

Simulação computacional para análise do frete no transporte de cana-de-açúcar – um estudo de caso no estado do Rio de Janeiro

João José de Assis Rangel¹, joao@ucam-campos.br

André Prado Cunha¹, andrecunha@gmail.com

Alex Paranhos Pacheco¹, ppacheco.alex@gmail.com

Ivan Ferreira Morgado², economia.rol@terra.com.br

Fermín Alfredo Tang Montané¹, tang@ucam-campos.br

¹ Universidade Candido Mendes (UCAM-Campos), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

*Recebido: Novembro, 2008 / Aceito: Dezembro, 2008

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise, feita por simulação computacional, da distribuição do frete no sistema de abastecimento de cana-de-açúcar em uma usina sucroalcooleira. O sistema de abastecimento das usinas é composto basicamente pelas operações de corte, carregamento e transporte (conhecido como CCT). Os custos destas operações representam em média 27% dos custos diretos de produção por hectare. Somente o transporte representa aproximadamente 55% do custo total do CCT por hectare. Em Campos dos Goytacazes, no norte do estado do Rio de Janeiro, a atividade sucroalcooleira é tradicional e de grande importância, demandando aperfeiçoamento contínuo destas operações. O objetivo do trabalho foi desenvolver um modelo de simulação para avaliar a relação do custo do frete no CCT com a distância do fornecedor de cana-de-açúcar até a usina. Foram feitas simulações de diversos cenários hipotéticos construídos para permitir relacionar os diversos fornecedores com relação ao frete pago. Os resultados foram validados com dados da literatura e com informações fornecidas em usinas locais, permitindo determinar o impacto do frete nos custos operacionais diretos do CCT.

Palavras-Chave: Simulação. Cana-de-açúcar. Logística. CCT - Corte Carregamento e Transporte.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente pela produção de etanol e açúcar provido da cana-de-açúcar. Segundo PESSANHA *et al* (2004), o custo de produção das usinas brasileiras é em torno de US\$ 180,00 por tonelada de açúcar. Internacionalmente, os países concorrentes com os custos de produção mais próximos são: a Austrália e a Tailândia com os custos de produção de US\$ 270,00 por tonelada e US\$ 310,00, respectivamente. Nos Estados Unidos da América e na Europa esses custos podem chegar a mais de US\$ 500,00 por tonelada (NUNES JUNIOR *et al*, 2007). Segundo dados do balanço energético brasileiro

divulgado pelo Ministério de Minas e Energia em 2007, na matriz energética os produtos da cana-de-açúcar representam 14,5% do total da oferta de energia produzida no país, ficando atrás do petróleo com 37,8%, biomassa com 15,6% e energia hidráulica e eletricidade com 14,8%.

Seguindo a tendência nacional, o setor sucroalcooleiro de Campos também vem mostrando bons sinais de reativação com expectativa de expansão da fronteira da lavoura canavieira. No entanto, o crescimento da produção da região norte fluminense ainda é baixo, comparado com outras regiões do país e com o nível de produção atingido pelas usinas locais nas décadas de 70 e 80 (PESSANHA *et al*, 2004). Atualmente as poucas usinas de Campos ainda estão operando com baixa capacidade, devido à escassez de matéria-prima.

No que diz respeito ao tempo para entrega da cana-de-açúcar às usinas, é importante mencionar que a moagem seja realizada com tempo inferior a trinta e seis horas, do contrário, os açúcares redutores existentes deterioram-se tornando a cana-de-açúcar menos produtiva (IANONI & MORABITO, 2002). Sistemas logísticos eficazes e eficientes são essenciais para tornar essa integração possível e permitir operar com custos e tempos adequados no sistema de abastecimento de cana-de-açúcar. Importantes subsídios para incentivar a expansão do setor local.

Desta forma, este estudo teve como finalidade a construção de um modelo de simulação computacional para analisar a influência do frete nos custos diretos de produção para atender o sistema de abastecimento em uma usina sucroalcooleira. Os cenários simulados possibilitam análises da inviabilidade de aquisição de cana-de-açúcar em determinadas locais, mais distantes, em relação ao valor de mercado pago por tonelada de cana-de-açúcar e o custo do frete por tonelada de cana-de-açúcar fornecida à usina.

2. SISTEMA DE TRANSPORTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

A atividade logística absorve um montante significativo das vendas. Segundo BALLOU (1993), esse montante representa em média cerca de 22% das vendas, determinando com isso a competitividade da empresa. Em Campos dos Goytacazes, os custos de transporte do setor sucroalcooleiro representam em média 27% dos custos diretos de produção por hectare. Na fase de colheita, que engloba o corte, o carregamento e o transporte (CCT), somente o transporte gera um custo de aproximadamente 55% do custo direto de produção do total do CCT por hectare (VEIGA *et al*, 2006).

Entende-se como custo direto de produção os custos de:

- Renovações e tratamentos culturais;
- Corte;
- Carregamento;
- Transporte;
- Despesas administrativas.

A logística é dividida em duas partes: a distribuição física e a administração de materiais, conforme a Figura 1. A distribuição física consiste dos processos posteriores aos processos fabris. Esses procedimentos são os de atendimento ao cliente logo após este adquirir um produto. A administração de materiais é definida conceitualmente como a administração dos fluxos que saem do fornecedor e são direcionados à fábrica. O estudo sobre a administração de materiais é mais novo comparado ao da distribuição física, sendo justificado segundo BALLOU (1993), devido aos custos da movimentação de suprimento das empresas tenderem a ser menor do que os custos de distribuição, sendo em média de 3 a 7% das vendas, enquanto que a de distribuição física pode chegar a mais de 20%. Desta forma, inicialmente todos os estudos eram focados na área com maior impacto econômico (GAL *et al*, 2008).

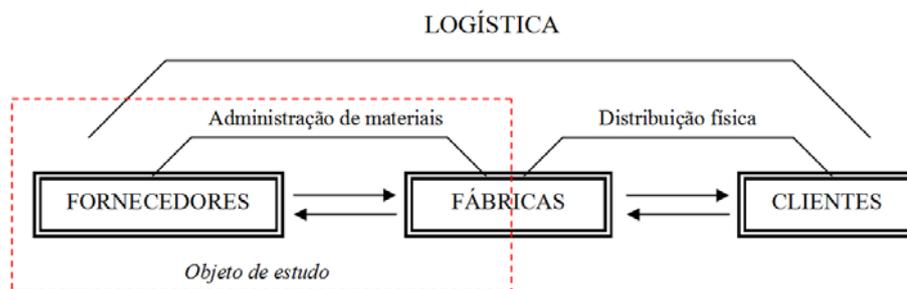


Figura 1: Esquema logístico genérico destacando o objeto de estudo. Fonte: Ballou (1993).

O estudo aqui apresentado está enquadrado dentro da administração de materiais, dado que o objeto de estudo é o abastecimento da usina com cana-de-açúcar de forma mais eficiente e eficaz, analisando a relação do frete e as distâncias dos fornecedores. Os custos logísticos gerados na cadeia de abastecimento da usina variam de acordo com as diversas distâncias percorridas pela frota de caminhões, desde a frente de corte até à usina e das características de corte e carregamento da cana-de-açúcar nos caminhões (SILVA & ALVES, 2003) (SANTOS *et al*, 2004). A Figura 2 esquematiza a administração de materiais do setor sucroalcooleiro de acordo com as distâncias percorridas pela cana-de-açúcar para o abastecimento de uma usina.

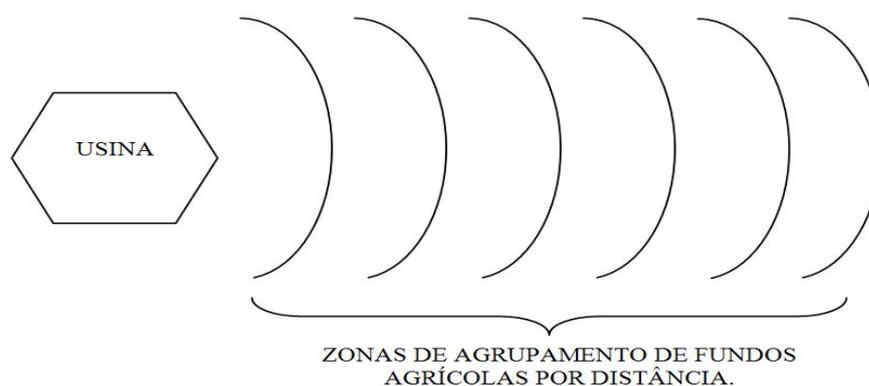


Figura 2: Distribuição das zonas de fornecedores de cana-de-açúcar em relação à usina.

3. MODELO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

3.1. METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

A simulação é definida, segundo HARREL *et al* (2002) como o processo de experimentação sobre um modelo simplificado de um sistema real que tem como objetivo determinar como o sistema responderá às mudanças em sua estrutura, ambientes ou condições de contorno. A simulação propicia as seguintes vantagens quando comparada com os demais métodos heurísticos de auxílio à tomada de decisão (KELTON *et al*, 2007) (SÁNCHEZ, 2007) (CARSON II, 2004):

- Oferece uma representação do sistema real para análise de possíveis alternativas;
- Proporciona ao analista grau de liberdade considerável para a escolha de ação mais conveniente;
- Permite a criação de cenários hipotéticos;
- Responde a questões do tipo “e se...”
- Deixa o critério de escolha da melhor alternativa a cargo do usuário.

Para o desenvolvimento do modelo apresentado neste trabalho foi seguida a metodologia proposta por FREITAS FILHO (2008), composta por: formulação e análise do problema; planejamento do projeto; formulação do modelo conceitual; coleta de macro-informações e dados; tradução do modelo; verificação e validação; projeto experimental; comparação de sistemas e identificação das melhores soluções; documentação e apresentação dos resultados e implementação. A verificação e validação foram realizadas contando também com a metodologia proposta por SARGENT (2007).

A fase de coleta de dados teve início na análise dos relatórios de fornecimento de cana-de-açúcar da usina COAGRO (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro), onde é discriminado cada fundo agrícola e o quanto este fornece à usina durante toda a safra. A usina COAGRO, localizada no município de Campos dos Goytacazes no norte do estado do Rio de Janeiro, é administrada por uma cooperativa de agricultores do setor sucroalcooleiro.

A tradução do modelo conceitual do sistema de abastecimento de cana-de-açúcar para o modelo de simulação computacional foi realizada com o software Arena® Versão 12.

3.2. MODELO DE SIMULAÇÃO

Durante a análise foi realizada uma classificação dos fornecedores de acordo com as distâncias em relação à usina, para com isso, atribuir o custo do frete da cana-de-açúcar correspondente, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Valor do custo do frete da cana-de-açúcar por distância referente aos fornecedores da usina COAGRO na safra 2006/2007.

Distância (Km)	Valor (R\$)/Ton	Distância (Km)	Valor (R\$)/Ton
01 a 05	2,20	41 a 45	6,57
06 a 10	2,77	46 a 50	7,04
11 a 15	3,75	51 a 55	7,39
16 a 20	4,33	56 a 60	8,00
21 a 25	4,78	61 a 65	8,63
26 a 30	5,19	66 a 70	9,11
31 a 35	5,72	71 a 75	9,44
36 a 40	6,12	76 a 80	9,76

Ao todo são 3325 (três mil trezentos e vinte e cinco) fundos agrícolas fornecedores da usina COAGRO que estão distribuídos num raio de até oitenta quilômetros da usina. Os fundos foram categorizados em distâncias de raio com variação a cada cinco quilômetros. A Figura 3 demonstra os fundos agrícolas categorizados em zonas que foram agrupadas em intervalos de cinco quilômetros relativas à Tabela 1.

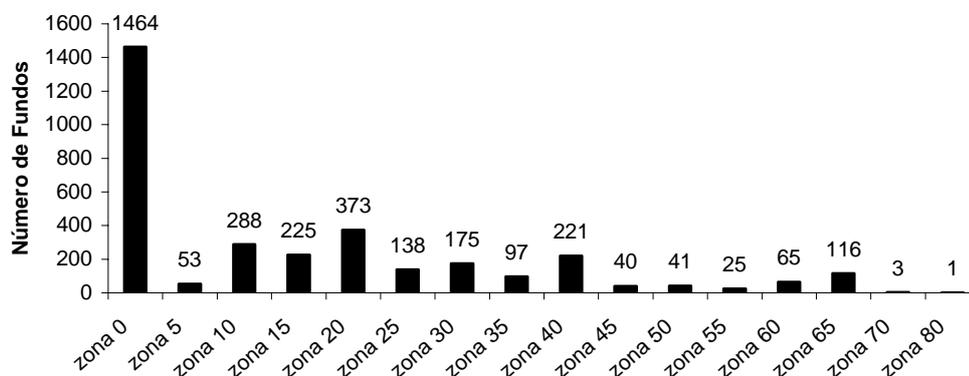


Figura 3: Quantitativo de fundos agrícolas fornecedores da COAGRO em cada zona de frete na safra 2006/2007.

Nota-se que na Figura 3 existe uma Zona 0 (zero) que possui 1464 (um mil quatrocentos e sessenta e quatro) fornecedores. Esta zona representa o número de fundos agrícolas em que o frete não é pago pelo fornecedor à usina ao transportar a cana-de-

açúcar. Ou seja, é um processo em que a cana-de-açúcar do fundo agrícola é transportada sem utilizar os recursos de transporte da usina. Como o objetivo do trabalho é a análise do impacto do custo do frete na produção de cana-de-açúcar, esses fundos agrícolas, enquadrados nessa zona, não foram considerados no modelo.

A Figura 4 mostra o modelo com a distribuição física do sistema em análise. No interior de cada zona foram realizados os cálculos do peso da cana-de-açúcar e os custos do sistema de corte, carregamento e transporte.

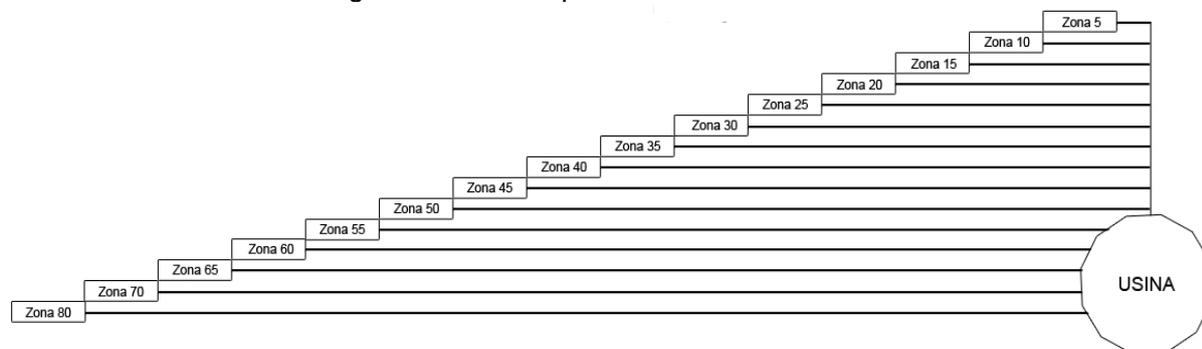


Figura 4: Modelo com a distribuição física dos sistema.

Depois de realizada a distribuição das zonas, onde se agrupam os fornecedores, foi utilizado o software *Input Analyzer*, complementar ao *Arena® Versão 12*, para determinar as distribuições de probabilidades que representam os respectivos fornecimentos de cana-de-açúcar. Essa análise fornece ao modelo as taxas de variação de tonelada de cana-de-açúcar por agrupamento de fornecedores. A utilização do *Input Analyzer* é para identificar a melhor distribuição teórica de probabilidades por meio de testes de aderência, a saber: Qui-quadrado e K-S (FREITAS FILHO, 2008). A Tabela 2 demonstra as respectivas distribuições teóricas de probabilidade encontradas:

Tabela 2: Distribuição teórica de probabilidade de fornecimento de cana-de-açúcar (em tonelada) de cada zona de frete.

Zonas	Distribuição	Função (Ton)
Zona 5	Weibull	$6.38e+003 + \text{Weibull}(2.94e+005, 0.504)$
Zona 10	Weibull	$1.73e+003 + \text{Weibull}(2.94e+005, 0.504)$
Zona 15	Weibull	$4.08e+003 + \text{Weibull}(9.65e+004, 0.529)$
Zona 20	Weibull	$2.83e+003 + \text{Weibull}(9.65e+004, 0.529)$
Zona 25	Weibull	$2.99e+003 + \text{Weibull}(5.17e+004, 0.502)$
Zona 30	Weibull	$4.22e+003 + \text{Weibull}(4.13e+004, 0.564)$
Zona 35	Exponencial	$4.58e+003 + \text{Exponencial}(3.58e+005)$
Zona 40	Beta	$4.54e+003 + 2.08e+006 * \text{Beta}(0.151, 2.08)$
Zona 45	Weibull	$1.61e+004 + \text{Weibull}(3.41e+005, 0.507)$
Zona 50	Weibull	$1.2e+004 + \text{Weibull}(1.78e+005, 0.458)$
Zona 55	Weibull	$1.44e+004 + \text{Weibull}(4.87e+005, 0.494)$
Zona 60	Weibull	$1.16e+004 + \text{Weibull}(2.08e+005, 0.522)$
Zona 65	Beta	$3.76e+004 + 9.7e+006 * \text{Beta}(0.326, 4.46)$
Zona 70	Weibull	$9.7e+005 + \text{Weibull}(3.46e+004, 0.137)$
Zona 80	-	-

Ao analisar a Tabela 2 percebe-se que a Zona 80 não possui parâmetro. Isso ocorre devido ao fato desta zona possuir apenas um fundo agrícola, portanto não existe a possibilidade de se realizar quaisquer testes estatísticos para se estabelecer seus parâmetros para análise.

Utilizando a análise dos erros médios, que consiste em determinar a média dos valores do percentual do erro no decorrer das replicações, é possível identificar qual das replicações acumula o menor erro médio dentre todas as outras realizadas. O quanto mais o

gráfico se aproxima de 1 (um) menor é o erro dos valores simulados com os coletados em campo. A Figura 5 demonstra a análise do erro médio (SARGENT, 2007).

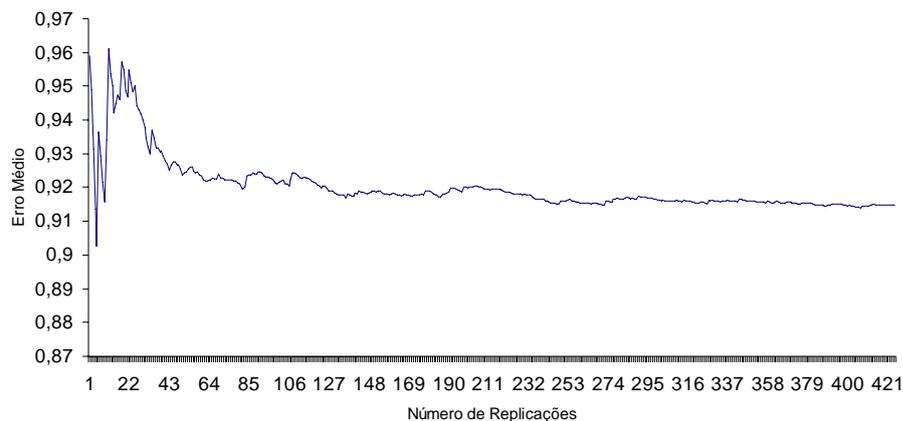


Figura 5: Variação do erro médio por replicação.

Pela Figura 5 é possível determinar a quantidade de replicações ao se analisar a tendência dos dados para um valor específico no gráfico. Essa tendência é para o valor real encontrado pelo procedimento de coleta de dados, comprovando assim, a validação do modelo (MARIA, 1997).

É possível verificar pela Figura 5 que o valor das informações de saída do modelo de simulação converge para 92% do valor coletado em campo, ou seja, os resultados da simulação possuem um erro estimado em 8%.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 PROJETO EXPERIMENTAL DAS SIMULAÇÕES

Para elaboração do modelo foram utilizados os seguintes módulos lógicos do ARENA® Versão 12:

- *Create*: Este módulo de fluxograma serve para introduzir as entidades no modelo segundo intervalos de tempo definidos. Foram utilizados dezesseis blocos Create gerando um número finito de entidades correspondente a cada fundo agrícola dentro da faixa de distância pré-estabelecida.
- *Dispose*: Este módulo de fluxograma tem função inversa à do módulo Create. Ele tem a função de retirar as entidades do sistema. Na modelagem foi necessário utilizar somente um módulo Dispose.
- *Assign*: O módulo lógico Assign serve para alterar ou associar valores às variáveis, atributos de entidades, alterar a figura das entidades e outros parâmetros ou variáveis do sistema. Pelo módulo Assign foram atribuídas as funções da variação do peso por fundo agrícola em cada faixa de distância e os cálculos dos custos durante o processo de simulação.

Além da Tabela 1, sessão 3.2, que fornece os valores do frete, foram utilizados os custos de corte e carregamento da cana-de-açúcar, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Discriminação dos custos de corte e carregamento de cana-de-açúcar.

Custos	R\$/Ton
Corte	3,99
Carregamento	1,60

Fonte: Veiga et al (2006)

O valor de venda da cana-de-açúcar utilizado no modelo foi de R\$ 30,00 (trinta reais) por ser o valor médio pago pela usina COAGRO aos fornecedores, referente à safra do ano de 2007. Com o valor de mercado da cana-de-açúcar foi possível determinar o lucro bruto do fornecedor e dele fazer as deduções dos demais custos do CCT (HIGGINS, 2006).

O custo de corte foi classificado como ótimo de acordo com os indicadores agrícolas fornecidos por ser menor que 5,01 (R\$/ton), enquanto que o custo de carregamento apresenta uma classificação regular por estar no intervalo de [1,25;1,82] (R\$/ton) (NUNES JUNIOR *et al*, 2006).

Após a determinação dos valores dos custos de corte, carregamento e frete do transporte foram propostos seis cenários diferentes. A partir daí, os fundos agrícolas foram aproximados gradativamente à usina, para permitir analisar o comportamento da variável lucro parcial e do somatório do frete da safra. A Tabela 4 identifica os cenários realizados na simulação e as variações do custo de frete. O cenário 1 representa a situação real e os outros cenários, de 2 a 6, representam a eliminação gradativa dos fretes mais altos, relativos às distâncias maiores (MARQUESINI *et al*, 2006).

Ou seja, a lógica em que os cenários foram elaborados propõe a hipótese em que a produção agrícola pudesse ser transferida gradativamente das zonas mais distantes para as mais próximas à usina. Desta forma pôde ser avaliado o impacto do frete nos custos operacionais do CCT com o fornecimento da cana-de-açúcar sendo realizado por agricultores localizados cada vez mais próximos às usinas. Esta é uma perspectiva que precisa ser considerada neste tipo de processo, pois a cana-de-açúcar pode se tornar uma matéria-prima inadequada, caso chegue à usina passado muito tempo após o corte e com frete elevado (MILAN *et al*, 2006) (PRICHAMONT *et al*, 2005).

Tabela 4 - Cenários propostos para análise dos diferentes custos de frete, R\$/Ton.

ZONAS	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	CENÁRIO 5	CENÁRIO 6
ZONA 80	9,76	8,63	7,04	5,72	4,33	2,20
ZONA 70	9,11	8,63	7,04	5,72	4,33	2,20
ZONA 65	8,63	8,63	7,04	5,72	4,33	2,20
ZONA 60	8,00	8,00	7,04	5,72	4,33	2,20
ZONA 55	7,39	7,39	7,04	5,72	4,33	2,20
ZONA 50	7,04	7,04	7,04	5,72	4,33	2,20
ZONA 45	6,57	6,57	6,57	5,72	4,33	2,20
ZONA 40	6,12	6,12	6,12	5,72	4,33	2,20
ZONA 35	5,72	5,72	5,72	5,72	4,33	2,20
ZONA 30	5,19	5,19	5,19	5,19	4,33	2,20
ZONA 25	4,78	4,78	4,78	4,78	4,33	2,20
ZONA 20	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	2,20
ZONA 15	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	2,20
ZONA 10	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,20
ZONA 5	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20

Descrição dos cenários apresentados na Tabela 4:

- Cenário 1: Representa a situação atual da distribuição dos fundos agrícolas. Todas as quinze zonas com seus respectivos números de fundos agrícolas.
- Cenário 2: Todos os fundos agrícolas pertencentes às zonas 80 e 70 foram alocados para a zona de frete mais próxima, nesse caso a Zona 65.
- Cenário 3: Todos os fundos agrícolas pertencentes às zonas 80, 70, 65, 60 e 55 foram alocados para a zona de frete mais próxima, nesse caso a Zona 50.

- Cenário 4: Todos os fundos agrícolas pertencentes às zonas 80, 70, 65, 60, 55, 50 e 45 foram alocados para a zona de frete mais próxima, nesse caso a Zona 40.
- Cenário 5: Todos os fundos agrícolas pertencentes às zonas 80, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40 e 35 foram alocados para a zona de frete mais próxima, nesse caso a Zona 30.
- Cenário 6: Atribuição a todas as demais zonas o custo do frete da Zona 5.

4.2 COMPARAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS MELHORES CENÁRIOS

Com a utilização de outro software complementar ao ARENA®, o *Process Analyzer*, foram simulados os 6 (seis) cenários, onde os fundos agrícolas são aproximados gradativamente à usina, para com isso, analisar qual o comportamento da variável lucro parcial e do somatório do custo de frete da safra. Entende-se como receita parcial a diferença entre o lucro bruto e o custo do CCT. O valor médio do peso da cana-de-açúcar se manteve inalterado devido às distribuições teóricas de probabilidade permanecerem as mesmas. Na Tabela 5 são encontrados os valores médios do custo do frete resultantes de cada zona nas 150 (cento e cinquenta) replicações de cada cenário.

Tabela 5 - Parâmetros de comparação entre os cenários, R\$ x 103.

PARÂMETRO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	CENÁRIO 5	CENÁRIO 6
FRETE ZONA 5	62,974	62,974	62,974	62,974	62,974	62,974
FRETE ZONA 10	99,830	99,830	99,830	99,830	99,830	79,288
FRETE ZONA 15	106,250	106,250	106,250	106,250	106,250	62,333
FRETE ZONA 20	57,160	57,160	57,160	57,160	57,160	29,042
FRETE ZONA 25	57,723	57,723	57,723	57,723	52,289	26,567
FRETE ZONA 30	49,691	49,691	49,691	49,691	41,457	21,064
FRETE ZONA 35	176,330	176,330	176,330	176,330	133,480	67,820
FRETE ZONA 40	147,440	147,440	147,440	137,800	104,320	53,001
FRETE ZONA 45	171,420	171,420	171,420	149,240	112,980	57,402
FRETE ZONA 50	89,972	89,972	89,972	73,102	55,338	28,116
FRETE ZONA 55	124,800	124,800	118,890	96,597	73,124	37,153
FRETE ZONA 60	185,710	185,710	163,420	132,780	100,510	51,069
FRETE ZONA 65	597,000	597,000	487,000	395,690	299,540	152,190
FRETE ZONA 70	2069,650	1960,600	1599,380	1299,490	983,710	499,810
FRETE ZONA 80	10,253	9,066	7,395	6,009	4,5485	2,3110
FRETE SAFRA	4006,200	3895,960	3394,880	2900,680	2287,500	1230,130
PESO SAFRA (Ton)	559,150	559,150	559,150	559,150	559,150	559,150
LUCRO BRUTO	16774,570	16774,570	16774,570	16774,570	16774,570	16774,570
RECEITA PARCIAL	9642,710	9752,940	10254,020	10748,220	11361,400	12418,770
IMPACTO DO CCT (%)	42,51	41,85	38,87	35,92	32,27	26

O lucro bruto é calculado de acordo com a quantidade de cana-de-açúcar fornecida à usina e multiplicado pelo preço de compra do mercado da cana-de-açúcar. Como a quantidade de cana-de-açúcar fornecida permanece a mesma em cada cenário, o lucro bruto, em consequência, se mantém inalterado nos cenários.

À medida que os fundos agrícolas se aproximam da usina foi verificado que o impacto causado pelo CCT na receita parcial é diminuído. Na Figura 6 é possível visualizar a queda do impacto do CCT no decorrer dos cenários simulados. Essa diminuição do lucro parcial passou de 42,52% para 26%. Uma queda de aproximadamente 62% do impacto do CCT no lucro parcial para o caso da usina em estudo.

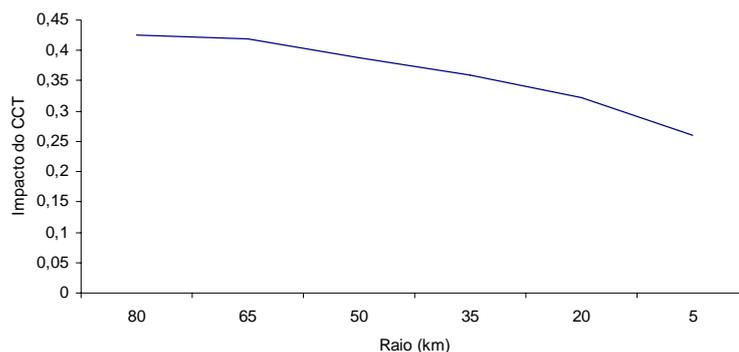


Figura 6: Distribuição do impacto do custo CCT por distância dos fundos agrícolas à usina.

Após realizar as simulações de todos os cenários foi constatada a correlação inversa entre o receita parcial e o somatório do custo do frete. A diferença entre a receita parcial final e inicial foi de aproximadamente 2.776,06 (dois mil setecentos e setenta e seis) milhares de reais, ou seja, uma economia de 21% pela usina ao se abastecer somente com fundos agrícolas próximos a ela. A percentagem da queda do frete foi de aproximadamente 69,3%, conforme a Figura 7 demonstra.

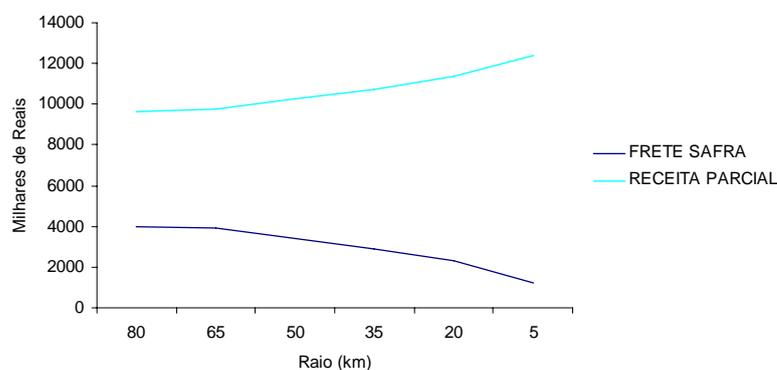


Figura 7: Correlação inversa entre lucro parcial e somatório do custo de frete.

5. CONCLUSÕES

O modelo elaborado nesse trabalho apresentou-se adequado para simular o sistema de abastecimento de cana-de-açúcar em uma usina, mais especificamente para analisar o impacto do frete nos custos operacionais de corte, carregamento e transporte (CCT). Os resultados foram validados com dados da literatura (IANNONI & MORABITO, 2002), (ARJONA *et al*, 2001), (DIAZ & PÉREZ, 2000) e com informações fornecidas pela usina COAGRO.

A diferença simulada entre a receita parcial final e inicial foi de aproximadamente 2.776,06 (dois mil setecentos e setenta e seis) milhares de reais, ou seja, uma economia de 21% pela usina ao se abastecer somente com fundos agrícolas próximos a ela. Ou seja, a percentagem da queda do frete foi de aproximadamente 69%, caso toda a cana-de-açúcar estivesse plantada em um raio de cinco quilômetros em volta da usina.

Uma peculiaridade identificada, durante a fase de análise dos dados, foi a grande quantidade de minifúndios fornecedores na região. Esta é uma característica única do Norte Fluminense e torna com isso o processo de mecanização da lavoura mais difícil. Os investimentos iniciais necessários para mecanização são elevados com o retorno do capital investido para esses pequenos fornecedores de longo prazo. Outro fato é que propriedades pequenas exigem muitas operações de manobragem com as máquinas de corte de cana-

de-açúcar, gerando custo elevado das operações e podendo assim inviabilizar o corte mecanizado.

Um fator de destaque na logística sucroalcooleira é a localização da indústria e dos produtores. Na região estudada, grande parte estão localizados afastados da usina tendo que atravessar centros urbanos para abastecê-la aumentando com isso, o tempo de viagem e os riscos. Além dos custos é claro. Em algumas usinas tem-se a preferência por escolher produtores próximos para se evitar centros urbanos, poder usar caminhões com maiores capacidades e menores custos de frete. Porém é inviável, na situação atual, que todo o fornecimento da usina se encontre muito próximo a ela, dado a limitação geográfica regional, portanto deve-se buscar um raio de fornecimento adequado para que se otimize o abastecimento.

Portanto, a análise aqui realizada por simulação computacional indica fortemente a necessidade de adoção de políticas públicas de incentivo fiscal de modo a estimular a produção de cana-de-açúcar em áreas agrícolas mais próximas às usinas. Indica ainda a necessidade de estudos de logística em nível municipal, de modo a serem construídas pontes e desvios para possibilitarem a redução das distâncias percorridas pela cana-de-açúcar até as usinas.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação Estadual do Norte Fluminense - FENORTE, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, à Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro - COAGRO e aos professores Luiz Eduardo de Campos Crespo (Presidente da ASFLUCAN) e Eduardo Shimoda.

7. REFERÊNCIAS

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

BALLOU, R. H.. **Logística Empresarial**. 17. ed. São Paulo, SP: Editora Atlas, 1993. 388 p.

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

DIAZ, J. A. e PÉREZ, I. G. Simulation and optimization of sugar cane transportation in harvest season. In: **Winter Simulation Conference**, Miami, USA. p. 1114-1117, 2000.

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

GAL, P.-Y Le; LYNE, P. W. L.; MEYER, E. E SOLER, L.-G. Impact of sugarcane supply scheduling on mill sugar production: a South Africa case study. **Agriculture Systems**, p.64-74, 2008.

HARREL, Charles R.; MOTT, Jack R. A.; BATEMAN, Robert E. BOWDEN, Royce G. GOGG, Thomas J. **Simulação: Otimizando sistemas**. 2. ed. São Paulo, SP: Instituto IMAM, 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. e 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. e STURROCK, D. T. **Simulation with Arena**, Forth Edition, New York: McGraw- Hill, 2007.

MARIA, A. Introduction to modeling and simulation. In: **Winter simulation conference**, Miami, USA: p. 7-13, 1997.

MARQUESINI, A. G.; SANCHES, R. B. e 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.

MILAN, E.; FERNADEZ, S. M. e ARAGONES, L. M. P. Sugar cane transportation in Cuba, a case study. **European Journal of Operational Research**, p.374-386, 2006.

NUNES JUNIOR, D.; PINTO, R. S. A.; TRENTO FILHO, E. e ELIAS, A. I. **Indicadores Agrícolas do Setor Sucroalcooleiro**. São Paulo, SP: Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial Ltda (Grupo IDEA) - DuPont, 2007. 113 p.

PESSANHA, R. M. e 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. e BURANSRI, N. Improvement guidelines for sugar cane delivery systems. In: **35th International conference on computers and industrial engineering**, Istanbul, Turkey, p. 1585- 1590, 2005.

SÁNCHEZ, P. J. Fundamentals of simulation modeling. In: **Winter simulation conference**, USA, p. 54 – 62, 2007.

SANTOS, C. C. M.; LEAL Jr, I. C. e FERREIRA FILHO, V. J. M. A utilização da Simulação para Escolha de modal de Transporte. In: **Simpósio de Engenharia de Produção - XI SIMPEP**, Bauru, SP, 2004.

SARGENT, R. G. Verifications and validation of simulations models. In: **Winter simulation conference**, Miami, USA. p. 124-137, 2007.

SILVA, J. E. A. R. e 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. e 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, 107p.

Computational simulation for analysis of the freight in the sugar cane transportation – a case study in the Rio de Janeiro state

João José de Assis Rangel¹, joao@ucam-campos.br

André Prado Cunha¹, andrecunha@gmail.com

Alex Paranhos Pacheco¹, ppacheco.alex@gmail.com

Ivan Ferreira Morgado², economia.rol@terra.com.br

Fermín Alfredo Tang Montané¹, tang@ucam-campos.br

¹ Universidade Candido Mendes (UCAM-Campos), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

*Received: November, 2008 / Accepted: December, 2008

ABSTRACT

This work presents an analysis of the freight distribution in the sugar cane supply system in a mill made by computational simulation. The mill supply system is compound basically by the cut, loading and transportation operations (known as CLT). The costs of these operations represent 27% on an average of the direct costs of the production per hectare. Only transportation represents, approximately 55% of the CLT total costs per hectare. In Campos dos Goytacazes, north of Rio de Janeiro state, the sugar cane activity is traditional and of great value, demanding continuous improvement of these operations. The aim of this work was to develop a simulation model to evaluate the relation of the CLT freight cost with the distance of the sugar cane supplier to the mill. Simulations of various hypothetical sceneries built to allow connecting the various suppliers concerning the paid freight were done. Results were validated with data from literature and with information furnish by local mills, allowing, and this way, to determine the impact of the freight over the direct operations costs of the CLT.

Keywords: Simulation. Sugar Cane. Transportation. Logistical.
