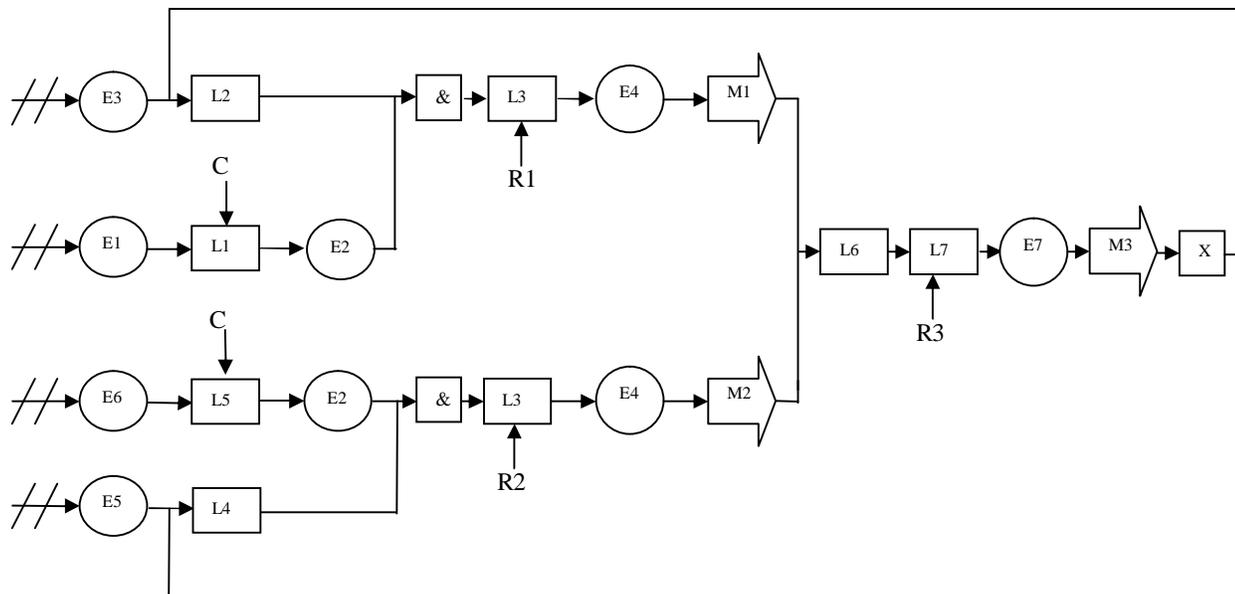


Figura 2: Modelo conceitual do sistema CCT. Os elementos estão descritos na Tabela 2

3 Apresentação e análise dos resultados

3.1 Projeto experimental das simulações

Foram simulados dez cenários para avaliar a influência do tempo de desembarque da cana-de-açúcar no sistema de Corte, Carregamento e Transporte. Na montagem dos cenários para simulação do modelo, manteve-se fixa a dimensão da frota de caminhões, tempo de carregamento, quantidade de cana-de-açúcar cortada em cada FC, quantidade de embarcadeiras e tempos de transporte. Estes cenários estão descritos na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2
Cenários simulados

| Cenários | Tempo Desembarque (min) | Cana cortada sem embarcar (Toneladas) | Cenários | Tempo Desembarque (min) | Cana cortada sem embarcar (Toneladas) |
|----------|-------------------------|---------------------------------------|----------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Normal(10,5) | 2152ton | 6 | Normal(5,2.5) | 536ton |
| 2 | Normal(9,4.5) | 1992ton | 7 | Normal (4,2) | 8ton |
| 3 | Normal(8,4) | 1576ton | 8 | Normal (3,1.5) | 8ton |
| 4 | Normal(7,3.5) | 1256ton | 9 | Normal (2,1) | 8ton |
| 5 | Normal(6,3) | 952ton | 10 | Normal (1,0.5) | 8ton |

3.2. Análise dos resultados

Os resultados obtidos por meio da simulação do modelo mostram que para um valor de tempo médio de desembarque entre 1 e 4 minutos, praticamente, toda a cana-de-açúcar é embarcada nos caminhões e transportada para a usina. O fato de ficarem 8 toneladas de cana sem embarque ocorreu devido à questão de o caminhão ter capacidade para 16 toneladas e o modelo, então, não embarcar um valor inferior à sua capacidade.

À medida que o tempo de desembarque da cana-de-açúcar na usina aumenta, acima de 4 minutos, começa a aumentar, proporcionalmente, também, a quantidade de cana que fica cortada na FC sem ser embarcada e, conseqüentemente, sem ser também transportada para a usina. Foi verificado que, com o tempo simulado de 10 minutos (cenário 1), ficaram 2152 toneladas de cana cortada na FC sem embarque. Com a redução do tempo, diminui esta quantidade, chegando a 536 toneladas para um tempo simulado de 5 minutos (cenário 6).

Assim, as simulações indicaram que existe um gargalo no sistema de CCT associado ao desembarque da cana-de-açúcar na usina. Este gargalo apresenta-se como uma conseqüência da capacidade da frota de caminhões, em função do tempo de desembarque da cana na usina. O sistema de embarque, associado às embarcadeiras (capacidade e quantidade) apresentou pouca influência nas operações do sistema quando comparado com o tempo de desembarque da cana na usina.

4 Conclusões

O modelo proposto neste trabalho descreveu, adequadamente, as operações de Corte, Carregamento e Transporte (CCT) da cana-de-açúcar das Frentes de Corte (FC) até uma usina. Mais precisamente, o modelo avaliou o impacto do tempo de desembarque da cana-de-açúcar na usina e a sua influência nas operações de campo (CCT). Os resultados mostraram-se em conformidade com os dados da literatura, principalmente, em relação à integração do sistema de recepção de cana-de-açúcar na usina com as operações agrícolas nas Frentes de Corte, como citado em Iannoni e Morabito (2002).

Mais especificamente, as simulações dos diversos cenários do sistema modelado demonstraram que o tempo de desembarque da cana na usina tem maior relevância sobre o sistema de

CCT que, por exemplo, o número de embarcadeiras em uma FC. As simulações demonstraram que a forma de reduzir a quantidade de cana cortada, que fica na FC, seria por meio da redução do tempo de desembarque da cana na usina ou pelo aumento da frota de caminhões.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação Estadual do Norte Fluminense (FENORTE) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo suporte financeiro para esta pesquisa. Gostariam de agradecer, ainda, à direção da Usina Sapucaia pelo fornecimento de dados, ao professor Luiz Eduardo de Campos Crespo (Presidente da ASFLUCAM) e ao professor Ivan Ferreira Morgado (UFRRR) pelas sugestões.

Referências

CARSON II, J. Introduction to modeling and simulation. *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*. Miami, USA, 2004, p. 9-16.

CARVALHO, A. S. *Otimização do corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar em usinas da região Norte-Fluminense*. Monografia do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos - Curso de Pós Graduação *lato sensu* em Produção de Sistemas, 2007.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria e aplicações*, Bravarte, 2006.

FREITAS FILHO, Paulo José de. *Introdução a modelagem e simulação de sistemas*. 2. ed. São Paulo: Editora Visual, 2008. 372 p.

HIGGINS, A. Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: a case study at an Australian sugar mill. *European journal of operational research*, p. 987-1000, 2006.

IANNONI, A. P.; MORABITO, R. Análise do sistema logístico de recepção de cana-de-açúcar: um estudo de caso utilizando simulação discreta. *Gestão e Produção*, v. 9, n. 2, p.107-128. São Carlos, SP, 2002.

MARIA, A. Introduction to modeling and simulation. *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*. Miami, USA, p. 7-13, 1997.

MARQUESINI, A. G.; SANCHES, R. B.; SOUZA, J. W. M. Modelo matemático para otimizar a roteirização mensal das frentes de colheita de cana de açúcar em usinas sucroalcooleiras. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - XII SIMPEP*, Bauru, SP, 2006.

NUNES JUNIOR, D. *et al. Indicadores Agrícolas do Setor Sucroalcooleiro*. São Paulo, SP: Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial Ltda., 2007. 113 p.

PRICHANONT, K.; PRICHANONT, S.; BURANSRI, N. Improvement guidelines for sugar cane delivery systems. *In: 35th INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS AND INDUSTRIAL ENGINEERING*, Istanbul, Turkey, p. 1585- 1590, 2005.

ROCHA, F. L. R. *Análise dos fatores de risco do corte manual e mecanizado da cana-de-açúcar no Brasil segundo o referencial da promoção de saúde*. Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado), 2007.

SILVA, J. E. A. R.; ALVES, M. R. P. A. utilização de simulação computacional no gerenciamento de sistema de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - X SIMPEP*, Bauru, SP, 2003.

VEIGA, C. F. M.; VIEIRA, J. R.; MORGADO, I. F. *Diagnóstico da cadeia produtiva de cana-de-açúcar do Estado do Rio de Janeiro*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. 107 p.



[página inicial](#) | [resumos expandidos](#) | [índice onomástico](#) | [ir para o topo](#)