

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

Simulation model for Cutting, Loading and Transportation of sugar cane – a case study in the State of Rio de Janeiro

João José de Assis Rangel^{*}
Leonardo do Espírito Santo Francisco^{**}
Viviane Palmeira Nogueira^{***}
Dalessandro Soares Vianna^{****}
Edwin Benito Mitacc Meza^{*****}

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.

In this research, a simulation model was developed for the cut, loading and transportation system of sugar cane from the cutting stage to a mill located in the north of Rio de Janeiro. The aim of the model was to analyze parameters of the system starting with the loading of sugar cane, since it is influenced by unloading operations in the mill. We evaluated the impact of the unloading time of the sugar cane in the mill and its implications in the cutting, loading and transportation system, considering different scenarios.

Palavras-chave: Simulação computacional. Cana-de-açúcar. Logística. CCT (Corte, Carregamento e Transporte).

Key words: Computational simulation. Sugar cane. Logistics. CLT (Cut, loading and transportation).

1 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 milhões de toneladas na safra 2000/2001 para 391 milhões de toneladas na safra 2005/2006 (NUNES *et al.*, 2007), um aumento de 55%. Este fato foi proporcionado pela expansão do número de novas usinas, pelo crescimento e modernização da lavoura canavieira e pela ampliação dos

^{*} Doutor. IF Fluminense *Campus* Campos-Centro.

^{**} Bacharelado - Engenharia. IF Fluminense *Campus* Campos-Centro.

^{***} Bacharelado - Engenharia. UCAM Campos.

^{****} Doutor. IF Fluminense *Campus* Campos-Centro.

^{*****} Doutor. UCAM Campos.

investimentos na modernização das unidades industriais já existentes no país (ARJONA *et. al.*, 2001) (DIAZ; PERES, 2000).

Comparando o Brasil com os EUA, constata-se, atualmente, uma superioridade norte americana em relação à quantidade de etanol produzido. No entanto, em relação à produtividade, o Brasil possui números mais expressivos, uma vez que produz etanol a partir da cana-de-açúcar, enquanto os EUA produzem a partir de milho. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e é mais avançado do ponto de vista tecnológico na produção e no uso do etanol como combustível, tendo, assim, uma liderança alcançada com pioneirismo e investimentos crescentes em pesquisa e desenvolvimento de novos métodos e processos agroindustriais (IANNONI; MORABITO, 2002).

No entanto, os números no país ainda não são equilibrados. 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. Nestes Estados 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. A Figura 1 mostra o gráfico com a área onde foi colhida cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro na década passada.

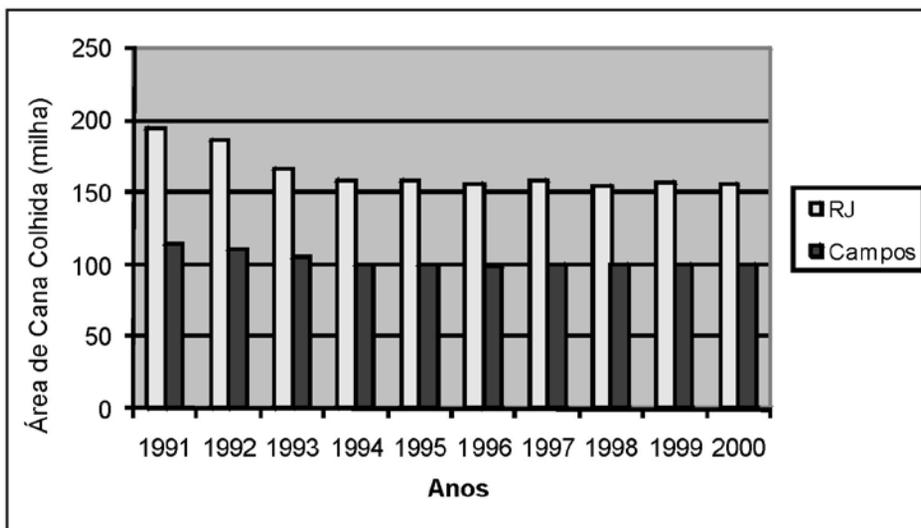


Figura 1: Área com cana plantada no RJ na década de 90.

Fonte: IBGE (modificado).

Na Figura 1, pode ser constatado que o município de Campos dos Goytacazes é o principal município produtor de cana-de-açúcar do Estado do Rio de Janeiro.

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 colhedoras atuais precisam de grandes extensões de terra para apresentar maior produtividade (CARVALHO, 2007).

Atualmente, as usinas de produção de açúcar e etanol da região têm iniciado investimentos em novas tecnologias, aplicadas tanto nas unidades industriais como nas atividades de Corte, Carregamento e Transporte (CCT) da cana-de-açúcar (VEIGA *et. al.*, 2006). Este fato tem demandado a aplicação de novos métodos e equipamentos de automação no setor. Mesmo assim, a mecanização da lavoura canavieira Fluminense ainda não ultrapassa 6%. Ao contrário dos elevados índices de mecanização existentes em outros Estados do país, como os 46,9% de mecanização do corte na região de Ribeirão Preto, SP (NUNES *et. al.*, 2006). Estes dados podem ser confrontados com o desempenho alcançado pela atividade sucroalcooleira nos Estados do Rio de Janeiro e em São Paulo e Paraná, como foi mencionado, o que aponta para a conclusão de que muito deve ser feito no setor sucroalcooleiro do Estado do Rio de Janeiro para que se alcancem melhores resultados nas atividades de produção de açúcar e etanol.

Neste contexto, a logística associada, mais especificamente ao CCT da cana-de-açúcar, tornou-se uma parte importante desta agenda, para, desta forma, permitir que a fronteira canavieira avance de maneira competitiva e sustentável no Estado do Rio de Janeiro e no país. Em relação ao corte da cana-de-açúcar, há um fato que chama muito a atenção, associado ao corte manual com operários quando é realizada a queima da cana precedendo o corte. Este procedimento rudimentar gera uma série de consequências, obrigando o país a adotar medidas punitivas para tentar inibir esta prática, como a Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, do Estado de São Paulo. A Lei prevê a extinção, de forma gradativa, desta forma de atividade em um prazo de 20 anos.

Com a alteração prevista na forma de corte da cana-de-açúcar, espera-se, por consequência, implicações na atividade subsequente, que são o carregamento da cana e posteriormente o seu transporte. Os sistemas logísticos são fundamentais para melhorar a eficiência operacional das usinas de cana-de-açúcar (GAL *et. al.*, 2008). O problema importante nesses sistemas é como coordenar os processos de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar do campo até a área industrial, de maneira a suprir, adequadamente, a demanda necessária na área industrial. Dois pontos são importantes neste contexto: o primeiro diz respeito ao custo do corte, do carregamento e do transporte que representa, aproximadamente, 30% do custo da produção da cana, e somente o transporte equivale a 12% desse total. O segundo diz respeito ao tempo para entrega da cana-de-açúcar às usinas. É necessário que a moagem seja realizada em apenas trinta e seis horas. Do contrário, os açúcares redutores existentes deterioram-se tornando a cana-de-açúcar menos produtiva (HIGGINS, 2006).

Desta forma, o presente trabalho teve com objetivo a construção de 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. O modelo considerou o sistema composto por elementos das operações de carregamento do tipo semimecanizada na Frente de Corte, contendo o corte e as carregadoras de cana, no caso. Considerou, ainda, o transporte feito por uma frota fixa de caminhões e as filas para o desembarque da cana-de-açúcar no pátio da usina. Assim, por meio de diferentes parâmetros do sistema, como número de carregadoras de cana, quantidade de cana cortada, tempos de corte, embarque e desembarque, dentre outros, pôde-se avaliar a influência das operações realizadas na usina e o impacto destas nas operações de campo.

2 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, semimecanizada (com carregadoras de cana) ou mecanizada (com colhedoras). 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 existem grande concentração de máquinas e operários e, também, um sistema logístico importante a ser gerenciado.

No corte manual, tem-se a presença de muitos operários na lavoura. Estes trabalham em situações, muitas vezes, precárias e estão expostos, normalmente, a vários riscos como: chuvas fortes, altas temperaturas, presença de poeiras provenientes da terra, da fuligem da cana, de animais peçonhentos, riscos decorrentes do manuseio com o facão e também com o uso inadequado de equipamento de proteção individual. A exposição constante à poeira vinda do solo e à fuligem da cana queimada pode gerar o aparecimento de doenças respiratórias, como rinites, sinusites, bronquites, dentre outras. Além disso, a fuligem pode, ainda, provocar incêndios e explosões e, também, sujeira nas residências, quando levada pelo vento (ROCHA, 1999).

Por outro lado, o que faz com que as queimadas ainda não tenham sido eliminadas, e sejam ainda muito utilizadas, é o desempenho do corte com a cana queimada que é superior quando comparado com a cana crua. As queimadas facilitam o corte, tanto para o trabalhador (corte manual) quanto na operação das colhedoras (corte mecanizado), além de eliminar animais peçonhentos das lavouras, reduzindo o risco para os trabalhadores do corte manual. Esse aproveitamento, em alguns casos, é superior em cerca de 30% em relação ao da cana crua (ROCHA, 1999).

As Figuras 2 e 3, a seguir, ilustram as diferenças decorrente das operações de corte e carregamento semimecanizado e mecanizado, respectivamente.

No corte semimecanizado, Figura 2, os trabalhadores cortam a cana-de-açúcar normalmente queimada disponível na FC e a deixa cortada no chão. Esta cana, por

sua vez, será recolhida por uma carregadora de cana mecânica que irá colocá-la nos caminhões para fazerem o transporte. A ocupação da carregadora de cana dependerá da quantidade de cana cortada na FC e da disponibilidade dos caminhões que está diretamente ligada ao tempo de desembarque da cana na usina.

No corte mecanizado (Figura 3) a colhedora realiza, concomitantemente, as operações de corte e embarque da cana nos caminhões. Neste caso, a cana pode estar crua ou queimada. Ou seja, no caso das operações com as colhedoras (corte mecanizado), tanto o corte como o embarque são realizados por uma única máquina em uma única operação. Assim, as colhedoras substituem o trabalho dos operários no corte da cana e também das carregadoras de cana.

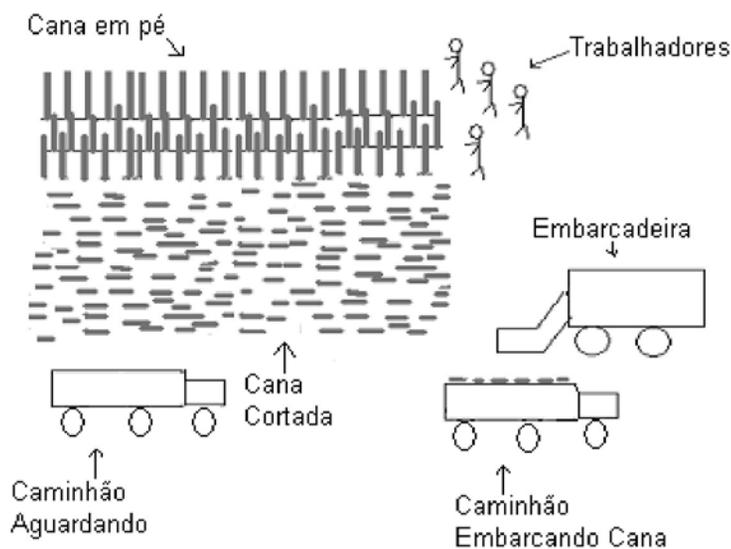


Figura 2: Processo de corte e embarque semimecanizado da cana.

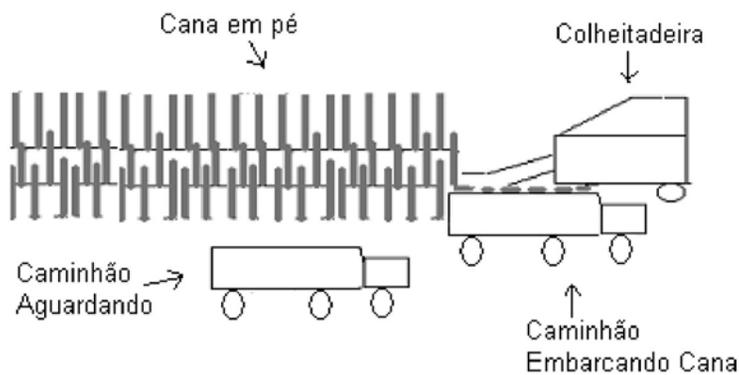


Figura 3: Processo de corte e embarque mecanizado da cana.

A Tabela 1 apresenta um quadro comparativo com algumas diferenças básicas referentes às operações de corte e carregamento da cana-de-açúcar, nas formas: semimecanizada e mecanizada.

Tabela 1
Corte Semi mecanizado x Mecanizado

SEMIMECANIZADA	MECANIZADO
Muitos operários no campo	Poucos operários no campo
Necessidade de carregadora de cana	Ausência de carregadora de cana
Ausência de colhedora	Presença de colhedora
7 toneladas de cana por operário por dia	800 toneladas de cana por colhedora por dia
Independente do tamanho da lavoura	Necessidades de lavouras extensas

3 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. Para o desenvolvimento do modelo para simulação computacional do sistema aqui proposto, foi seguida a metodologia proposta por Maria (1997), seguindo os seguintes passos: formulação e análise do problema; planejamento do projeto; formulação do modelo conceitual; coleta de macroinformações e dados; tradução do modelo; verificação e validação; projeto experimental; experimentação; interpretação e análise estatística dos resultados; comparação de sistemas e identificação da melhor solução; documentação e apresentação dos resultados e implementação (SÁNCHEZ, 2007).

A Figura 4 mostra o modelo conceitual do sistema CCT. Utilizaram 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 pertence 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. Foi escolhido, para este trabalho, o corte de cana-de-açúcar manual, devido ao fato de ser o principal utilizado na região Norte Fluminense. A Tabela 2, a seguir, descreve os elementos do modelo mostrado na Figura 4 com seus respectivos parâmetros.

O embarque da cana é feito na FC utilizando a carregadora de cana (motocana), podendo variar em número dependendo do tamanho da FC. O tempo médio de embarque foi de 18 minutos, utilizando-se duas carregadoras de cana em cada FC.

Terminado o embarque, os caminhões carregados em ambas FC seguem com a cana para a usina. O tempo de viagem varia em relação à ida e volta e também em relação à FC, como mostrado na Tabela 2. Ao desembarcar a cana na usina, os caminhões retornam para a mesma FC de origem.

Foram realizados testes de aderência, a fim de se poder afirmar que a distribuição normal é estatisticamente adequada para representar os dados do sistema. Este procedimento foi estendido para todos os parâmetros do sistema, levando à conclusão de que todas elas podem ser aproximadas por uma distribuição Normal. Ressalta-se que a distribuição Normal é utilizada sempre que a aleatoriedade for causada por fontes independentes agindo de forma aditiva (FREITAS FILHO, 2008). Apesar de se ter mostrado adequada, a distribuição Normal pode não ser a melhor para aderir ao conjunto de dados. Trabalhos futuros poderão ser ainda realizados para avaliar melhor este comportamento, levando em consideração um conjunto maior de dados.

Na usina, o caminhão inicia o processo de desembarque. Inicialmente, passa pela fila da balança para pesagem; depois, pela fila de retirada da amostra para a análise da sacarose e segue, então, para o desembarque propriamente dito. Após o desembarque da cana-de-açúcar o caminhão retorna à balança, mais uma vez. Toda esta operação descrita para o desembarque da cana foi modelada em um único processo, com tempo médio de 10 min. Após o desembarque, o caminhão retorna para a FC de origem.

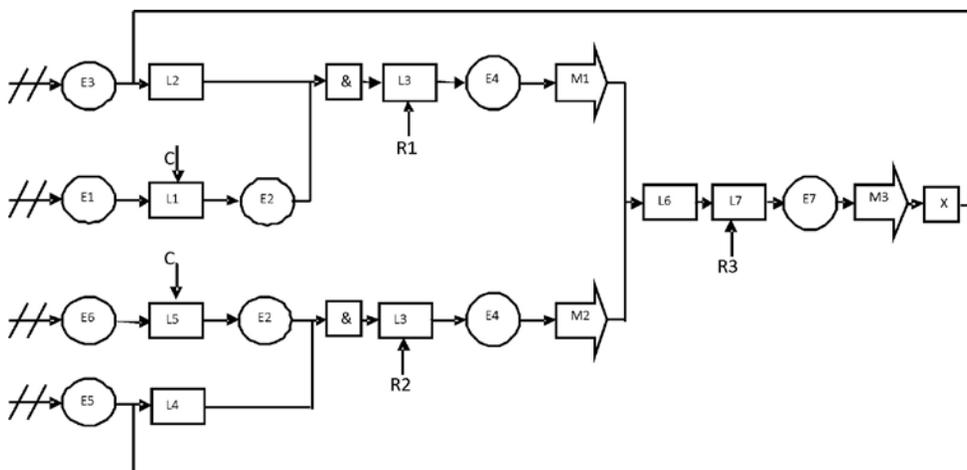


Figura 4: Modelo conceitual do sistema CCT. Os elementos estão descritos na Tabela 2.
*Obs.: O símbolo & representa a regra lógica E (pertencente à simbologia do IDEF-SIM).

Tabela 2
Descrição dos elementos e parâmetros utilizados no sistema

Elemento	Descrição	Parâmetro/Significado
E1	Cana cortada FC 1	1 tonelada por entidade (total de 3000 toneladas/dia)
E2	Cana agrupada para embarque	16 toneladas
E3	Caminhões FC1	25 caminhões
E4	Caminhão carregado	Caminhão com 16 toneladas de cana
E5	Caminhões FC2	25 Caminhões
E6	Cana cortada FC2	1 tonelada por entidade (total de 2000 toneladas/dia)
E7	Caminhão vazio	

Continua

Continuação

L1	Cana cortada para embarque	Aguarda sinal - chegada de caminhão FC1
L2	Frente de corte FC1	
L3	Embarque de cana	18 min e desvio padrão de 1 min [Normal (18,1)min]
L4	Frente de corte FC2	
L5	Cana cortada para embarque	Aguarda sinal - chegada de caminhão FC2
L6	Usina	
L7	Desembarque de cana	10 min e desvio padrão de 5 min [Normal (10,5)min]
M1	Viagem da FC1 para usina	90 min e desvio padrão de 20 min [Normal (90,20)min]
M2	Viagem da FC2 para usina	60 min e desvio padrão de 15 min [Normal (60,15)min]
M3	Viagem de volta dos caminhões	50 min desvio padrão 20 min FC1 [Normal (50,20)min] 30 min desvio padrão 10 min FC2 [Normal (30,10)min]
R1	Carregadora de cana 1	2 carregadoras de cana FC1
R2	Embarcadoura 2	2 carregadoras de cana FC2
R3	Recursos para desembarque	1 R3 (para processo de desembarque)
C	Sinal de controle	Controla chegada de caminhões por FC

Para verificação e validação do modelo foram seguidas as metodologias propostas por Sargent (2004) e Freitas Filho (2008), destacando a aplicação de testes de continuidade com dados de campos sobre os valores relativos aos tempos de carregamento, transporte e desembarque. As simulações apenas foram iniciadas após o modelo ter sido verificado e validado por completo e realizadas para um dia (24h) de operação. Foram utilizadas 50 replicações para cada cenário do modelo.

4 Apresentação e análise dos resultados

4.1 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 carregadoras de cana e tempos de transporte.

Descrição dos cenários:

Cenário 1: Simulação do Sistema de Corte, Carregamento e Transporte (CCT) e o posterior desembarque em uma usina localizada no município de Campos dos Goytacazes. O tempo médio de desembarque da cana-de-açúcar foi de uma distribuição normal de 10 minutos com desvio padrão de 5 minutos (Norm 10,5 - min). Os outros parâmetros são os mesmos descritos na Tabela 2.

Cenários de 2 a 10: Nos cenários seguintes, 2 a 10, foram feitas reduções gradativas de 10% nos tempos de desembarque, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3
Cenários simulados

Cenários	Tempo desembarque		Cana cortada sem embarcar
	Normal	DP	
	Minuto		Ton
1	10,0	5,0	2152
2	9,0	4,5	1992
3	8,0	4,0	1576
4	7,0	3,5	1256
5	6,0	3,0	952
6	5,0	2,5	536
7	4,0	2,0	8
8	3,0	1,5	8
9	2,0	1,0	8
10	1,0	0,5	8

DP: Desvio Padrão

A Figura 5 mostra o gráfico que representa a distribuição, em toneladas, de cana-de-açúcar que ficou no campo (nas FC) sem ser embarcada em função do tempo, em minutos, de desembarque na usina.

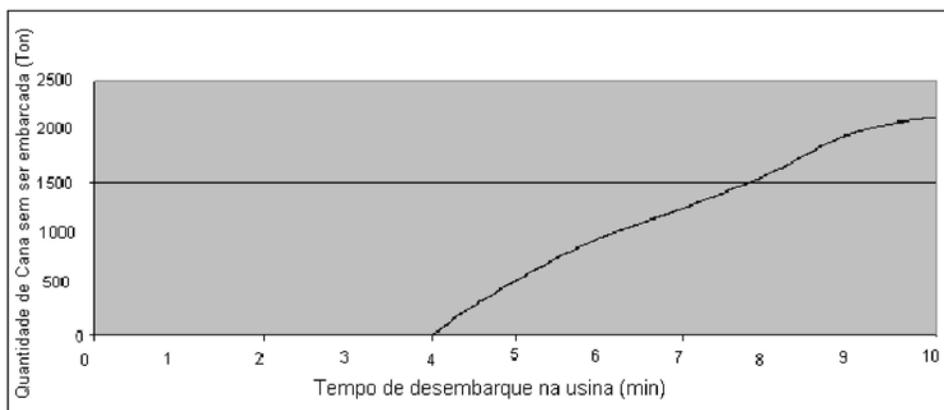


Figura 5: Distribuição de cana-de-açúcar sem ser embarcada em função do tempo de desembarque na usina.

4.2 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 8 toneladas de cana fiarem sem embarque ocorreu devido a o caminhão ter capacidade

de 16 toneladas e o modelo então não poder embarcar um valor inferior à capacidade do caminhão.

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 serem embarcadas. 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 consequência da capacidade da frota de caminhões em função do tempo de desembarque da cana na usina. O sistema de embarque, associado às carregadoras de cana (capacidade e quantidade) apresentou pouca influência nas operações do sistema quando comparado com o tempo de desembarque da cana na usina.

5 Conclusões

O modelo proposto neste trabalho permitiu analisar a influência do tempo de descarregamento da cana-de-açúcar na usina e o seu impacto nas operações de corte, carregamento e transporte.

Os resultados das simulações indicaram haver relação entre a eficiência do sistema de descarregamento de cana-de-açúcar na usina com a respectiva capacidade de carregamento da mesma no campo. Desta forma, os resultados sugerem que, havendo necessidade de se aumentar o fluxo de cana-de-açúcar do campo para a unidade industrial, é preciso melhorar, antes de tudo, o sistema de descarregamento na usina.

6 Referências

ARJONA, E.; BUENO, G.; SALAZAR, L. An activity simulation model for the analysis of the harvesting and transportation systems of a sugarcane plantation. *Computers and Electronics in Agriculture*, n. 32, p. 247-264, 2001.

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*, 2007. Monografia (Especialização Lato Sensu em Produção de Sistemas) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, Campos dos Goytacazes.

- CHWIF, L., MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria e aplicações*. São Paulo: Bravarte, 2006.
- DIAZ, J.A.; PÉREZ, I.G. Simulation and optimization of sugar cane transportation in harvest season. *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, Miami, USA, 2000. p. 1114-1117.
- FREITAS FILHO, Paulo José de. *Introdução a modelagem e simulação de sistemas*. 2. ed. São Paulo: Visual, 2008. 372 p.
- GAL, P.-Y. *et. al.* Impact of sugarcane supply scheduling on mill sugar production: a South Africa case study. *Agriculture Systems*, p.64-74, 2008.
- HARREL, Charles R. *et. al.* *Simulação: otimizando sistemas*. 2. ed. São Paulo: Instituto IMAM – Belge Simulação, 2002. 134 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*, São Carlos, SP, v. 9, n. 2, p.107-128, 2002.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D.T. *Simulation with Arena*. 4th. New York: McGraw- Hill, 2007.
- LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL – SBO, 40., 2008, João Pessoa, Pb. p.1-12.
- MARIA, A. Introduction to modeling and simulation. *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, Miami, USA, 1997, p. 7-13.
- 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 - SIMPEP*, 12., 2006, Bauru, SP.
- MILAN, E.; FERNADEZ, S.M.; ARAGONES, L.M.P. Sugar cane transportation in Cuba, a case study. *European Journal of Operational Research*, p.374-386, 2006.
- NUNES JUNIOR, D. *et. al.* *Indicadores agrícolas do setor sucroalcooleiro*. São Paulo, SP: Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial Ltda, 2007. 113 p.
- PESSANHA, R.M.; SILVA NETO, R. *Economia e desenvolvimento no Norte Fluminense: da cana-de-açúcar aos royalties do petróleo*. Campos dos Goytacazes, RJ: WTC Editora, 2004. 364 p.
- PRICHANONT, K.; PRICHANONT, S.; BURANSRI, N. Improvement guidelines for sugar cane delivery systems. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS AND INDUSTRIAL ENGINEERING*, 35., 2005, Istanbul, Turkey, p. 1585- 1590.

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*. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 200.

SÁNCHEZ, P.J. Fundamentals of simulation modeling. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, USA, 2007. p. 54-62.

SANTOS, C.C.M.; LEAL JUNIOR, I.C.; FERREIRA FILHO, V.J.M. A utilização da Simulação para Escolha de modal de transporte. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 11., 2004, Bauru, SP.

SARGENT, R.G. Verifications and validation of simulations models. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, Miami, USA, 2007. p. 124-137.

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 - SIMPEP, 2003, Bauru, SP.

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

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 (UFRRJ) pelas sugestões.